

**PEMBUATAN PUPUK LEPAS LAMBAT NITROGEN
BERBASIS SILIKA SEKAM PADI-KITOSAN-ASAM FULVAT-
UREA**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat guna memperoleh
Gelar Sarjana Sains dalam Ilmu Kimia



Disusun oleh : **Muhammad Iqbal Azmi**

NIM : 1908036006

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG**

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Iqbal Azmi

NIM : 1908036006

Jurusan : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

PEMBUATAN PUPUK LEPAS LAMBAT NITROGEN BERBASIS SILIKA SEKAM PADI-KITOSAN-ASAM FULVAT-UREA

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/ karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 26 Juni 2023

Pembuat Pernyataan



Muhammad Iqbal Azmi

NIM. 1908036006



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA UNIVERSITAS ISLAM
NEGERI WALISONGO FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Prof. Dr. Hamka Ngaliyan Semarang Telp. 024-76433366 E-mail: fst@walisongo.ac.id Web:
<http://fst.walisongo.ac.id>

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : **Pembuatan Pupuk Lepas Lambat Nitrogen berbasis Silika Sekam
Padi-Kitosan-Asam Fulvat-Urea**

Penulis : **Muhammad Iqbal Azmi**

NIM : 1908036006

Jurusan : Kimia

Telah diujikan dalam sidang *tugas akhir* oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Kimia.

Semarang, 04 Juli 2022

DEWANPENGUJI

Ketua Sidang

Mulyatun, M.Si

NIP. 198305042011012008

Sekretaris Sidang

Rais Nur Latifah, M.Si

NIP. 199203042019032019

Penguji I

Mutista Hafshah, M.Si

NIP. 199401022019032015

Penguji II

Ana Mardliyah, M.Si

NIP. 198905252019032019



Pembimbing I

Zidni Azizati, M.Sc

NIP. 199011172018012001

Pembimbing II

Mulyatun, M.Si

NIP. 198305042011012008

NOTA DINAS

Semarang, 21 Juni 2023

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo
di Semarang

Assalamu'alaikum. Wr. Wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : **Pembuatan Pupuk Lepas Lambat Nitrogen
berbasis Silika Sekam Padi-Kitosan-Asam
Fulvat-Urea**

Penulis : **Muhammad Iqbal Azmi**

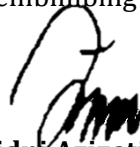
NIM : 1908036006

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diajukan dalam sidang Munaqasyah.

Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.

Pembimbing I,



Zidni Azizati, M.Sc

NIP. 199011172018012001

NOTA DINAS

Semarang, 21 Juni 2023

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo
di Semarang

Assalamu'alaikum. Wr. Wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : **Pembuatan Pupuk Lepas Lambat Nitrogen
berbasis Silika Sekam Padi-Kitosan-Asam
Fulvat-Urea**

Penulis : **Muhammad Iqbal Azmi**

NIM : 1908036006

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diajukan dalam sidang Munaqasyah.

Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.

Pembimbing II,



Mulyatun, M. Si

NIP. 198305042011012008

PEMBUATAN PUPUK LEPAS LAMBAT NITROGEN BERBASIS SILIKA SEKAM PADI-KITOSAN-ASAM FULVAT- UREA

Muhammad Iqbal Azmi

NIM. 1908036006

ABSTRAK

Pupuk urea menjadi salah satu penyedia nutrisi yang dibutuhkan tanaman, kandungan nitrogen di dalamnya menjadikan urea dibutuhkan dalam jumlah yang besar. Kebutuhan tersebut tidak diimbangi dengan kemampuan pupuk dalam mempertahankan kandungan nitrogen dalam waktu lama karena adanya proses *leaching* (pencucian) oleh air tanah. Oleh karena itu, pembuatan pupuk lepas lambat silika sekam padi-kitosan-asam fulvat-urea untuk meningkatkan ketahanan pupuk sehingga nitrogen dapat terlepas secara perlahan. *Beads* silika-kitosan-urea dibuat pada berbagai variasi komposisi silika-kitosan, yaitu 1:2, 1,5:1,5, 2:1. Variasi terbaik akan disintesis dengan ditambahkan asam fulvat dengan variasi konsentrasi 5%, 4%, dan 3%. Adapun hasil karakterisasi FTIR *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea menunjukkan serapan pada bilangan gelombang 1092,41 cm^{-1} , 1674,52 cm^{-1} , 1624,57 cm^{-1} , dan 3443,88 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi gugus Si-O-Si, C=O amida, C=O karboksilat dan NH. Hasil *beads* yang paling optimal yaitu dengan komposisi silika-kitosan 2:1 dengan penambahan asam fulvat 5% yang dibuktikan dengan grafik pelepasan nitrogen yang paling baik. Pola pelepasan nitrogen dalam medium air diawali dengan pelepasan cepat dan diikuti dengan pelepasan lambat.

Kata kunci : *silika, kitosan, asam fulvat, lepas lambat nitrogen.*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmaaniirahim

Alhamdulillahirrobbil'alamiin segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul : “Pembuatan Pupuk Lepas Lambat Nitrogen Berbasis Silika Sekam Padi-Kitosan-Asam Fulvat-Urea” dengan sebaik-baiknya. Sholawat serta salam semoga terlimpah pada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang diutus untuk menyempurnakan akhlaq manusia, dan yang kita nantikan syafaatnya di hari akhir kelak.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak lepas dari adanya bimbingan, motivasi, serta do'a dari berbagai pihak, maka dari itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Rektor UIN Walisongo Semarang, Bapak Prof. Dr. H. Imam Taufiq, M.Ag
2. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang, Bapak Dr. H. Ismail, M.Ag yang sekaligus pembimbing IKAMI Semarang
3. Ketua dan Sekretaris Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, Ibu Dr. Hj. Malikhatul Hidayah, S.T., M.Pd dan Ibu Mulyatun, S.Pd., M.Si.

4. Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan penuh, arahan, dan motivasi kepada penulis, Ibu Zidni Azizati, M.Sc dan Ibu Mulyatun, S.Pd., M. Si.
5. Dosen Wali Studi Ibu Ika Nur Fitriani, M.Sc yang senantiasa membimbing dan mengarahkan penulis dari awal masa kuliah sampai akhir studi.
6. Segenap Dosen FST terkhusus jurusan Kimia UIN Walisongo Semarang, yang telah memberikan berbagai pengetahuan dan pengalaman selama dibangku perkuliahan.
7. Kedua orang tua penulis Bapak Abdulloh dan Ibuk Faridatun Ni'mah yang senantiasa memberikan semangat, dukungan mental, kasih sayang, mendidik dengan tulus, dan senantiasa mendoakan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di UIN Walisongo Semarang.
8. Adik kandungku tercinta Syakira Fauzia Rahmah yang senantiasa menghibur dan memberi dukungan terhadap penulis saat masa studi di UIN Walisongo.
9. Teman-teman seperjuangan Kimia Angkatan 2019 yang telah menunjukkan arti dari sebuah persahabatan dan memberikan semangat dalam perkuliahan.
10. Keluarga besar IKAMI (Ikatan Keluarga Alumni Ma'had Islam Attanwir), pengurus HMJ (Himpunan Mahasiswa

Jurusan) Kimia, Tim KKN MIT 16 Posko 80, dan pengurus DEMA (Dewan Eksekutif Mahasiswa) Fakultas Sains dan Teknologi tahun 2022 yang telah berjuang bersama dan memberikan semangat kepada penulis.

11. Kang-kang Pondok Pesantren Daarun Najaah, terkhusus Angkatan 2019 yang telah menemani hari-hari penulis selama studi di UIN Walisongo Semarang.
12. Diri sendiri yang telah berjuang sampai sejauh ini sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
13. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebut satu per satu.

Kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan moral, maupun spiritual yang tidak dapat disebutkan satu per satu penulis ucapkan terimakasih. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar bisa lebih baik lagi. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi penulis sendiri khususnya dan para pembaca pada umumnya. Aamiin.

Semarang, 21 Juni 2023

Penulis



Muhammad Iqbal Azmi
NIM. 1908036006

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	Error! Bookmark not defined.
PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
NOTA DINAS	iv
NOTA DINAS	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	7
C. Tujuan Penelitian.....	8
D. Manfaat Penelitian	8
BAB II	10
TINJAUAN PUSTAKA.....	10
A. Landasan Teori.....	10
B. Karakterisasi.....	27
C. Kajian Riset yang Relevan	33
D. Hipotesis	36

BAB III.....	37
METODE PENELITIAN	37
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	37
B. Alat dan Bahan.....	37
C. Prosedur Kerja.....	38
BAB IV.....	45
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	45
A. Preparasi Silika (Abu Sekam Padi).....	45
B. <i>Beads</i> Silika-Kitosan-Urea	50
C. Analisis Kadar Urea dalam <i>Beads</i> silika-kitosan-urea.....	56
D. Pengujian Lepas Lambat <i>Beads</i> silika-kitosan-urea ..	61
E. <i>Beads</i> silika-kitosan-asam fulvat-urea	67
F. Pengujian Lepas Lambat <i>Beads</i> silika-kitosan-asam fulvat-urea.....	76
BAB V	82
KESIMPULAN DAN SARAN	82
A. Kesimpulan.....	82
B. Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	95
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	134

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Urea pa.	10
Gambar 2.2	Sekam Padi	13
Gambar 2.3	Struktur Kitosan	18
Gambar 2.4	Struktur Asam Fulvat	21
Gambar 2.5	Instrumen Spektrofotometer UV-Vis	28
Gambar 2.6	Instrumen FTIR	31
Gambar 2.7	Spektrum FTIR Urea (a), pupuk silika (b), pupuk kitosan (c), dan pupuk urea-silika-kitosan (d)	32
Gambar 4.1	Hasil sintesis silika dari sekam padi	47
Gambar 4.2	Spektrum FTIR Silika (SiO ₂)	48
Gambar 4.3	<i>Beads</i> silika-kitosan-urea. (A) variasi 1:2. (B) variasi 1,5:1,5. (C) variasi 2:1.	50
Gambar 4.4	Spektrum FTIR <i>beads</i> silika-kitosan-urea. (a) variasi 1:2. (b) variasi 1,5:1,5. (c) variasi 2:1	51
Gambar 4.5	Reaksi p-DAB dengan urea	57
Gambar 4.6	Kurva standar urea	58
Gambar 4.7	Jumlah urea dalam <i>beads</i> silika-kitosan-urea	59
Gambar 4.8	Ikatan hidrogen silika urea	60
Gambar 4.9	Lepas lambat nitrogen dalam media air variasi komposisi 1:2; 1,5:1,5; dan 2:1	62
Gambar 4.10	<i>Beads</i> silika-kitosan-asam fulvat-urea. (A) variasi 3%. (B) variasi 4%. (C) variasi 5%	68
Gambar 4.11	Spektrum FTIR <i>beads</i> silika-kitosan-asam fulvat-urea. (a) variasi 5%. (b) variasi 4%. (c) variasi 3%. (d) urea pa. (e) asam fulvat	69

