

HIDROGEL BERBASIS CMC/AAc-AAm/KITOSAN- NANOPARTIKEL SEBAGAI MATRIKS PUPUK PELEPAS LAMBAT UREA

MUHAMMAD ARUL JALAL



**PROGRAM STUDI BIOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Hidrogel berbasis CMC/AAC-AAm/Kitosan Nanopartikel sebagai matriks pupuk pelepas lambat urea” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2025

Muhammad Arul Jalal
G7501222005



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

RINGKASAN

MUHAMMAD ARUL JALAL. Hidrogel berbasis CMC/AAc-AAm/Kitosan Nanopartikel sebagai matriks pupuk lepas lambat urea. Dibimbing oleh MERSE KURNIATI dan CHRISTINA WINARTI.

Keberadaan residu pupuk urea dalam tanah dapat memberikan dampak negatif terhadap kualitas tanah. Hidrogel dapat mengurangi jumlah residu pupuk yang terlepas ke dalam tanah dengan teknik pelepasan pupuk secara lambat. Pemuatan pupuk sebanyak dua kali diharapkan dapat membuat pupuk lebih lambat dalam melepaskan pupuk menggunakan nanopartikel kitosan (CS) sebagai pemuat pertama dan hidrogel sebagai pemuat kedua.

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan pupuk urea lepas terkendali berbasis *double loading urea* dari kitosan nanopartikel ke dalam hidrogel CMC/AAc-AAm; mengidentifikasi pengaruh konsentrasi kitosan terhadap ukuran diameter, porositas, dan pemuatan pupuk pada nanopartikel (CS-Urea); menganalisis pelepasan pupuk urea yang dimuat dua kali dalam CS-Urea dan hidrogel CMC/AAc-AAm untuk mencapai kategori *slow release fertilizer*.

Rata-rata diameter partikel CS-Urea berada pada kisaran 140,53 nm-787,53 nm, ukuran dibawah 200 nm dapat dikategorikan nanopartikel. Analisis morfologi permukaan menunjukkan bahwa nanopartikel CS-urea memiliki struktur berpori dengan tingkat porositas 75%-78%. CS-urea menunjukkan adanya gugus fungsi N-H yang terikat pada kitosan, C-N yang terikat pada urea, dan agen pengikat silang ionik natrium tripolyphosphate (NaTPP), serta senyawa nitro aromatik yang menunjukkan adanya interaksi antara kitosan dengan agen pengikat silang ionik NaTPP. Pembengkakan hidrogel dengan CS-Urea diperoleh pada kisaran 9844%-18120%, sedangkan hidrogel tanpa CS-Urea sebesar 6284%-12089%, dengan model kinetika yang termasuk difusi *Fickian*.

Pada sifat mekanik hidrogel penambahan CS-Urea dapat meningkatkan *hardness* dan *adhesiveness*. Namun tidak memberikan perubahan pada *cohesiveness*. Spektrum FTIR hidrogel menunjukkan adanya perbedaan pada kekuatan ikatan silang yang terbentuk yaitu gugus hidroksil -OH pada hidrogel dengan CS-Urea dan tanpa CS-Urea. Hasil pengujian pelepasan pupuk urea oleh hidrogel di medium air dan tanah dengan CS-Urea dapat melepaskan pupuk selama 11-15 hari pada medium air dan 14 – 20 hari pada medium tanah, sedangkan hidrogel tanpa CS-Urea selama 9-12 hari pada medium air dan 13 – 17 hari pada medium tanah. Penambahan CS-Urea dapat meningkatkan performa dari hidrogel sehingga dapat memperlambat pupuk keluar. Secara keseluruhan sampel model Higuchi yang paling cocok untuk menjelaskan pelepasan pupuk.

