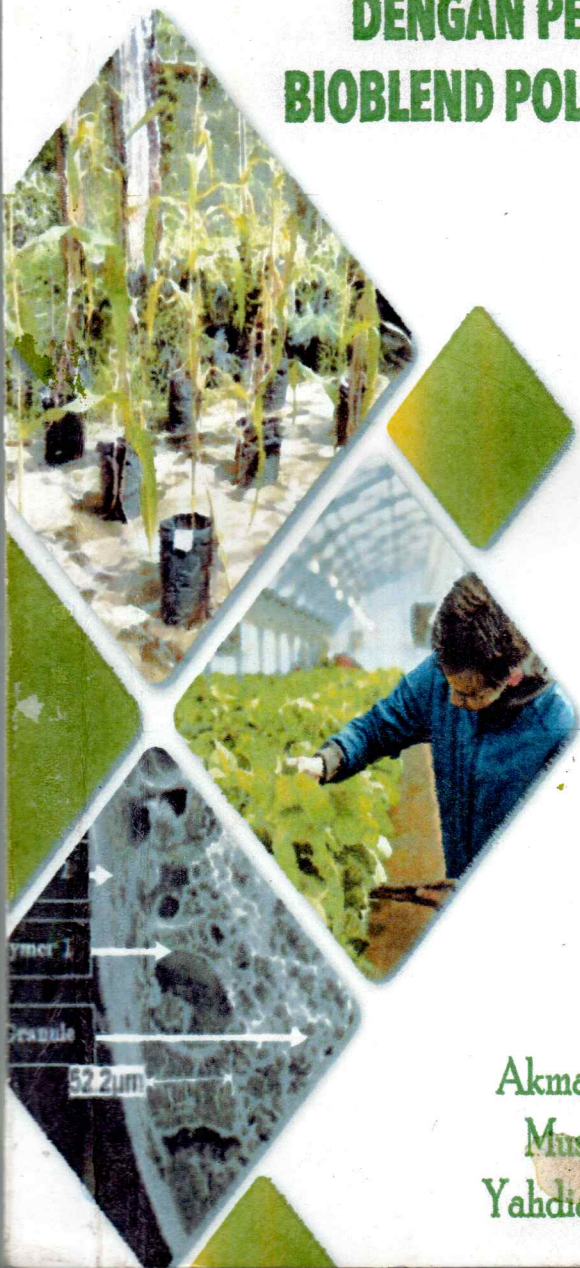


# PUPUK LEPAS LAMBAT NPK DENGAN PENYALUT BIOBLEND POLISTIREN



Akmal Djamaan  
Muslim Suardi  
Yahdian Rasyadi

18

PUPIK LEPAS LAMBAT NPK  
DENGAN PENYALUT  
BIOBLEND POLISTIREN



Kantor Pusat:  
Jln. Kelurahan Karangwanu Lor TR II/221E Kota Yogyakarta 55241



ISBN 978-602-7677-71-5



9 786027 677715



**PUPUK LEPAS LAMBAT  
NPK DENGAN PENYALUT  
BIOBLEND POLISTIREN**

AKMAL DJAMAAN  
MUSLIM SUARDI  
YAHDIAN RASYADI

 **Gre Publishing**  
Road A b r o o d

---

## PUPUK LEPAS LAMBAT NPK DENGAN PENYALUT BIOBLEND POLISTIREN

---

Penulis : AKMAL DJAMAAN  
MUSLIM SUARDI  
YAHDIAN RASYADI

Design : Elin W

Penerbit Gre Publishing  
Jln. Kelurahan Karangwaru Lor TR II/211E  
Yogyakarta - Indonesia - 55241  
<http://grepublishing.com>

ISBN978-602-7677-71-5

Dilarang keras mereproduksi sebagian atau seluruh isi buku ini, dalam bentuk apa pun atau dengan cara apa pun, serta memperjualbelikannya tanpa izin tertulis dari penerbit

© HAK CIPTA DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG

# Kata Pengantar

Dewasa ini di berbagai negara di dunia, mulai dikembangkan formulasi pupuk dalam sediaan lepas lambat (slow release fertilizer). Pupuk lepas lambat memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan tipe konvensional, seperti meningkatkan efisiensi pupuk, mengurangi hilangnya pupuk oleh air hujan atau air irigasi, serta memberikan pelepasan berkelanjutan pupuk untuk waktu yang lebih lama. Dengan demikian pemupukan tidak harus dilakukan berulang-ulang, cukup hanya sekali saja di awal masa tanam.

Pupuk lepas lambat dibuat dengan menambahkan polimer sebagai bahan penyalut sehingga pelepasan pupuk diharapkan menjadi lebih lambat. Polistiren/*styrofoam* merupakan polimer sintesis murah yang biasanya digunakan sebagai pelindung di dalam pembungkus peralatan elektronik. Polistiren ini sendiri, setelah alat elektronik digunakan, akan dibuang dan menjadi limbah. Limbah polistiren inilah yang dimanfaatkan sebagai salah satu bahan polimer penyalut pada penelitian ini dengan mengubahnya dalam bentuk bioblend setelah dicampur dengan biopolimer dalam jumlah tertentu.

Dalam buku ini teknologi formulasinya, karakterisasi pupuk setelah diproduksi dan uji efektifitasnya secara *in-planta* pada tanaman jagung dipaparkan dengan lugas. .



Semoga buku ini bermanfaat untuk kemajuan ilmu dan teknologi, kritik dan saran untuk kesempurnaan buku ini kami ucapkan terima kasih.