Gambar 4.12	Jumlah urea dalam <i>beads</i> silika- kitosan-asam fulvat-urea	77
Gambar 4.13	Lepas lambat nitrogen dalam media air variasi asam fulvat 5%, 4%, dan 3%	79

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 4.1	Perbandingan spektrum FTIR hasil sintesis dengan referensi	48
Tabel 4.2	Spektrum hasil uji FTIR <i>Beads</i> silika-kitosan-urea variasi 1:2; 1,5:1,5; 2:1	52
Tabel 4.3	Spektrum uji FTIR <i>Beads</i> silika-kitosan-asam fulvat-urea variasi 3%, 4%, 5% dan urea pa.	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1	Skema kerja penelitian	95
Lampiran 2	Perhitungan Jumlah urea dan lepas lambat nitrogen	100
Lampiran 3	Dokumentasi	132

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penggunaan pupuk mengalami peningkatan secara signifikan dengan adanya program pemerintah dalam meningkatkan hasil produksi tanaman. Pupuk yang biasa dipilih petani adalah pupuk urea, penggunaan pupuk urea cukup praktis dan mengandung nitrogen yang termasuk dalam unsur hara makro yang meliputi nitrogen, fosfor, dan kalium (NPK) yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar. Kandungan hara makro pada pupuk urea tersebut memberikan perubahan yang cepat pada proses pertumbuhan, penghijauan daun dan pembuahan yang terjadi (APPI, 2018). Pupuk urea merupakan pupuk dari senyawa kimia organik dengan struktur $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Pupuk urea merupakan sumber nitrogen yang tinggi dengan kadar nitrogen mencapai 46% dengan kelarutan yang tinggi (Ronaldo, 2018).

Kebutuhan yang tinggi tanaman akan pupuk yang mengandung nitrogen tidak diimbangi dengan kemampuan pupuk untuk mempertahankan kandungan nitrogennya dalam waktu yang lama, urea bersifat higroskopik sehingga unsur nitrogen akan hilang dalam proses volatilisasi, alkilasi, dan denitrifikasi. Unsur

nitrogen yang hilang sekitar 50 – 70% dari pupuk urea karena proses pencucian oleh air (*leaching*). Proses tersebut dapat memberikan dampak kurang baik pada tanah seperti halnya amonium yang dilepaskan oleh urea akan terkontaminasi dengan tanah pertanian yang mengalami denitrifikasi menjadi nitrat, nitrat yang teralkilasi akan menyebabkan pencemaran tanah. Selain itu, hilangnya unsur nitrogen juga akan mengurangi efektivitas penyerapan tanaman terhadap unsur nitrogen dan efektivitas pupuk urea menjadi berkurang. Berdasarkan permasalahan tersebut, dibutuhkan adanya penanganan terhadap pupuk urea sehingga unsur nitrogen tidak mudah hilang dan tanaman dapat menyerap secara efisien kandungan dari pupuk urea dalam media tanah (Beig *et al.*, 2020).

Salah satu alternatif yang dapat dilakukan terhadap permasalahan tersebut adalah dengan memodifikasi pupuk urea menjadi pupuk lepas lambat sehingga akan mengurangi limbah dan pencemaran terhadap lingkungan. Selain itu, modifikasi pupuk urea juga akan mengontrol pelepasan unsur hara yang terdapat dalam pupuk agar dapat dilepas secara perlahan dalam jangka waktu yang lebih lama. Sehingga penyerapan tumbuhan terhadap kandungan pada pupuk

urea akan lebih stabil dan maksimal, khususnya pada unsur N. Pupuk lepas lambat nitrogen dapat dibuat melalui dua cara, yaitu pelapisan (*coating*) maupun pertukaran ion (Li *et al.*, 2019).

Pembuatan pupuk lepas lambat sudah dilakukan beberapa peneliti sebelumnya baik dengan pelapisan maupun enkapsulasi, antara lain Sita (2019) telah melakukan sintesis bentonit kitosan sebagai material penukar ion pupuk lepas lambat, dan hasilnya pupuk urea dapat lepas secara perlahan dalam 150 menit dengan konsentrasi 20 mmol/L. Purnamasari *et al.* (2012) yang dapat memodifikasi urea menjadi pupuk lepas lambat dengan pelapisan oleh asetildehid. Pelapisan juga telah dilakukan oleh Yerizam *et al.* (2017) yang memodifikasi urea menjadi pupuk lepas lambat menggunakan *fly ash* batu bara, dan hasilnya diperoleh urea dapat lepas secara keseluruhan melebihi 15 jam (Yerizam *et al.*, 2017)

Silika dapat ditemukan dari sumber kimia maupun sumber alami (biomassa), biomassa yang memiliki kandungan silika cukup banyak meliputi daun bambu dan sekam padi. Menurut Trivana *et al.*, (2015) kandungan silika dalam sekam padi sangat tinggi, yaitu mencapai 86,90-97,30% dan disusul senyawa Al_2O_3

dengan persentase 0,61%. Kandungan silika yang cukup besar memungkinkan sekam padi digunakan sebagai sumber produksi silika (Trivana *et al.*, 2015).