Hidrogel yang paling baik adalah sampel CS 0,5%; rasio AAc/AAm:CMC 1:2 dan MBA 2% dengan jumlah pupuk yang terlepas pada 24 jam kurang dari 15%, waktu pelepasan pupuk terlama, dan pelepasan maksimumnya lebih dari 70% baik pada medium air dan tanah. Berdasarkan perlakuan terbaik, pemuatan pupuk sebanyak dua kali pada hidrogel berpeluang untuk diterapkan pada tanah dengan kondisi kurang unsur hara.

Kata kunci: enkapsulasi, gelasi ionik, nanopartikel, pelepasan pupuk, pemuatan dua kali urea



SUMMARY

MUHAMMAD ARUL JALAL. Hydrogel based on CMC/AAC-AAm/Chitosan nanoparticle as urea slow release fertilizer matrix. Supervised by MERSI KURNIATI dan CHRISTINA WINARTI.

The presence of urea fertilizer residues in the soil can hurt soil quality. Hydrogel can reduce the amount of fertilizer residues released into the soil with a slow fertilizer release technique. Trapping fertilizer twice is expected to make the fertilizer slower in releasing fertilizer using chitosan nanoparticles (CS) as the first trap and hydrogel as the second trap.

This study aims to produce controlled release urea fertilizer based on double loading urea from chitosan nanoparticles into CMC/AAC-AAm hydrogel, identify the effect of chitosan concentration on the diameter size, porosity, and fertilizer loading on nanoparticles (CS-Urea), and analyze the release of urea fertilizer loaded twice in CS-Urea and CMC/AAC-AAm hydrogel to achieve the slow release fertilizer category.

The average diameter of CS-Urea particles is 140.53 nm-787.53 nm. Sizes below 200 nm can be categorized as nanoparticles. Surface morphology analysis shows that CS-urea nanoparticles have a porous structure with a 75% -78% porosity level. CS-urea shows the presence of N-H functional groups bound to chitosan, C-N bound to urea, and ionic cross-linking agent sodium tripolyphosphate (NaTPP), as well as aromatic nitro compounds, indicating an interaction between chitosan and ionic cross-linking agent NaTPP. The swelling of hydrogels with CS-Urea was obtained in the range of 9844% -18120%, while hydrogels without CS-Urea were 6284% -12089%, with a kinematic model including fickian diffusion, air movement following the air potential gradient from high to low and also its rate is lower than polymer chain relaxation.

Adding CS-Urea can increase hardness and adhesion in the mechanical properties of hydrogels. However, it does not provide changes in compactness. The FTIR spectrum of the hydrogel shows a difference in the strength of the cross-links formed, namely the hydroxyl group -OH in hydrogels with CS-Urea and without CS-Urea. The results of the urea fertilizer release test by hydrogel in water and soil media with CS-Urea can release fertilizer for 11-15 days in water media and 14-20 days in soil media, while hydrogel without CS-Urea for 9-12 days in water media and 13-17 days in medium soil. Adding CS-Urea can improve the hydrogel's performance and slow the fertilizer's release. Overall, the Higuchi model sample is most suitable for explaining fertilizer release.

The best hydrogel is the CS 0.5% sample; AAC/AAm:CMC ratio 1:2 and MBA 2% with the amount of fertilizer released in 24 hours less than 15%, the longest fertilizer release time, and maximum release of more than 70% in both air and soil media. According to the best treatment, loading fertilizer twice has the potential to be applied to soil that is deficient in nutrients.

Keywords: double loading urea, encapsulation, fertilizer release, ionik gelation, nanoparticle



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

HIDROGEL BERBASIS CMC/AAc-AAm/KITOSAN- NANOPARTIKEL SEBAGAI MATRIKS PUPUK PELEPAS LAMBAT UREA

MUHAMMAD ARUL JALAL

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Biofisika.