Padang, September 2018

Penulis

# Daftar Isi

Kata Pengantar ~ iii

Daftar Isi ~ v

## I. PENDAHULUAN ~ 1

1.1. Latar Belakang ~ 1

1.2. Perumusan Masalah ~ 4

1.3. Tujuan ~ 4

1.4. Manfaat Kajian ~ 5

1.5. Hipotesis ~ 5

## II. TINJAUAN PUSTAKA ~ 6

2.1. Granul NPK ~ 6

2.2. Metode Penyalutan Semprot (Spray Coating) ~ 7

2.3. Mekanisme Penyemprotan dan Pembentukan Film Penyalut ~ 8

2.4. Mekanisme Pelepasan NPK Lepas Lambat ~ 9

2.5. Model Kinetika Pelepasan ~ 12

2.6. Polistiren ~ 22

2.7. Polikaprolakton ~ 23

2.8. Pati ~ 25

2.9. Poli (3-hidroksibutirat) ~ 26

2.10. Bioblend ~ 28

2.11. Jagung Manis (*Zea mays*) ~ 29

## III. METODE PENELITIAN ~ 32

3.1. Formulasi Penyalut Granul Pupuk ~ 32

3.2. Alat dan Bahan ~ 32

3.3. Formulasi Bahan Penyalut ~ 33

3.4. Prosedur Penelitian ~ 33



#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN ~ 42

- 4.1. Hasil ~ 42
- 4.2. Pembahasan ~ 48

#### V. KESIMPULAN DAN SARAN ~ 68

- 5.1. Kesimpulan ~ 68
- 5.2. Saran ~ 68

Daftar Pustaka ~ 69

- Lampiran 1. Skema Pembuatan Granul Tersalu ~ 83
- Lampiran 2. Pemeriksaan Bahan Baku ~ 86
- Lampiran 3. Data Hasil Karakterisasi Granul NPK ~ 88
- Lampiran 4. Penentuan Panjang Gelombang Serapan Maksimum Fosfor ~ 97
- Lampiran 5. Penetapan Persentase Perolehan Kembali, Persen Penyalutan, Penetapan Kandungan Fosfor dalam Pupuk Granul NPK Tersalut, Penentuan Loading, Efisiensi Penyalutan dan Karakteristik Granul ~ 99
- Lampiran 6. Uji Pelepasan NPK ~ 102
- Lampiran 7. Hasil Analisis Statistik Pelepasan NPK ~ 106
- Lampiran 8. Persen Pelepasan  $P_2O_5$  pada Pupuk NPK Coating Polistiren- Pati Selama 12 Minggu ~ 112
- Lampiran 9. Data Pertumbuhan Tanaman Jagung ~ 114
- Lampiran 10. Pengaruh Pelepasan NPK terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung ~ 98
- Lampiran 11. Hasil Analisis Statistik Pengaruh Takaran NPK Terhadap Pertumbuhan Tanaman ~ 104
- Lampiran 12. Hasil Analisis Beberapa Sifat Kimia Tanah ~ 120
- Lampiran 13. Foto-Foto Penelitian ~ 123
- Lampiran 14. Denah Penempatan Satuan Percobaan di Lapangan Menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pada Tanaman Jagung (*Zea mays* L) ~ 126
- Lampiran 16. Perhitungan Harga Formula Granul NPK Tersalut Bioblend Polistiren ~ 128

Profil Penulis ~ 129

# BAB 1

## PENDAHULUAN



### 1.1. Latar Belakang

Populasi 254 juta jiwa menjadikan Indonesia sebagai negara terpadat keempat di dunia. Negara dengan populasinya tumbuh pada tingkat 1,4% per tahun. Sektor pertanian di Indonesia memainkan peran strategis dalam pembangunan struktur ekonomi nasional dan juga untuk menyediakan pangan bagi bangsa. Salah satu tanaman yang banyak ditanam di Indonesia adalah jagung.

Jagung merupakan tanaman utama kedua di Indonesia setelah padi, dimana digunakan untuk pakan dan makanan. Selain sebagai bahan makanan, jagung juga dapat dikonversi menjadi beberapa produk yang memiliki nilai tinggi seperti bioetanol (Zakpaa *et al.*, 2009; Braide *et al.*, 2016), bioplastik (Mariaet *et al.*, 2013). Milind *et al.*, (2013), mengatakan bahwa jagung mengandung alkaloid, flavonoid, saponin, asam maizena, vitamin B1, vitamin K. Tanaman ini juga mempunyai beberapa efek farmakologi diantaranya efek diuresis dan kaliuresis, agen hipoglikemi, aktivitas antifatigue, mengurangi nefrotoksisitas, dan aktivitas antiinflamasi.

Namun, produksi jagung di Indonesia masih jauh di bawah permintaan domestik, yang menyebabkan kenaikan impor yang konsisten sejak 1976 (Septiani *et al.*, 2015). Untuk menunjang produksi jagung oleh para petani diberikan pupuk. Pupuk merupakan salah satu bahan penting untuk produksi tanaman. Pupuk mengandung unsur-unsur yang dapat menunjang pertumbuhan tanaman. Salah satu pupuk yang sering digunakan petani untuk memupuk jagung



adalah pupuk NPK. Pupuk biasanya diaplikasikan baik melalui tanah (untuk penyerapan oleh akar tanaman) atau melalui daun (untuk penyerapan melalui daun). Pupuk buatan adalah pupuk anorganik yang diformulasikan dalam konsentrasi yang tepat dan kombinasi menyediakan tiga nutrisi utama: nitrogen, fosfor dan kalium (N, P dan K) untuk berbagai tanaman dan kondisi pertumbuhan. N (nitrogen) mempromosikan pertumbuhan daun dan bentuk protein dan klorofil. P (fosfor) memberikan kontribusi untuk akar, bunga dan perkembangan buah. K (kalium) memberikan kontribusi untuk membendung pertumbuhan akar dan sintesis protein (Gu *et al.*, 2009; Mandal *et al.*, 2009).

Namun, sekitar 40-70% nitrogen, 80-90% fosfor, dan 50-70% kalium pupuk normal hilang ke lingkungan dan tidak dapat diserap oleh tanaman, menyebabkan tidak hanya substansial kerugian ekonomi dan sumber daya tapi juga pencemaran lingkungan yang sangat serius (Trenkel *et al.*, 2010). Kondisi iklim dan cara penggunaannya menyebabkan sebanyak 90% pupuk yang digunakan tidak mencapai target. Kontaminasi air tanah oleh bahan kimia pertanian seperti pupuk telah menjadi masalah serius. Hal ini dikarenakan pencucian pupuk yang diaplikasikan di tanah oleh air hujan, irigasi serta faktor manusia seperti penggunaan berlebihan, tumpahan, dan pembuangan yang tidak tepat (Bijay *et al.*, 1994).

Kehilangan pupuk tidak hanya menyebabkan kerugian ekonomi besar tetapi juga pencemaran lingkungan yang sangat serius (Teodorescu *et al.*, 2009). Ini juga dapat mengakibatkan potensi bahaya bagi organisme. Salah satu masalah yang paling mengkhawatirkan adalah pencucian nitrat dan polusinya pada air tanah (Bijay *et al.*, 1994). Penanggulangan kekurangan ini dapat dicapai dengan penggunaan NPK lepas lambat. NPK lepas lambat dirancang untuk secara bertahap melepaskan NPK untuk tanaman (Teodorescu *et al.*, 2009).

Selama beberapa tahun terakhir, telah banyak yang mengkaji kombinasi bahan pupuk dengan polimer untuk mendapatkan produk pupuk yang efisien. Proses ini merupakan dasar teknologi penghantaran obat pelepasan terkontrol yang diaplikasikan di bidang pertanian. Pupuk lepas lambat digunakan untuk menghemat konsumsi pupuk dan untuk meminimalkan pencemaran lingkungan (Guo *et al.*, 2005; Wu *et al.*, 2008). Pupuk lepas lambat memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan tipe konvensional, seperti meningkatkan efisiensi pupuk, mengurangi hilangnya pupuk oleh air hujan atau air irigasi, memberikan pelepasan berkelanjutan pupuk untuk waktu yang lebih lama (Han *et al.*, 2009). Penggunaan pupuk lepas lambat juga dapat menghemat konsumsi pupuk dan meminimalisasi pencemaran lingkungan (Tomaszewska *et al.*, 2004). Pupuk lepas lambat dibuat dengan menambahkan polimer sebagai bahan penyalut sehingga diharapkan pelepasan pupuk menjadi lebih lambat.