Besarnya jumlah kandungan silika dalam sekam padi dapat memberikan manfaat tersendiri khususnya dalam memperoleh silika dari bahan alami (Nascimento *et al.*, 2016). Silika memiliki ukuran yang kecil, bersifat hidrofilik dan berstruktur amorf yang dapat menghambat mekanisme pelepasan pupuk urea nitrogen. Gel silika mengandung sejumlah besar gugus silanol, dimana gugus tersebut dapat membentuk ikatan hidrogen dengan gugus $\text{-NH}_2\text{CONH-}$ dari urea (Xiang *et al.*, 2018). Namun, silika akan mengalami pelarutan oleh air tanah saat digunakan sebagai pelapis urea sebagai pupuk lepas lambat, maka perlu dilapisi dengan senyawa yang sukar larut dalam air untuk mengurangi kelarutan silika dalam air tanah (Lasindrang, 2014).

Penambahan senyawa organik yang sukar larut dalam air berupa kitosan pada pupuk urea lepas lambat diharapkan dapat menjadi solusi kelemahan tersebut, dimana kitosan dapat mengurangi kelarutan silika dalam air tanah. Salah satu manfaat lain dari kitosan yaitu sebagai penghalang fisik laju difusi air ke dalam pupuk inti yang akan meningkatkan kapasitas lepas lambat pada

pupuk urea lepas lambat. Pengaruh penambahan silika dan kitosan pada pembuatan pupuk lepas lambat hanya terbatas pada tumbuhan yang dipupuk saja, namun tidak mempengaruhi kondisi tanah sebagai media tanam, sehingga perbaikan kualitas tanah perlu dikembangkan (Indriyanti, 2019).

Inovasi dalam penelitian ini adalah dengan ditambahkan asam fulvat pada pupuk lepas lambat. Penggunaan pupuk lepas lambat yang berlebihan tidak dianjurkan karena akan menimbulkan tumpukan sisa senyawa kimia dalam tanah, maka diperlukan optimasi berupa penambahan asam fulvat. Penambahan asam fulvat diharapkan mampu mengoptimalkan kinerja pupuk lepas lambat dengan menambah kemampuan lepas lambat nitrogen dari pupuk lepas lambat (Savana *et al.*, 2017). Asam fulvat dapat menjaga pH tanah/media pupuk dalam rentang pH rendah, sehingga akan menghambat proses hidrolisis urea yang menghasilkan nitrat. Hal tersebut tentunya akan mengurangi pencemaran tanah akan kandungan nitrat. Asam fulvat akan membantu dalam meningkatkan pelepasan lambat nitrogen dalam media air dengan menahan berubahnya amonium menjadi amonia yang mudah menguap,

sehingga pelepasan nitrogen dalam urea akan lebih terkontrol (Li *et al.*, 2021).

Tujuan utama dari pembuatan pupuk ini adalah untuk meningkatkan kualitas tanaman agar menjadi tanaman subur. Tanaman yang tumbuh baik juga merupakan bentuk keridhoan Allah SWT. atas makhluknya, terkhusus pada orang yang menanam tanaman tersebut. Tanaman subur merupakan bentuk rizki dari Allah SWT. yang senantiasa harus kita syukuri. Hal tersebut berkaitan dengan firman Allah yang berbunyi :

وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ يَخْرُجُ نَبَاتُهُ بِإِذْنِ رَبِّهِ وَالَّذِي خَبثَ لَا يَخْرُجُ إِلَّا نَكِدًا
كَذَلِكَ نُصَرِّفُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَشْكُرُونَ (الأعراف : 58)

Yang artinya : *“Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan izin Tuhan; dan tanah yang buruk, tanaman-tanamannya yang tumbuh merana. Demikianlah Kami menjelaskan berulang-ulang tanda-tanda (kebesaran Kami) bagi orang-orang yang bersyukur”* (Qs. Al-A'raf : 58).

Menurut Syaikh Jalaluddin Muhammad bin Ahmad al-Mahalli dan Syaikh Jalaluddin As-Suyuthi dalam kitabnya Tafsir Jalalain menafsirkan bahwa tanah yang

baik dan subur menandakan tanah dari hamba yang taat dan bermanfaat bagi sesama. Sedangkan tanah yang buruk merupakan tanah dari sekelompok orang yang kufur terhadap nikmat yang diberikan Allah. Begitu jelas Allah menjelaskan bagi hambanya akan bukti-bukti kekuasaan-Nya, maka dari itu bersyukur selalu menjadi hal terdepan dalam menjalani kehidupan ini (Jalaluddin, 2017).

Berdasarkan uraian tersebut, peneliti ingin mensintesis pupuk lepas lambat berbasis silika sekam padi - kitosan - asam fulvat - urea, dimana silika dan kitosan akan berperan dalam mengontrol pelepasan nitrogen pada pupuk urea. Proses sintesis ini akan divariasi dengan penambahan asam fulvat sebagai upaya pengoptimalan pupuk lepas lambat nitrogen, sehingga menghasilkan pupuk urea termodifikasi dari limbah sekam padi dalam bentuk *beads* dengan penambahan asam fulvat.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana komposisi terbaik dalam sintesis pupuk lepas lambat nitrogen berbasis silika-kitosan-asam fulvat-urea ?
2. Bagaimana karakteristik produk pupuk lepas lambat nitrogen yang dihasilkan ?
3. Bagaimana aktivitas lepas lambat nitrogen dari pupuk lepas lambat nitrogen berbasis silika sekam padi-kitosan-asam fulvat-urea ?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui komposisi terbaik dalam sintesis pupuk lepas lambat nitrogen berbasis silika-kitosan-asam fulvat-urea
2. Mengetahui karakteristik produk pupuk lepas lambat nitrogen yang dihasilkan
3. Mengetahui aktivitas lepas lambat nitrogen dari pupuk lepas lambat nitrogen berbasis silika sekam padi-kitosan-asam fulvat-urea.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Menambah wawasan tentang kegunaan dan aplikasi silika sekam padi sebagai pelapis urea termodifikasi, dan aplikasi kitosan sebagai material pelindung pupuk akan pelarutan oleh air
2. Menghasilkan produk urea termodifikasi sebagai Pupuk lepas lambat yang diharapkan dapat meningkatkan mutu tanaman dengan proses pelepasan unsur yang lebih lambat.