**PROGRAM STUDI BIOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

- 1 Prof. Dr. Ir. Titi Candra Sunarti, M.Si
- 2 Dr. Erus Rustami, S.Si., M.Si



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Tesis : Hidrogel berbasis CMC/AAC-AAm/Kitosan Nanopartikel sebagai matriks pupuk pelepas lambat urea
Nama : Muhammad Arul Jalal
NIM : G7501222005

Disetujui oleh

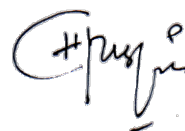
Pembimbing 1:
Dr. Mersi Kurniati, S.Si., M.Si

Pembimbing 2:
Dr. Ir. Christina Winarti, MA



Digitally signed by:
Mersi Kurniati

Date: 11 Jul 2025 12:05:08 WIB
Verify at disign.ipb.ac.id



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Mersi Kurniati, S.Si., M.Si
NIP 196811171998022001

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si
NIP 197807232007011001



Digitally signed by:
Mersi Kurniati

Date: 11 Jul 2025 12:05:08 WIB
Verify at disign.ipb.ac.id



Digitally signed by:
Berry Juliandi

Date: 11 Jul 2025 15:53:20 WIB
Verify at disign.ipb.ac.id

Tanggal Ujian:
(19 Juni 2025)

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan November 2023 sampai bulan November 2024 ini ialah ilmu keteknikan, teknologi, dan perencanaan, dengan judul “Hidrogel berbasis CMC/AAC-AAm/Kitosan Nanopartikel sebagai matriks pupuk pelepas lambat urea”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. Mersi Kurniati, S.Si., M.Si dan Dr. Ir. Christina Winarti, MA yang telah membimbing dan banyak memberi saran dan masukan dalam proses penyelesaian tesis ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Tidak lupa terima kasih kepada seluruh dosen dan staff departemen fisika IPB atas bantuan selama penulis menyelesaikan pendidikannya. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Lembaga Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN) yang telah memfasilitasi karakterisasi sampel selama penelitian.

Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah (Hafid), ibu (Mulukia), kakak (Muhammad Fajri Ramadhan), adik (Nur Fitri Ramadhan), dan bibi (Hasnia Arami) serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya selama penulis melakukan kegiatan perkuliahan di IPB. Terima kasih juga kepada teman-teman magister Biofika khususnya Cindyawati, Noval Ortesin, dan Dicki Rachman yang telah membantu dalam kegiatan perkuliahan selama menempuh Pendidikan di IPB.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2025

Muhammad Arul Jalal



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Hipotesis	5
METODE	6
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	6
2.2 Alat dan Bahan	6
2.3 Prosedur Kerja	6
2.4 Analisis data	12
HASIL DAN PEMBAHASAN	13
3.1 Nanopartikel kitosan memuat urea (CS-Urea)	13
1. Ukuran diameter nanopartikel CS-Urea	13
2. Identitas gugus fungsi CS-Urea	15
3. Morfologi permukaan dan porositas CS-Urea	16
4. Jumlah pupuk termuat di CS-Urea	18
3.2 Hidrogel CMC/AAC-AAm memuat nanopartikel kitosan (CS-Urea)	19
1. Rasio <i>swelling</i> atau <i>equilibrium of swelling</i> (EDS) hidrogel	20
2. Kinetika <i>swelling</i> dan koefisien difusi	23
3. Sifat mekanik hidrogel	24
4. Identifikasi gugus fungsi hidrogel	26
5. Morfologi area cross-section dan porositas hidrogel	27
6. Jumlah pupuk urea termuat di hidrogel	30
7. Pelepasan pupuk urea pada medium air dan tanah	31
8. Kinetika pelepasan pupuk urea pada medium air dan tanah	34
9. Hubungan antar parameter pengujian terhadap pelepasan pupuk	39
SIMPULAN DAN SARAN	42
4.1 Simpulan	42
4.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	50
RIWAYAT HIDUP	63