Polistiren/*styrofoam* merupakan polimer murah sintetis yang biasanya digunakan sebagai pelindung di dalam pembungkus peralatan elektronik. Polistiren ini sendiri setelah alat elektronik digunakan akan dibuang dan menjadi limbah. Limbah polistiren inilah yang dimanfaatkan sebagai salah satu bahan polimer penyalut pada penelitian ini.

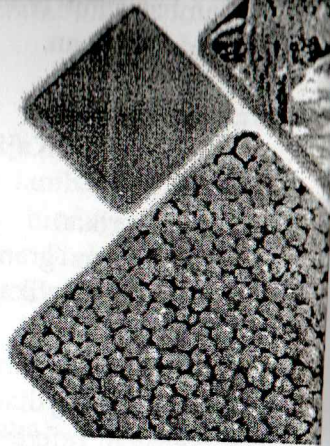
Polikaprolakton (PCL) merupakan polimer yang biasa digunakan dalam bidang medis, karena non toksik di dalam tubuh manusia serta aman untuk lingkungan (Biresaw *et al.*, 2004). Jika dijadikan sebagai polimer penyalut pada NPK lepas lambat diharapkan nantinya, saat NPK ini diaplikasikan ke tanah tidak menimbulkan toksik bagi organisme tanah.

Poli-(3-hidroksibutirat) adalah biopolimer yang dihasilkan oleh bakteri seperti *Ralstonia eutropha* and *Erwinia sp* USMI-20 (Fukui *et al.*, 1998; Majid *et al.*, 1999). Biopolimer ini memiliki sifat biodegradable dan tidak toksik (Page *et al.*, 1993). P(3-HB) digunakan sebagai salah satu



## BAB 2

# TINJAUAN PUSTAKA



### 2.1. Granul NPK

Nitrogen disediakan oleh pupuk, pupuk organik, bakteri bintil rhizobium pada kacang-kacangan (misalnya semanggi, kacang polong, kacang-kacangan, Luzern), dan bakteri dalam tanah yang menguraikan bahan organik dan menghasilkan nitrat dalam proses yang disebut mineralisasi. Beberapa nitrogen juga dihasilkan selama badai oleh sambaran petir dan beberapa terkandung dalam hujan dan salju. Nitrogen dapat dihilangkan dari tanah oleh bakteri yang mencuri oksigen dari nitrat untuk menghasilkan gas nitrogen. Ini adalah proses yang disebut denitrifikasi. Nitrogen juga bisa hilang dengan pencucian (proses nitrat dalam larutan bergerak turun menjauhi zona akar dan akhirnya ke dalam saluran air atau batuan dasar).

Fosfat disediakan oleh pupuk dan bahan organik dari pupuk atau sisa-sisa tanaman. pupuk larut menyediakan hidrogen fosfat untuk segera digunakan oleh tanaman, sementara pupuk larut perlu dikerjakan oleh bakteri dan tindakan asam lemah di tanah sebelum mereka dapat

mikroba sebelum menjadi hidrogen fosfat dalam larutan tanah.

Kalium berasal dari pupuk organik dan sisa-sisa tanaman serta pupuk. Dalam tanah ada tiga jenis kalium: air-kalium larut yang tersedia untuk tanaman, tukar kalium (tahap peralihan) dan cadangan kalium dalam tanah melalui aksi pelapukan (Finch *et al.*, 2014).

Aplikasi NPK pada tanaman jagung meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun, dan hasil panen kering secara signifikan (Kolawole *et al.*, 2009; Mohamed *et al.*, 2010). Penggunaan NPK 15:15:15 (60 kg N + 27,16 kg P + 45,80 kg K) menghasilkan produksi jagung yang optimum sebanyak 400 kg ha<sup>-1</sup> (Abd EL-Fattah *et al.*, 2012).

### 2.2. Metode Penyalutan Semprot (*Spray Coating*)

Pada metode salut semprot ada beberapa pilihan mekanisme penyemprotan yang dapat diterapkan untuk menyalut tablet, butiran atau partikel. Ada dua cara yang dapat digunakan untuk penerapan penyalutan metode penyalutan semprot pada granul, yaitu metode semprotan atas atau metode semprot bawah. Metode semprot atas sangat populer di industri farmasi untuk *layering aktif* dan penyalutan yang bertujuan mengubah atau mengendalikan pelepasan obat. Metode semprot atas lebih populer dalam industri farmasi karena dengan metode ini dapat menghasilkan *film* yang lebih baik dibandingkan dengan teknik pelapisan lainnya (Srivastava *et al.*, 2010).



Mekanisme pelepasan lambat atau terkontrol tergantung pada berbagai faktor seperti sifat bahan pelapis, jenis pupuk lepas lambat, kondisi agronomi dan banyak lagi. Mekanisme pelepasan terkontrol pada pupuk tersalut polimer dapat terjadi pelepasan nutrisi ketika terjadi kontak antara air dengan polimer penyalut atau bisa juga terjadi karena bantuan mikroorganisme yang dapat merusak polimer penyalut sehingga menyebabkan tekanan internal yang akan mengganggu membran kemudian akan terjadi pelepasan nutrisi. Pupuk akan dilepaskan ketika penyalut rusak atau bisa juga karena difusi melalui pori-pori di lapisan penyalut. Laju pelepasan pupuk ini tergantung pada suhu, kelembapan dan tebal lapisan polimer penyalut (Salman *et al.*, 1988; Shaviv *et al.*, 1993; Azeem *et al.*, 2014).

## 2.5. Model Kinetika Pelepasan

Pada sediaan lepas lambat profil pelepasan atau model kinetika pelepasan dapat diketahui melalui uji *release* atau uji pelepasan. Hasil uji pelepasan kemudian dimasukkan ke dalam persamaan model kinetika pelepasan obat, seperti orde nol, orde satu, Korsmeyer-Peppas dan Higuchi sehingga dapat diketahui mekanisme pelepasan sediaan lepas lambat tersebut.

### 2.5.1. Model Kinetika Orde Nol

Pelepasan obat dari bentuk sediaan farmasi yang tidak saling memisahkan dan melepaskan obat secara perlahan (dengan asumsi daerah itu tidak berubah dan tidak ada kondisi kesetimbangan yang diperhitungkan) dapat direpresentasikan dengan persamaan berikut:

$$W_0 - W_t = K_t$$

Dimana  $W_0$  adalah jumlah obat awal dalam bentuk sediaan farmasi,  $W_t$  adalah jumlah obat dalam bentuk

sediaan farmasi pada waktu  $t$  dan  $K$  adalah konstanta proporsionalitas. Persamaan ini dapat disederhanakan lagi dengan membagi persamaan ini dengan  $W_0$ :

$$f_t = K_0 t \quad (2)$$

di mana  $f_t = 1 - (W_t/W_0)$  dan  $f_t$  menunjukkan fraksi obat terlarut dalam waktu  $t$  dan  $K_0$  adalah laju pelepasan konstan atau konstanta pelepasan orde nol. Dengan cara ini, grafik fraksi obat terlarut terhadap waktu akan linear jika kondisi yang ditetapkan sebelumnya telah terpenuhi (Costa *et al.*, 2001).