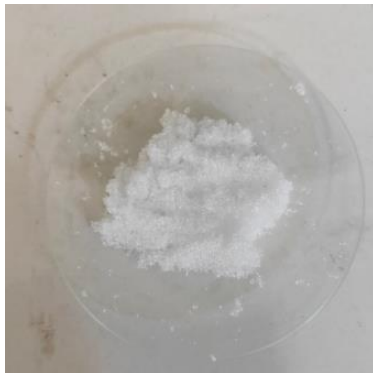
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Urea

Urea (*carbamide*) merupakan padatan kristalin putih dengan rumus kimia $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, sebagian besar kandungannya adalah nitrogen. Urea ini biasanya dalam bentuk curah dan butiran. Senyawa urea memiliki berat jenis 1,33.103 kg/m³ dengan titik leleh 132,7°C. Urea dapat larut baik dalam air dan tidak larut dalam pelarut organik. Urea juga disintesis dalam skala industri dari amonia dan karbondioksida untuk digunakan dalam resin urea-formaldehid (resin sintetik yang mengandung gugus ulang (-NH-CO-O-)) dan obat-obatan, pupuk nitrogen (Ronaldo, 2018). Pupuk urea dapat dilihat dalam Gambar 2.1



Gambar 2. 1 Urea pa.

Urea merupakan pupuk yang bersifat mudah menyerap uap air (higroskopis) yang mengakibatkan urea mudah larut dalam air. Selain itu, urea juga memiliki volatilitas yang cukup tinggi sehingga akan sangat mudah menguap. Tanaman dapat menyerap kandungan nitrogen dari urea dengan mengkonversi urea menjadi amonia, dimana proses tersebut merupakan proses hidrolisis urea. Namun, penggunaan urea dilakukan dengan langsung ditaburkan ke tanah, sehingga proses hidrolisis urea akan lebih cepat dan amonia yang terbentuk akan segera menguap. Nitrogen dari urea yang hilang karena proses penguapan dan terbawa air hujan mencapai 50-60%, hal ini menyebabkan biaya yang dikeluarkan untuk pembelian pupuk lebih besar (Ronaldo, 2018).

Kebutuhan pupuk urea dunia pada tahun 2013 mencapai 109,8 juta ton nitrogen, 42,4 juta ton fosfor, dan 29,4 juta ton kalium (Mukerabigwi *et al.*, 2015). Sementara Indonesia sendiri merupakan salah satu negara yang mengonsumsi pupuk urea dalam jumlah besar. Pada tahun 2012, total permintaan pupuk mencapai 11,1 juta ton. Rata-rata kebutuhan pupuk urea untuk setiap tahunnya mengalami peningkatan sebanyak 6,95%. Pupuk urea memiliki kandungan

unsur nitrogen dalam jumlah besar, yaitu mencapai sekitar 46%. Nitrogen merupakan unsur terpenting yang dibutuhkan tanaman seperti padi, jagung dan lain-lain. Penggunaan pupuk urea yang kurang efektif sendiri menimbulkan masalah, dengan terjadinya proses pencucian oleh air tanah dan penguapan yang menjadi sumber dari polusi dan eutrofikasi serta dapat menimbulkan efek rumah kaca. Sementara itu, tanaman hanya menyerap sekitar 30-50% nitrogen dari urea, dan tentunya akan meningkatkan biaya akibat penggunaan pupuk yang dilakukan berkali-kali (Costa *et al.*, 2013)

2. Sekam Padi

Sekam Padi merupakan salah satu produk sampingan utama yang sering kali tidak dimanfaatkan dengan baik, dan bahkan selalu dibuang setelah proses penggilingan padi. Sekam padi mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin. Struktur luar sekam padi adalah silika yang dilapisi kutikula tebal dan bulu-bulu permukaan. Padi yang dihasilkan dikelilingi dengan sekam khusus untuk membentuk matriks interaksi fisik. Komposisi kimia sekam padi adalah selulosa 40-50%, lignin 25-30%, abu 15-20% dan kadar air 8-15%. Selain itu, sekam padi juga

merupakan sumber silika terbesar, dengan kandungan 85-95% berat kering. Serat organik umum sebagian besar mengandung komposisi yang sama seperti sekam padi. Sekam padi cocok sebagai bahan pengisi dalam komposit polimer karena biayanya yang murah, densitas yang rendah, kekuatan dan modulus spesifik yang tinggi, serta dapat didaur ulang (Al-Samarrai *et al.*, 2018). Penampakan dari sekam padi dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2. 2 Sekam Padi

Sekam padi yang kering umumnya bertekstur agak keras, namun saat terkena air teksturnya akan lebih lembab. Limbah sekam padi memiliki kelimpahan yang cukup banyak, terlebih di negara agraris dimana penduduknya banyak menjadi petani padi. Kandungan silika dalam sekam padi sebanyak 87 – 97% berat kering, setelah dilakukan pembakaran sempurna. Kelimpahan silika dalam sekam padi juga

didukung dengan mudahnya ekstraksi silika dengan biaya yang relatif murah, yakni dapat menggunakan cara ekstraksi alkalis (Handayani *et al.*, 2015). Kandungan Si yang tinggi dari abu sekam padi telah menyebabkan minat penggunaannya sebagai sumber Si untuk tanaman dan untuk produksi berbagai bahan berbasis Si. Abu sekam padi dapat diperoleh dengan mengkalsinasi pada suhu diatas 400°C, sekam padi merupakan limbah dari industri pengolahan beras, terutama digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan panas dan uap yang diperlukan untuk pengeringan dan pra-perebusan butir beras. Abu sekam padi mengandung silika tingkat tinggi (87-97%) serta beberapa alkali (1-5%) (Pode R, 2016).