DAFTAR TABEL

1	Beberapa penelitian hidrogel berbasis polimer sintetik sebagai matriks pupuk lepas lambat	1
2	Beberapa penelitian hidrogel berbasis kombinasi polimer alami dan sintetik sebagai matriks pupuk lepas lambat	2
3	Desain percobaan untuk sintesis nanopartikel kitosan memuat pupuk urea (CS-Urea)	7
4	Desain percobaan untuk sintesis hidrogel	8
5	Pengukuran diameter partikel menggunakan PSA serta hasil uji statistik	14
6	Tingkat porositas CS-Urea serta hasil uji statistik	16
7	Persentase pemuatan pupuk urea pada berbagai konsentrasi kitosan serta hasil uji statistik	19
8	Nilai <i>mean swelling</i> dan lama <i>swelling</i> setiap variasi hidrogel	22
9	Nilai komponen kinetika <i>swelling</i> hidrogel	24
10	<i>Hardness</i> , <i>cohesiveness</i> , dan <i>adhesiveness</i> hidrogel	25
11	Tingkat porositas hidrogel CMC/AAC-AAm berdasarkan konsentrasi kitosan	29
12	Persentase pemuatan pupuk urea dalam hidrogel CMC/AAC-AAm pada berbagai konsentrasi kitosan	31
13	Konsentrasi pupuk urea dan absorbansi	31
14	Nilai parameter pelepasan pupuk urea hidrogel pada medium air	34
15	Nilai parameter pelepasan pupuk hidrogel pada medium tanah	34
16	Model pelepasan pupuk urea hidrogel pada medium air	36
17	Model pelepasan pupuk urea hidrogel pada medium tanah	36

DAFTAR GAMBAR

1	Desain rancangan pelepasan pupuk di medium air	11
2	Desain rancangan pelepasan pupuk di medium tanah	11
3	Ilustrasi metode gelas ionik CS-Urea menggunakan agen ikat silang ionik NaTPP	13
4	Hasil sintesis nanopartikel kitosan: CS(0,5) (a); CS(0,6) (b); CS(0,7)(c)	13
5	Distribusi ukuran diameter partikel nanopartikel CS-Urea berdasarkan konsentrasi kitosan: CS(0,5) (a); CS(0,6); (b); CS(0,7) (c)	14
6	Grafik analisis spektrum spektroskopi FTIR CS-Urea untuk setiap konsentrasi	15
7	Foto SEM sampel CS-Urea setiap konsentrasi: perbesaran 500x (a,c,e) dan perbesaran 5000x (b,d,f) untuk konsentrasi CS 0,5; 0,6; dan 0,7% secara berurutan	16
8	Hasil foto SEM sampel CS-Urea dengan perbesaran 5000x untuk konsentrasi: 0,5% (a); 0,6% (c); 0,7% (e) dan grafik tiga dimensi porositas sampel CS-Urea 0,5% (b); 0,6% (d); 0,7% (f)	17
9	Skema interkasi CS dengan NaTPP pada gelas ionik	18
10	Ilustrasi sintesis hidrogel CMC/AAC-AAm/ memuat CS-Urea	19
11	Mekanisme <i>swelling</i> pada hidrogel	20