Hubungan ini dapat digunakan untuk menggambarkan pelepasan obat dari beberapa bentuk sediaan farmasi yang meliputi pelepasan termodifikasi, seperti dalam kasus sistem transdermal, serta bentuk tablet matriks dengan obat kelarut rendah, bentuk sediaan berpenyalut, sistem osmotik, dan lain-lain (Varelas *et al.*, 1995). Pelepasan dari bentuk sediaan farmasi akan mengikuti profil pelepasan ini jika jumlah obat sama dengan satuan waktu. Ini merupakan metode pelepasan obat yang ideal untuk mendapatkan aksi farmakologis yang berkepanjangan. Untuk mengungkapkan model ini, secara sederhana hubungan ini dapat ditulis menjadi:

$$Q_1 = Q_0 + k_0 t \quad (3)$$

$Q$  adalah jumlah obat yang terlarut dalam waktu  $t$ ,  $Q_0$  adalah jumlah awal obat dalam larutan (*most times*,  $Q_{50}$ ) dan  $K$  adalah konstanta pelepasan orde nol.

### 2.5.2. Model Kinetika Orde Satu

Penerapan model ini untuk studi pelepasan obat pertama kali diusulkan oleh Gibaldi dan Feldman (1967) dan kemudian oleh Wagner (1969). Model ini juga digunakan untuk menggambarkan penyerapan dan atau eliminasi



beberapa obat, meskipun sulit untuk membuat konsep mekanisme ini dalam dasar teori (Gibaldi *et al.*, 1967; Wagner *et al.*, 1969). Kitazawa *et al.*, (1977) mengusulkan sebuah model yang sedikit berbeda, tetapi kesimpulan akhirnya hampir sama (Kitazawa *et al.*, 1977; Costa *et al.*, 2001)

Fenomena pembubaran partikel padat dalam media cair menunjukkan terjadinya fenomena antarmuka, seperti yang diperlihatkan dengan menggunakan rumus Noyes-Whitney.

$$\frac{dC}{dt} = K(C_s - C) \quad (4)$$

C adalah konsentrasi zat terlarut dalam waktu t.  $C_s$  adalah kelarutan dalam kesetimbangan pada suhu penerapan dan K adalah konstanta proporsionalitas orde pertama. Persamaan ini diubah oleh Brunner *et al.*, (1900), dengan memasukkan nilai area padatan yang terjadi pelepasan, S, sehingga didapatkan:

$$\frac{dC}{dt} = K_1 S (C_s - C) \quad (5)$$

k adalah konstanta proporsionalitas baru. Menggunakan hukum pertama Fick, konstanta  $K_1$  akan mengikuti persamaan berikut;

$$K_1 = \frac{D}{vh} \quad (6)$$

D adalah koefisien difusi zat terlarut dalam media pelepasan, V adalah volume pelarut cair dan h adalah tebal lapisan difusi. Hixson dan Crowell menyesuaikan persamaan Noyes-Whitney sehingga menjadi:

$$\frac{dW}{dt} = KS(C_s - C) \quad (7)$$

W adalah jumlah zat terlarut dalam larutan pada waktu t.  $dW/dt$  adalah laju bagian zat terlarut dalam larutan dalam waktu t dan K adalah konstanta. Persamaan terakhir

ini diperoleh dari persamaan Noyes-Whitney dengan mengalikan kedua hal persamaan dengan V dan membuat K sama dengan  $K_1V$ . Dengan membandingkan persamaan tersebut, maka hubungannya akan mengikuti:

$$K = \frac{D}{h} \quad (8)$$

Dengan cara ini, persamaan Hixson dan Crowell Persamaan [persamaan (7)] dapat ditulis kembali menjadi:

$$\frac{dW}{dt} = \frac{KS}{V} (VC_s - W) = k(VC_s - W) \quad (9)$$

$$k = k_1 S.$$

Jika salah satu bentuk sediaan farmasi dengan luas permukaan konstan yang dipelajari dalam kondisi ideal (kondisi sink), sangat mungkin untuk menggunakan persamaan terakhir ini, setelah integrasi, akan menjadi:

$$W = VC_s(1 - e^{-kt}) \quad (10)$$

Persamaan ini dapat diubah, dengan menerapkan logaritma desimal, maka kedua persamaan ini menjadi:

$$\log(VC_s - W) = \log VC_s - \frac{kt}{2,303} \quad (11)$$

Hubungan berikut juga dapat mengungkapkan model ini:

$$Q_t = Q_0 e^{-k_1 t} \quad \text{atau} \quad \ln\left(\frac{Q_t}{Q_0}\right) = K_1 t \quad \text{atau} \quad \ln q_t = \ln Q_0 K_1 t$$

atau dalam logaritma desimal dapat ditulis menjadi:

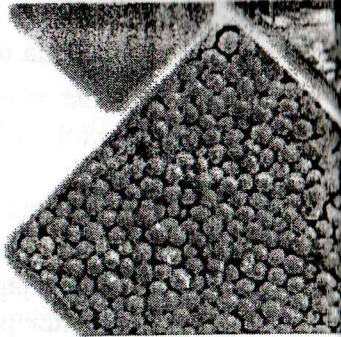
$$\log Q_t = \log Q_0 + \frac{K_1 t}{2,303} \quad (12)$$

Q adalah jumlah obat yang dilepas dalam waktu t,  $Q_0$  adalah jumlah awal obat dalam larutan dan  $K_1$  adalah konstanta pelepasan orde pertama. Maka dengan cara ini kurva grafik logaritma desimal jumlah obat yang dilepas terhadap waktu



# BAB 3

## METODE PENELITIAN



### 3.1. Formulasi Penyalut Granul Pupuk

Penelitian dilakukan selama lebih kurang sepuluh bulan di Laboratorium Biota Sumatera (Laboratorium Bioteknologi), Untuk pengujian SEM, FTIR, dan uji pelepasan NPK dilakukan di beberapa laboratorium lain.

### 3.2. Alat dan Bahan

#### 3.2.1. Alat

Alat-alat yang digunakan: spektrofotometer UV-Vis (UV-1700 PharmaSpec, Jepang), *Scanning Electron Microscope* (JEOL-JSM-6510LV), *fourier transform infrared* (Jasco), *coating pan*, *spray gun* dan pompa, *hotplate stirrer*, timbangan analitik (Shimadzu AUX 220, Jepang), oven, kamera digital, polibag, termometer, dan alat-alat gelas lainnya.

#### 3.2.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan yaitu polistiren (PS), polikaprolakton (PCL) (Sigma Aldrich), pati singkong (Amprotab<sup>®</sup>, Bratachem), P(3-HB) (Sigma Aldrich), granul NPK diameter 2-3 mm (PT Sentana Adidaya Pratama, Indonesia), kloroform (Merck, Jerman), amonium Molibdat (Merck, Jerman), kalium antimonil tartrat (Merck, Jerman), asam askorbat (Merck, Jerman), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Merck, Jerman), air

suling, parafin cair (PT. Brataco, Indonesia), Span 80 (PT. Brataco, Indonesia), media tanah, benih jagung (PT East West Seed, Indonesia).