Beras (*Oriza sativa*), anggota famili *Gramineae*, biasanya merupakan 20– 22% dari total produksinya dalam bentuk sekam padi, dan sebagian besar sekam padi saat ini dibuang oleh industri penggilingan padi sebagai limbah. Menariknya, kandungan SiO tertinggi ditemukan pada kulitnya, dengan rentan variasi dari 8,7% hingga 12,1%, rata-rata mendekati 10,6%. Namun, SiO₂ hadir di sekam padi dalam bentuk amorf terhidrasi mirip dengan yang ada di sebagian besar entitas lain di biosfer. Pembentukan biologis bahan anorganik (misalnya bahan silika) dengan bentuk

kompleks (yaitu biomineral) merupakan fenomena yang tersebar luas di alam (Yafei Shen, 2017).

Sekam padi termasuk penyumbang limbah pertanian yang cukup besar di negara-negara berbasis agro, seperti Cina, India, Indonesia, Brasil, Amerika Serikat dan Kazakhstan. Butir beras terdiri dari sekitar 20% berat sekam padi. Daerah penghasil limbah sekam padi menjadi masalah kesehatan tersendiri terhadap lingkungannya, Perkiraan produksi limbah sekam padi di Indonesia sekitar 40 – 60 juta ton pada tahun 2021. Perhatian terhadap kesehatan lingkungan limbah merupakan isu penting dan multifaktor, sedangkan daur ulang dan pemanfaatan harus menjadi sasaran utama.

Secara tradisional sekam padi akan dibakar atau dibuang di tempat pembuangan sampah, tetapi peraturan lingkungan membatasi praktik ini. Namun demikian, pembakaran di udara terbuka masih dilakukan terutama di negara berkembang yang menyebabkan masalah lingkungan dan kesehatan (Santana *et al*, 2018). Pembakaran sekam padi sebagai bahan bakar pengganti pembangkit listrik merupakan solusi yang digunakan di berbagai bidang industri. Namun, ini menghasilkan sumber limbah baru yang dikenal sebagai abu sekam padi. Karena kandungan

silikanya yang tinggi, sekam padi dianggap sebagai bahan baku yang ekonomis untuk produksi silikat dan bahan silika. sekam padi telah dimanfaatkan di beberapa sektor sebagai bahan konstruksi dalam produksi beton dan bahan bakar pembangkit listrik (Azat *et al.*, 2019).

3. Silika

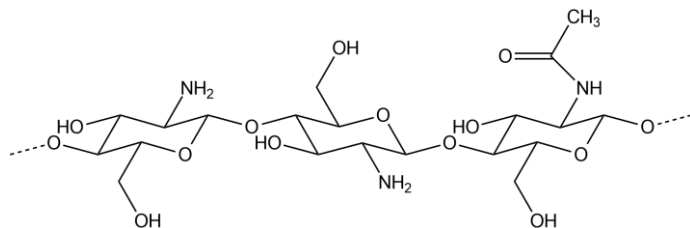
Silika dianggap sebagai bahan anorganik yang sangat penting dan banyak digunakan untuk berbagai aplikasi komersial seperti saringan molekuler, katalis, dan dalam aplikasi biomedis dan listrik. Secara umum, struktur mikro anorganik berpori menarik sebagai partikel dengan kepadatan rendah dan stabil secara termal, dan sebagai struktur enkapsulasi yang tahan secara mekanis. Sintesis kimia bahan silika tidak hanya relatif mahal dan berbahaya bagi lingkungan, tetapi juga memerlukan kondisi sintesis yang ketat. Sebaliknya, biosilisifikasi oleh organisme hidup seperti cyanobacteria, diatom, spons, dan tanaman berlangsung dalam kondisi fisiologis ringan dan menghasilkan keragaman kerangka kerja nanostruktur silika biogenik yang kompleks dan hierarkis (Yafei Shen, 2017).

Abu sekam padi yang kaya silika dapat diperoleh dengan perlakuan termal pada suhu tinggi atau dapat diekstraksi dari sekam padi dalam bentuk natrium silikat dengan metode ekstraksi pelarut. Dalam sebagian besar aplikasi, abu sekam padi lebih disukai dibandingkan dengan sekam padi. Abu sekam padi adalah istilah umum yang menggambarkan semua bentuk abu yang dihasilkan dari sekam padi. Dalam prakteknya, bentuk abu sekam padi yang diperoleh sangat bervariasi menurut suhu. Silika dalam abu sekam padi mengalami transformasi struktural berdasarkan kondisi (waktu, suhu, dll.) pembakaran. Silika amorf terbentuk pada 550–800 °C dan silika kristalin terjadi pada suhu yang lebih besar dari ini. Jenis silika ini memiliki sifat yang berbeda dan penting untuk menghasilkan silika sekam padi dengan spesifikasi yang benar untuk penggunaan akhir tertentu (Sapei *et al.*, 2008). Secara umum, bentuk silika sekam padi berbeda dari fase amorf hingga fase kristal yang berbeda tergantung pada suhu atau perlakuan kimia.