12	Sampel hidrogel AKM sebelum <i>swelling</i> (a) dan setelah (<i>swelling</i>) (b)	20
13	Hubungan CS, rasio AAc/AAm : CMC, konsentrasi MBA terhadap nilai <i>swelling</i> (a, b, c) dan lama <i>swelling</i> (d, e, f)	21
14	Hubungan antara lama perendaman terhadap <i>swelling</i> hidrogel berdasarkan konsentrasi kitosan: 0,5% (a); 0,6% (b); 0,7% (c); tanpa CS (d)	23
15	Prinsip kerja <i>texture analyzer</i> (a); Grafik analisis uji <i>texture</i> (b)	25
16	Grafik analisis spektrum spektroskopi FTIR hidrogel: dengan CS-Urea (a); tanpa CS-Urea (b)	27
17	Morfologi <i>cross-section area</i> hidrogel pada perbesaran 500x sebelum diterapkan pada medium pelepasan menggunakan SEM berdasarkan konsentrasi kitosan: 0,5% (a); 0,6% (b); 0,7% (c); kontrol tanpa kitosan (d)	28
18	Morfologi <i>cross-section area</i> hidrogel pada perbesaran 2000x setelah diterapkan pada medium air menggunakan SEM berdasarkan konsentrasi kitosan: 0,5% (a); 0,6% (b); 0,7% (c); kontrol tanpa kitosan (d)	29
19	Morfologi <i>cross-section area</i> hidrogel pada perbesaran 2000x setelah diterapkan pada medium tanah menggunakan SEM berdasarkan konsentrasi kitosan: 0,5% (a); 0,6% (b); 0,7% (c); kontrol tanpa kitosan (d)	30
20	Kurva standar konsentrasi pupuk urea terhadap absorbansi	31
21	Wadah uji pelepasan pupuk urea: medium air (a); tanah (b)	32
22	Ilustrasi medium pelepasan pupuk	32
23	Konduktivitas hidrolis saturasi jenis-jenis tanah	33
24	Model-model kinetika pelepasan	35
25	Pendekatan <i>pseudo-steady state</i> yang diterapkan untuk derivasi persamaan Higuchi	35
26	Grafik waktu pelepasan 0-24 jam (<i>kiri</i>) dan waktu 24-384 jam (<i>kanan</i>) terhadap pelepasan pupuk urea pada medium air berdasarkan konsentrasi kitosan: 0,5% (a); 0,6% (b); 0,7% (c); tanpa CS (d)	37
27	Grafik waktu pelepasan 0-24 jam (<i>kiri</i>) dan waktu 24-384 jam (<i>kanan</i>) terhadap pelepasan pupuk urea pada medium tanah berdasarkan konsentrasi kitosan: 0,5% (a); 0,6% (b); 0,7% (c); tanpa CS (d)	38
28	Grafik hubungan konsentrasi CS terhadap: pelepasan 24 jam (a); pelepasan max (b); lama pelepasan (c)	39
29	Grafik hubungan rasio AAc/AAm:CMC terhadap: pelepasan 24 jam (a); pelepasan max (b); lama pelepasan (c)	40
30	Grafik hubungan konsentrasi MBA terhadap: pelepasan 24 jam (a); pelepasan max (b); lama pelepasan (c)	41

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Diagram alir sintesis nanopartikel kitosan memuat pupuk urea (CS-Urea)	51
2	Lampiran 2 Diagram alir sintesis hidrogel CMC/AAc-AAm memuat CS-Urea	52
3	Lampiran 3 Rancangan percobaan	53

4	Lampiran 4 Uji ANOVA pengaruh konsentrasi kitosan terhadap diameter partikel pada CS-Urea	54
5	Lampiran 5 Uji ANOVA pengaruh konsentrasi kitosan terhadap porositas partikel pada CS-Urea	55
6	Lampiran 6 Uji ANOVA pengaruh konsentrasi kitosan terhadap pemuatan pupuk urea pada CS-Urea	56
7	Lampiran 7 Uji statistik <i>swelling</i> hidrogel dengan CS-Urea dan tanpa CS-Urea	57
8	Lampiran 8 Uji statistik parameter kinetika <i>swelling</i> hidrogel dengan CS-Urea dan tanpa CS-Urea	58
9	Lampiran 9 Uji statistik parameter sifat mekanik hidrogel dengan CS-Urea dan tanpa CS-Urea	59
10	Lampiran 10 Uji statistik lama pelepasan pupuk urea pada hidrogel dengan CS-Urea dan tanpa CS-Urea	60
11	Lampiran 11 Uji statistik konsentrasi kitosan terhadap pemuatan pupuk urea pada hidrogel	61
12	Lampiran 12 Dokumentasi penelitian	62



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University