### 3.3. Formulasi Bahan Penyalut

Tabel 1. Formula Granul NPK

Urut No	Nomer an Formula	Komposisi						
		Granul NPK (g)	PS (g)	PCL (g)	P(3- HB) (g)	Pati (g)	Span 80 (mL)	Paraffin liq (mL)
F0	NPK tanpa penyalut	25	0	0	0	0	0	0
F1	NPK Biobland PS-PCL	25	2,0	0,5	0	0	0	1
F2	Biobland PS-P(3- HB)	25	1,5	0	0,5	0	0	1
F3	Biobland PS-Pati	25	1,5	0	0	0,5	1	1

### 3.4. Prosedur Penelitian

Prosedur percobaan ada beberapa tahap, antara lain:

#### 3.4.1. Pemeriksaan Bahan Baku

##### a. Pemeriksaan bahan baku NPK granul

Pemeriksaan bahan baku NPK granul sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 2803:2010.

##### b. Pemeriksaan bahan baku polikaprolakton

Pemeriksaan bahan baku polikaprolakton meliputi identifikasi menggunakan spektrofotometer FTIR, dan kelarutan (Elzubair *et al.*, 2006; Woodruff *et al.*, 2010).



**c. Pemeriksaan bahan baku pati (Amprotab®)**

Pemeriksaan meliputi pemerian, kelarutan, identifikasi dan keasaman-kebasaaan, dilakukan menurut cara pemeriksaan pati manihot pada Farmakope Indonesia edisi III (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 1979).

**d. Pemeriksaan bahan baku P(3-HB)**

Pemeriksaan bahan baku P(3-HB) yang dilakukan meliputi pemerian, kelarutan, dan identifikasi spektroskopi IR (Garcia *et al.*, 2009).

**e. Pemeriksaan bahan baku polistiren**

Pemeriksaan bahan baku polistiren yang dilakukan meliputi pemerian, kelarutan, dan identifikasi spektroskopi IR (Lafferty, 1998).

**3.4.2. Persiapan Bahan Baku**

Sebelum dilakukan penyalutan semua NPK granul dicuci menggunakan kloroform, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 70°C (30 menit). Kemudian NPK diayak dengan ayakan ukuran 2-3 mm sehingga didapatkan ukuran granul NPK yang seragam.

**3.4.3. Pembuatan larutan penyalut**

Polistiren dengan jumlah sesuai dengan Tabel 1. dilarutkan dengan 50 mL kloroform. Untuk prosedur penyalutan menggunakan *bioblend* polistiren/polikaprolakton 4:1, 12 gram polistiren dicampurkan dengan 0,5 gram polikaprolakton kemudian dilarutkan dalam 50 mL kloroform. Larutan tersebut diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 380 rpm selama 10 menit. Prosedur penyalutan *bioblend* Polistiren-Pati dan Polistiren-P(3-HB) juga sama seperti prosedur Polistiren-Polikaprolakton. Variasi formula yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

**3.4.4. Penyalutan Salut Semprot**

Pada proses penyalutan (*coating*) yang dilakukan dengan menggunakan metode salut semprot ini, granul pupuk NPK yang akan disalut disemprot dengan larutan penyalut yang sudah dibuat sebelumnya. Sejumlah 25 gram NPK granul dimasukkan ke dalam *coating pan*. Larutan penyalut dimasukkan ke wadah larutan pada *spray gun*. Kemudian NPK granul disemprot dengan larutan penyalut, kecepatan putar *coating pan* 70 rpm, dan suhu diatur 70°C. Langkah terakhir, NPK granul dikeringkan menggunakan oven pada suhu 70 °C selama 30 menit untuk memastikan pelarut habis menguap dan NPK granul kering dengan sempurna. Bobot akhir setelah disalut ditimbang.

**3.4.5. Pengukuran Persentase Penyalutan**

Efisiensi penyalutan dapat ditentukan dengan melarutkan produk dengan massa yang diketahui,  $M_{total}$  (g) ke dalam 100 mL air suling pada suhu kamar ( $\pm 25$  °C), harus dipastikan bahwa massa NPK berada di bawah batas saturasi. Untuk mempercepat pelarutan NPK granul yang tersalut polimer terlebih dahulu digerus dan kemudian baru dilarutkan ke dalam air suling. Setelah NPK terlarut sempurna, selanjutnya campuran disaring menggunakan kertas saring, maka akan peroleh residu (polimer penyalut) yang terlepas dari granul NPK. Residu kemudian dicuci dengan air suling lalu dikeringkan pada suhu 120 °C selama kurang lebih 4-6 jam, kemudian ditimbang,  $M_{residu\ polimer}$  (g).

Efisiensi peyalutan dihitung dengan persamaan:

$$\% \text{ Coating} = \frac{M_{residu\ polimer} (g)}{M_{total} (g)} \times 100$$

% *coating* adalah persentase polimer yang disalutkan pada NPK granul,  $M_{residu\ polimer}$  adalah massa residu polimer dan  $M_{total}$  adalah massa total (NPK + polimer) (Salman *et al.*, 1988; Costa *et al.*, 2013).



### 3.4.6. Karakterisasi Morfologi Permukaan Granul Menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Karakterisasi morfologi permukaan granul dilakukan untuk melihat karakteristik dan kompatibilitas antara polimer penyalut dengan NPK granul. Sampel dikirimkan ke LIPI Bandung untuk dianalisis. Evaluasi ini dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

### 3.4.7. Uji Interaksi Kimia

Evaluasi ini dilakukan untuk menentukan kemungkinan interaksi kimia antara komponen-komponen bahan penyalut dan juga dengan NPK granul. Analisis ini dilakukan menggunakan alat FTIR Spektrofotometer.

### 3.4.8. Uji Pelepasan dan Penentuan Kadar NPK

#### 3.4.9. Pembuatan Pereaksi P (Balai Penelitian Tanah, 2005)

1. Pereaksi pekat: Sebanyak 12 g  $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  dilarutkan dengan air suling dalam labu ukur 1 L. Ke dalam larutan ditambahkan 0,277 g  $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ , 0,5  $\text{H}_2\text{O}$  dan secara perlahan 140 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat. Air suling ditambahkan sampai tanda garis.
2. Pereaksi pewarna: sebanyak 1,06 g asam askorbat dicampurkan dengan 100 ml pereaksi pekat, kemudian dicukupkan hingga 1 L dengan air suling.

#### 3.4.9.1. Pembuatan Kurva Standar Fosfor

1. Sejumlah 0,143 gram  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  ditimbang, dimasukkan ke dalam air suling 100 mL sehingga didapat konsentrasi larutan induk 1 mg/mL
2. Pengenceran dibuat dari larutan induk 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7  $\mu\text{g}/\text{mL}$ .

3. Cairan masing-masing pengenceran direaksikan dengan pereaksi pewarna.
4. Perubahan cairan menjadi warna biru setelah penambahan reagen diamati.
5. Absorban masing-masing sampel diukur dengan menggunakan spektrofotometer visibel pada panjang gelombang 716,5 nm.
6. Persamaan garis lurus dibuat dengan menggunakan data absorban yang didapat.