4. Kitosan

Kitosan merupakan turunan dari senyawa kitin yang bersifat hidrofobik atau menolak interaksi

dengan air, selain itu kitosan juga dapat membentuk membran dan film dengan baik (Afif *et al.*, 2018). Kitosan memiliki banyak sifat biologis yang menarik termasuk sifat bakteristatik dan fungistatik, yang berguna untuk pengobatan luka atau luka bakar. Selain itu, juga mempengaruhi fungsi makrofag, mempercepat penyembuhan luka, merangsang proliferasi sel dan organisasi jaringan histoarsitektur. Gugus fungsi dalam kitosan berupa gugus fungsi amina, gugus hidroksil primer dan sekunder yang menjadikan kitosan dapat berperan sebagai biopolimer pencampuran. Adanya gugus fungsi tersebut juga menjadikan kitosan bersifat sangat reaktif sehingga dapat membentuk ikatan hidrogen antar rantai dengan biomaterial lainnya, seperti silika, pati, dll (Dallan *et al.*, 2007). Struktur kitosan dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Struktur Kitosan (Negm et al., 2020)

Senyawa kitin merupakan biopolimer berstruktur mirip dengan selulosa, dengan perbedaan hanya dari

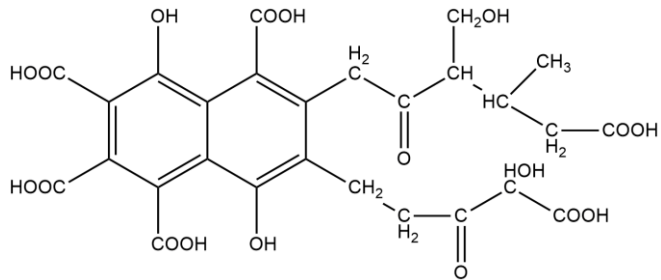
gugus asetamida dengan gugus hidroksil. Senyawa kitin dapat diubah menjadi senyawa lain dengan cara mengubah gugus asetamida (-NHCOCH) pada senyawa kitin menjadi gugus amina (-NH₂) sehingga menjadi senyawa kitosan, seperti halnya struktur kitosan yang dapat dilihat pada Gambar 2.3. Nama lain dari senyawa kitosan adalah β-1,4-2 acetamido-2-dioksi-D-glukosa, proses perubahan tersebut dinamakan dengan proses deasetilasi yang menggunakan suhu tinggi dan alkali berkonsentrasi tinggi. Kitosan umumnya tidak larut dalam air karena bersifat hidrofobik namun sedikit larut dalam HCl (asam klorida) dan HNO₃ (asam nitrat), dan dapat larut dalam beberapa pelarut asam lemah seperti asam asetat dan asam formiat (Cahyono, 2018). Dewasa ini, aplikasi kitosan sering digunakan dalam berbagai bidang, seperti sebagai matriks yang dapat memperbaiki sifat mekanik bioplastik, sebagai adsorben, bahan pengawet buah duku, dan termasuk juga sebagai sediaan pangan.

Selain memiliki banyak kegunaan dan manfaat, karakteristik kimia, mekanik, dan biologisnya juga dapat ditingkatkan dengan modifikasi terhadap strukturnya. Modifikasi yang dilakukan akan menghasilkan turunan kitosan dengan sifat yang

sedikit berbeda dari sebelumnya, turunan dari kitosan berjumlah sangat banyak beberapa diantaranya yaitu, turunan isolasi, kitosanepiklorohidrin, turunan kitosan ionik, turunan kitosan kationik dll (Negm *et al.*, 2020). Menurut (Croisier, 2013) modifikasi kimia kitosan menjadi teknik jitu yang dapat dimanfaatkan untuk pengontrolan interaksi polimer dengan komponen lain, seperti halnya senyawa organik, obat-obatan, ion logam. Modifikasi pada kitosan akan meningkatkan sifatnya secara bersamaan, dengan itu persiapan sistem obat akan terus dapat berkelanjutan (Croisier *et al.*, 2013).

5. Asam Fulvat

Asam fulvat adalah salah satu bagian dari asam humat dengan berat molekul rendah dan larut baik dalam air pada semua pH, dimana asam tersebut tetap larut walaupun zat humiknya dihilangkan asam fulvat merupakan produk akhir dari penguraian lignin tanaman menjadi poliferol (Sabahi *et al.*, 2017). Adapun struktur asam fulvat dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2. 4 Struktur Asam Fulvat (Musthofa *et al.*, 2021)

Senyawa asam fulvat memiliki struktur bermodel senyawa aromatik, senyawa aromatik tersebut mempunyai kemampuan menginduksi ikatan hidrogen pada senyawa H₂O. Hal tersebut dikarenakan adanya medan magnet pada senyawa aromatik tersebut sehingga dapat melemahkan kestabilan ikatan hidrogen. Adanya kelamahan ikatan tersebut nantinya yang akan mencegah H₂O mengikat lebih banyak atom N dari pupuk urea, sehingga asam fulvat dapat mengoptimalkan penggunaan pupuk urea (Musthofa *et al.*, 2021)

Asam Fulvat memiliki efek dapat meningkatkan efek pembalut benih, pencelupan dan penyemprotan akar, dan juga dapat merangsang penyerapan akar. Asam fulvat dapat mempercepat proses perkecambahan biji yang akan meningkatkan pertumbuhan akarnya juga, selain itu asam fulvat

dapat menumbuhkan lebih banyak akar sekunder yang tentunya akar akan semakin banyak. Manfaat dari asam fulvat yang lain adalah dapat meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap air dan unsur hara lain. Asam fulvat memiliki efek stimulasi pada bagian tanaman, dimana menyebabkan pertumbuhan yang cepat baik berupa tinggi tanaman dan kekuatan batang. Aplikasi asam fulvat pada daun tanaman akan menghasilkan pengurangan pembukaan stomata dan transpirasi air yang akan menghambat proses fotosintesis (Geng *et al.*, 2020).