#### 3.4.9.2. Uji Pelepasan Fosfor (Zhong *et al.*, 2013)

1. Sebelumnya suhu ruangan diatur pada  $25^\circ\text{C}$ , lalu sejumlah granul NPK yang telah disalut ditimbang dengan bobot setara 1 gram granul NPK. Granul dimasukkan ke dalam gelas piala, dengan diameter 7 cm dan tinggi 10 cm.
2. Gelas piala ditutup dengan spons yang berdiameter 6,8 cm, dan tebal 2,5 cm, lalu diisi dengan air suling sebanyak 100 mL.
3. Cairan dari wadah tersebut diambil pada waktu 0,083; 0,17; 0,25; 0,5; 1; 4; 12; 24; 48 jam dengan spuit 5 mL sebanyak 5 mL, selanjutnya medium dalam wadah dicukupkan lagi hingga 100 mL dengan air suling setiap pengambilan sampel.
4. Kemudian kadar fosfor dalam bentuk  $\text{P}_2\text{O}_5$  dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer visible pada panjang gelombang 716,5 nm.

#### 3.4.9.3. Validasi Metode

Larutan standar fosfor dibuat mengacu pada kurva kalibrasi larutan standar fosfor. Pengukuran larutan standar



# BAB 4

## HASIL DAN PEMBAHASAN



### 4.1. HASIL

#### 4.1.1. Pemeriksaan Bahan Baku Granul

##### a. Pemeriksaan bahan baku granul NPK.

Pemeriksaan bahan baku NPK granul yang dilakukan telah memenuhi persyaratan seperti yang tertera Standar Nasional Indonesia (SNI) 2801:2010 untuk NPK granul. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Lampiran 2, Tabel II.1.

##### b. Pemeriksaan bahan baku Polikaprolakton (PCL).

Pemeriksaan PCL memenuhi persyaratan, rincian hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Lampiran 2. Tabel II.2 dan Lampiran 3. Gambar 8.2 (Elzubair *et al.*, 2006; Woodruff *et al.*, 2010).

##### c. Pemeriksaan bahan baku pati (Amprotab<sup>®</sup>).

Hasil pemeriksaan bahan baku pati (Amprotab<sup>®</sup>) memenuhi persyaratan Farmakope Indonesia Edisi III. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Lampiran 2. Tabel II.3.

### 4.1.2. Morfologi Granul

Hasil pemeriksaan morfologi menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk granul NPK salut *bioblend* polistiren terlihat morfologi granul NPK pada Lampiran 3, Gambar 8.1 – Gambar 8.4. Permukaan kulit penyalut tampak di bagian luar inti granul NPK. Pada hasil SEM F1 tebal lapisan penyalut adalah sekitar 110  $\mu\text{m}$ . Pada hasil SEM F2 tebal lapisan penyalut adalah sekitar 47,0  $\mu\text{m}$ . Pada hasil SEM F3 tebal lapisan penyalut adalah sekitar 37,9  $\mu\text{m}$ .

### 4.1.3. Analisis Interaksi Kimia

Spektrum hasil pengujian FTIR dari polistiren, polikaprolakton, pati, P(3-HB), F1, F2, F3 dapat dilihat pada Lampiran 3, Gambar 8.5 sampai Gambar 8.12.

### 4.1.4. Persentase Penyalutan

Hasil pengukuran persentase penyalut pada formula dengan penyalut *bioblend* polistiren didapat persentase penyalutan untuk F1, F2, dan F3 masing-masing adalah sebesar 87,26; 85,21; dan 75,21%. Persentase efisiensi penyalutan untuk formula 1, 2, dan 3 masing-masing secara berturut-turut adalah sebesar 90,99; 92,19; dan 88,52 %. Rincian perhitungan pengukuran persentase penyalutan dan persentase efisiensi penyalutan dapat dilihat pada Lampiran 5, Tabel VI.1 dan Tabel VI.2.

### 4.1.5. Penentuan Panjang Gelombang Serapan Maksimum dan Pembuatan Kurva Kalibrasi P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Panjang gelombang serapan maksimum P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dalam air suling diperoleh 716,5 nm. Kurva kalibrasi didapat persamaan garis lurus  $y = 109,4x + 0,024$  dan  $R^2 = 0,996$ .



Simpangan baku 0,21153; LOD 0,005801; dan LOQ 0,019335.

Hasil penentuan panjang gelombang serapan maksimum, kurva kalibrasi standar, dan validasi metode dapat dilihat pada Lampiran 4, Tabel IV, Tabel V dan Gambar 9.

#### 4.1.6. Persentase Pelepasan $P_2O_5$

Hasil uji pelepasan  $P_2O_5$  pada media air suling, menunjukkan profil pelepasan NPK yang telah disalut lebih lambat daripada NPK tanpa penyalutan. Dalam waktu 48 jam, F0 sudah terlepas lebih dari 94,17 %, sedangkan F1, F2, F3 pelepasannya masing- masing 44,03, 46,45, dan 53,59%. Persentase pelepasan NPK pada media air suling diberikan pada Lampiran 6, Tabel VII.1 dan Gambar 10.1. Hasil uji statistik menunjukkan perbedaan nyata pada persen pelepasan antara F0 dengan F1, F2, dan F3 ( $p < 0,05$ ).

#### 4.1.7. Efisiensi Pelepasan $P_2O_5$

Hasil efisiensi pelepasan  $P_2O_5$  pada media air suling dari F0, F1, F2, dan F3 masing-masing 65,67; 32,88; 33,66; dan 39,48 %. Efisiensi pelepasan  $P_2O_5$  dari masing-masing formula dapat dilihat pada Lampiran 10, Gambar 10.7 hingga Gambar 10.10. Hasil uji statistik menunjukkan perbedaan nyata pada efisiensi pelepasan antara F0 dengan granulat NPK lepas lambat F1, F2, dan F3 ( $p < 0,05$ ).

#### 4.1.8. Laju Pelepasan $P_2O_5$

Laju pelepasan  $P_2O_5$  pada media air suling dari NPK yang tidak disalut, NPK salut *bioblend* polistiren formula 1, 2, dan 3 masing- masing 1,90, 0,53, 0,54, dan 0,55 %/jam. Hasil uji statistik menunjukkan perbedaan nyata pada laju

pelepasan antara granulat NPK yang tidak disalut dengan granulat NPK lepas lambat F1, F2, dan F3 ( $p < 0,05$ ).

#### 4.1.9. Waktu Pelepasan 99,9% NPK

Pelepasan 99,9%  $P_2O_5$  dari formula F0, F1, F2, dan F3 masing- masingnya adalah selama 0,07; 6,09; 5,06; dan 4,18 bulan

#### 4.1.10. Persentase Pelepasan $P_2O_5$ dari Granul NPK Salut Polistiren-Pati (F3) Selama 12 Minggu di Dalam Medium Tanah

Persentase Pelepasan  $P_2O_5$  dari F3 selama 12 minggu di dalam medium tanah dapat dilihat pada Lampiran 12, Tabel XIV, dan Gambar 14. Persentase pelepasan  $P_2O_5$  pada F3 dengan berbagai takaran selama 12 minggu di dalam medium tanah dapat dilihat pada Lampiran 8, Tabel IX, dan Gambar 11.1.

#### 4.1.11. Hasil Pengamatan Data Tanaman Jagung setelah Aplikasi NPK Lepas Lambat

##### 4.1.11.a. Tinggi Batang Jagung

Data hasil pengamatan tinggi batang selama 12 minggu dapat dilihat pada Lampiran 9, Tabel X.1, Tabel X.2, dan Gambar 12.1. Gambar 12.3.a. Data hasil pengamatan tinggi batang rata-rata selama 12 minggu pada perlakuan (QA) 174,86 cm, (QB) 165,38 cm, (QC) 156,22 cm, (QD) 141,42 cm. Dari uji statistik univariate menunjukkan perbedaan nyata pada tinggi batang antara perlakuan QA dengan QB, QC, dan QD ( $p < 0,05$ ).



#### **4.1.11.b. Jumlah Cabang/Daun Tanaman Jagung**

Data hasil pengamatan jumlah cabang/daun tanaman jagung selama 12 minggu setelah pemberian berbagai takaran granul NPK F3 dapat dilihat pada Lampiran 9, Tabel X.3 dan Gambar 12.3.b.

#### **4.1.11.c. Waktu Mulai Berbunga**

Data hasil pengamatan waktu mulai berbunga tanaman jagung setelah pemberian berbagai takaran granul NPK F3 dapat dilihat pada Lampiran 9, Tabel X.5. Dari keempat perlakuan QA, QB, QC, dan QD semuanya menunjukkan waktu berbunga yang sama yaitu pada minggu kedelapan

#### **4.1.11.d. Waktu Mulai Berbuah**

Data hasil pengamatan waktu mulai berbuah tanaman jagung setelah pemberian berbagai takaran granul NPK F3 dapat dilihat pada Lampiran 9, Tabel X.7.

#### **4.1.11.e. Diameter Batang di Minggu Akhir pada Berbagai Takaran**

Data hasil pengamatan diameter batang tanaman jagung pada minggu akhir penanaman setelah pemberian berbagai takaran granul NPK F3 dapat dilihat pada Lampiran 9, Tabel X.8 dan Gambar 12.3.c.

#### **4.1.11.f. Bobot Basah dan Bobot Kering Tanaman pada Berbagai Takaran**

Data hasil pengamatan bobot basah dan bobot kering tanaman jagung setelah pemberian berbagai takaran granul NPK F3 dapat dilihat pada Lampiran 9, Tabel X.9 dan Gambar 12.3.d dan 12.3.e.

#### **4.1.11.g. Bobot Buah dan Bobot Klobot Tanaman jagung**

Data hasil pengamatan bobot buah dan bobot klobot tanaman jagung setelah pemberian berbagai takaran granul NPK F3 dapat dilihat pada Lampiran 9, Tabel X.10 dan Gambar 12.f.

#### **4.1.11.h. Diameter Buah Tanaman Jagung pada Berbagai Takaran**

Data hasil pengamatan diameter buah tanaman jagung setelah pemberian berbagai takaran granul NPK F3 dapat dilihat pada Lampiran 9, Tabel X.11 dan Gambar 12.3.g.

#### **4.1.11.i. Panjang Tongkol Buah Tanaman Jagung pada Berbagai Takaran**

Data hasil analisis tanah setelah panen panjang tongkol buah tanaman jagung setelah pemberian berbagai takaran granul NPK F3 dapat dilihat pada Lampiran 9, Tabel X.12 dan Gambar 12.h.

#### **4.1.12. Analisis Tanah**

Data hasil analisis pH tanah pada H<sub>2</sub>O, pH tanah pada KCl, kadar C-Organik, kadar N, kadar P, dan kadar K pada tanah setelah dipanen dapat dilihat pada Lampiran 11, Tabel XII.1.

#### **4.1.13. Efisiensi Granul NPK Salut Bioblend Polistiren**

Harga NPK yang telah disalut dengan bioblend PS-Polikaprolakton, PS-P3HB, PS-Pati mencapai  $\pm 3x$  dari harga tanpa salut (Lampiran 30). Aplikasi granul lepas lambat NPK dengan penyalut bioblend polistiren dapat dengan 1x



pemupukan di awal masa tanam saja sehingga granul yang diformulasi dalam penelitian ini lebih efektif dan efisien dibanding granul NPK yang tidak disalut.

#### 4.2. Pembahasan

Pelepasan yang lambat merupakan salah satu cara untuk meminimalkan hilangnya nutrisi. Ini dapat dicapai dengan menggunakan berbagai jenis pelapis. Penelitian ini dilakukan untuk membuat granul NPK lepas lambat sehingga menghasilkan NPK dengan pelepasan diperlambat dibandingkan dengan NPK konvensional. Pada penelitian ini digunakan polimer penyalut *bioblend* polistiren-polikaprolakton (4:1) (F1), polistiren-P(3-HB) (3:1) (F2), dan polistiren-pati (3:1) (F3). Penggunaan perbandingan polimer ini didapatkan dari penelitian hasil penelitian sebelumnya yang telah dilaporkan oleh Djamaan *et al.*, (2015a) dan Djamaan *et al.*, (2015b).

Sebelum dilakukan pembuatan granul NPK lepas lambat, terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan bahan baku dan bahan-bahan pembantu untuk memastikan dan menjamin bahwa bahan-bahan yang digunakan sudah memenuhi persyaratan. Pemeriksaan bahan baku NPK dilakukan menurut SNI 2803-2010 yang meliputi pemerian dan kelarutan serta identifikasi spektrum infra merah. Hasil pemeriksaan menunjukkan NPK yang digunakan memenuhi persyaratan yang tertera dalam SNI 2803-2010.

Pemeriksaan bahan baku polistiren dilakukan berdasarkan persyaratan seperti yang telah dilaporkan oleh Lafferty, (1998) yang meliputi pemerian dan kelarutan serta identifikasi spektrum infra merah. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa polistiren yang digunakan memenuhi persyaratan yang telah dilaporkan oleh Lafferty, (1998).

Pemeriksaan bahan baku polikaprolakton dilakukan berdasarkan persyaratan seperti yang telah dilaporkan oleh

Garcia *et al.*, 2009 yang meliputi pemerian dan kelarutan serta identifikasi spektrum infra merah. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa polikaprolakton yang digunakan memenuhi persyaratan sebagaimana yang telah dilaporkan oleh Garcia *et al.*, 2009.

Pemeriksaan bahan baku P(3-HB) dilakukan berdasarkan persyaratan seperti yang telah dilaporkan oleh Lafferty, (1998) yang meliputi pemerian dan kelarutan serta identifikasi spektrum infra merah. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa P(3-HB) yang digunakan memenuhi persyaratan yang telah dilaporkan oleh Lafferty, (1998).

Pemeriksaan bahan baku pati dilakukan berdasarkan persyaratan Farmakope Indonesia Edisi III (1979) yang meliputi pemerian dan kelarutan serta identifikasi spektrum infra merah. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pati yang digunakan memenuhi persyaratan Farmakope Indonesia Edisi III (1979).

Granul NPK lepas lambat dibuat dengan metode penyalutan semprot menggunakan alat *coating pan dan spray gun*. Pemilihan metode ini karena polimer yang digunakan larut dalam pelarut yang mudah menguap seperti kloroform, mudah dan efisien dalam pengerjaannya, membutuhkan waktu yang singkat serta biaya yang murah (Tiwari & Verma, 2011).

Dalam pembuatan NPK lepas lambat digunakan beberapa bahan pembantu yaitu kloroform untuk melarutkan polistiren, polikaprolakton, P(3-HB) dan pati. NPK lepas lambat dibuat dengan penambahan paraffin liquidum sebagai *plasticizer*. *Plasticizer* ditambahkan ke dalam larutan penyalut bertujuan untuk meningkatkan kekuatan mekanik lapisan penyalut sehingga lapisan penyalut yang dihasilkan dapat lebih tahan pada proses penyalutan (Siregar, 2008). Span 80 digunakan untuk meningkatkan daya penyebaran



## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. KESIMPULAN

1. Penyalutan granul NPK menggunakan polimer bioblend polistiren berpengaruh nyata terhadap efisiensi dan laju pelepasan fosfor ( $p < 0,05$ ).
2. Granul NPK bioblend PS-Pati 7,5 g/tanaman pengaruhnya tidak berbeda nyata dengan NPK konvensional terhadap pertumbuhan tanaman jagung.

#### 5.2. SARAN

Disarankan pada penelitian selanjutnya membuat bahan polimer yang diproduksi sendiri agar didapat NPK lepas lambat dengan biaya yang lebih murah. Untuk uji aplikasi tanaman selanjutnya agar menggunakan tanaman lain yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abou-Zeid, D.M., Müller, R.J., & Deckwer, W.D. (2001). Degradation of natural and synthetic polyesters under anaerobic conditions. *J. Biotech.*, 86(2): 113-126.
- Abd El-Fattah A.A., Selim, E.M. & Awad, E.M. (2012). Response of corn plants (*Zea mays*) to soil and foliar applications of mineral fertilizers under clay soil conditions. *J. Appl. Sci. Res.*, 8(8): 4711-4719.
- Agustien, A. & Hakam, A.D. (2002). Produksi Bioplastik Poli(3-hidroksibutirat) dari Bakteri Rekombinan *Escherichia coli*. *Jurnal Kimia Andalas*, 8(2): 38-41.
- Azeem, B., Kusaari, K., Man, Z. B., Basit, A., & Thanh, T. H. (2014). Review on materials & methods to produce controlled release coated urea fertilizer. *J. Contr. Rel.*, 181: 11-21.
- Bajpai, A. K. & Giri, A. (2002). Swelling dynamics of a macromolecular hydrophilic network and evaluation of its potential for controlled release of agrochemicals. *React. Funct. Pol.* 53(2): 125-141.
- Bayari, B. & Severcan, F. (2005). FT-IR Study of Biodegradable Biopolymers: P(3HB), P(3HB-co-4HB) and P(3HB-co-3HV). *J. Mol. Struct.*, 744:529-334.

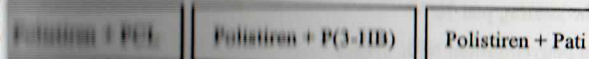


Zakpaa H. D., Mak-Mensah E. E., & Johnson F. S. (2009). Production of bio-ethanol from corncobs using *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae* in simultaneous saccharification and fermentation. *African J. Biotech.*, 8 (13): 3018-3022

Zhong K., Lin Z. T., Zheng X. L., Jiang G. B., Fang Y. S., Mao X. Y., Liao Z. W. (2013). Starch derivative-based superabsorbent with integration of water-retaining and controlled-release fertilizers. *Carbohydr. Pol.*, 92: 1367- 1376.

# PEMBUATAN GRANUL TERSALUT

Revisi Larutan Penyulut



- dilarutkan dengan 50 mL kloroform
- + paraffin liq
- ditirir dengan kecepatan 380 rpm selama 10 menit

Larutan Penyulut hiblend PS/PCL  
PS/Pati & PS/P(3-HB)

Penyulutan dan Evaluasi

NPK granul

- Diayak, sehingga didapat NPK granul dengan ukuran yang seragam.
- Hasil menggunakan kloroform
- Dikeringkan dalam oven pada suhu 70°C
- Hasilnya 33 gram





## LAMPIRAN 16

### Perhitungan Harga Formula Granul NPK Tersalut Bioblend Polistiren

Harga pasaran bahan pembuatan granul NPK salut bioblend polistiren (Rp.)

1. Granul NPK kemasan 1.000 gram = 22.000
2. Polistiren = 0 (limbah)
3. Polikaprolakton 250 gram = 700.000
4. P(3-HB) 1000 gram = 160.000
5. Pati (Amprotab) kemasan 1000 kg = 35.000
6. Kloroform 1000 mL = 55.000

Estimasi biaya (Rp.) untuk 1 kg granul NPK salut

NPK 1 kg	= 22.000
Polistiren	= 0
Polikaprolakton 20 g	= 1.400
P(3-HB) 20 g	= 80
Pati 20 g	= 17,5
Kloroform (2 L)	= 110.000

1. Untuk 1 kg NPK tanpa salut = Rp. 22.000
2. Untuk 1 kg formula NPK salut PS-PCL:  
22.000 + 0 + 1400 + 110.000 = Rp. 133.400
3. Untuk 1 kg formula NPK salut PS-P(3-HB):  
22.000 + 0 + 80 + 110.000 = Rp. 132.080
4. Untuk 1 kg formula NPK salut PS-Pati:  
22.000 + 0 + 17,5 + 110.000 = Rp. 132.017,5

## PROFIL PENULIS

**Prof. Dr. H. Akmal Djamaan, MS, Apt.**, merupakan Guru Besar Bidang Bioteknologi, Fakultas Farmasi, Universitas Andalas. Ia dilahirkan di Bukittinggi, 10-02-1964. Adapun riwayat pendidikannya adalah: S-3 di Universiti Sains Malaysia (2004), S-2 di Institut Teknologi Bandung (1992), S-1 di Universitas Andalas (1988), dan Profesi Apoteker di Universitas Andalas (1989)

**Dr. Muslim Suardi, M.Si, Apt** merupakan staf pengajar di Fakultas Farmasi Universitas Andalas Padang. Ia dilahirkan di Bukittinggi 14 Desember 1956. Pendidikan yang telah ditempuhnya adalah : S1: Univ. Andalas, S2: Institut Teknologi Bandung, S3: Universiti Sains Malaysia, dan Profesi Apoteker Universitas Andalas.

**Mahdian Rasyadi, S. Farm, M.Si., Apt** merupakan alumni Magister Farmasi Universitas Andalas Padang. Sehari-hari ia mengabdikan sebagai staf pengajar di Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia Perintis Padang