Penggunaan asam fulvat tidak hanya dapat aplikasikan secara langsung, beberapa peneliti telah menggunakan asam fulvat sebagai bahan pelengkap pada sebuah pupuk lepas lambat, khususnya pupuk Urea. Penggunaan Asam Fulvat diharapkan mampu mengoptimasi kinerja pupuk dengan melarutkan sisa-sisa pupuk kimia yang terdapat dalam tanah, membantu menstabilkan pH, dan mengatur penyaluran dan pergerakan unsur hara dalam tanah. Secara objektif, efek asam fulvat terfokuskan terhadap tanah, namun itu juga akan meningkatkan keefektifan suatu pupuk. Asam fulvat juga memiliki nilai kapasitas tukar ion yang lebih tinggi dari pada komponen asam

humat lainnya yang tentunya akan menambah kesuburan tanah (Savana *et al.*, 2017).

Penggunaan asam fulvat dimotivasi dengan adanya jumlah pengotor yang lebih besar yang dijumpai pada penggunaan polifenol tanaman, seperti fenol dan tanin. Masalah tersebut menyebabkan penggunaannya yang terbatas, Sedangkan asam fulvat yang memiliki kesamaan dalam tahapan isolasinya dapat mempengaruhi siklus nitrogen dengan pengotor yang lebih kecil dan menunjukkan potensi yang sangat baik untuk mendorong pertumbuhan tanaman. Secara fisik, asam fulvat dapat memodifikasi struktur tanah dan meningkatkan kapasitas tanah sebagai penahan air sehingga akan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan (Z. Li *et al.*, 2021).

6. Pupuk Lepas Lambat Nitrogen

Pelepasan lambat adalah metode pelepasan bahan aktif sebagai fungsi waktu. Pelepasan bahan aktif dapat dikendalikan oleh pelepasan mikroba atau air dan itu karena sifat kimia bahan. Pupuk merupakan hal penting dalam ketahanan pangan yang dapat menjadi bahan masukan bagi pembangunan berkelanjutan dari produksi tanaman. Pupuk lepas lambat adalah pupuk yang dilapisi dengan bahan lain

untuk melepaskan bahan aktifnya secara perlahan ke dalam tanah dalam jangka waktu tertentu. Metode ini cocok untuk pertanian dan secara konsisten melepaskan nitrogen ke tanaman. Ini juga meningkatkan kualitas tanah, kontrol properti dan tingkat perkecambahan (Al-Samarrai *et al.*, 2018).

Salah satu tujuan terpenting dari manajemen agronomi adalah pengembangan pupuk ramah lingkungan, yang mempromosikan pengelolaan nutrisi yang berkelanjutan untuk memastikan pertumbuhan hasil tanaman. Salah satu metode untuk mengurangi kehilangan nutrisi pupuk melibatkan penggunaan pupuk lepas lambat, yang telah dirancang untuk melepaskan nutrisi secara bertahap ke tanaman pada tingkat yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Keuntungan menggunakan pupuk lepas lambat dibandingkan dengan jenis konvensional sangat beragam, seperti peningkatan efisiensi pupuk, pasokan nutrisi terus menerus untuk waktu yang lama dan penurunan kehilangan nutrisi oleh penguapan dan pencucian ke permukaan dan air tanah (França *et al.*, 2017).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk meningkatkan efisiensi pupuk nitrogen khususnya urea dengan cara memperbesar ukuran, melapisi

pupuk dengan senyawa lain dan memasukkan pupuk ke dalam matriks padat untuk menghasilkan pupuk lepas lambat. Pupuk Lepas Lambat merupakan pupuk yang dirancang untuk melepaskan unsur hara secara terkendali sesuai dengan kebutuhan unsur hara tanaman, sehingga meningkatkan efisiensi penyerapan pupuk yang pada gilirannya akan menurunkan biaya pemupukan dan meningkatkan produktivitas tanaman (Azeem *et al.*, 2014). Pupuk lepas lambat memiliki kemampuan dalam mempertahankan keberadaan unsur hara dalam tanah sehingga dapat mengefektifkan penyerapan tanaman akan unsur hara yang dibutuhkan. Pupuk lepas lambat juga dapat mengontrol pelepasan unsur sesuai dengan jumlah dan waktu yang dibutuhkan tanaman. Perlakuan ini akan menurunkan biaya kebutuhan para petani akan pemberian nutrisi kepada tanaman. Pemupukan yang biasanya dilakukan tiga kali dalam seminggu dapat dilakukan cukup sekali dalam satu bulan (Yerizam *et al.*, 2017)

Sejumlah pupuk lepas lambat telah dikomersialkan selama beberapa dekade terakhir. Ada tiga jenis Pupuk lepas lambat : formulasi tipe matriks merupakan kategori Pupuk lepas lambat terbesar karena fabrikasinya yang sederhana. Kandungan aktif

terdispersi dalam matriks dan berdifusi melalui pori-pori pada fase pembawa. Pupuk berlapis adalah kategori utama kedua dari Pupuk lepas lambat, di mana inti pupuk dikelilingi oleh bahan inert. Pelepasan nutrisi pupuk dikendalikan oleh difusi melalui cangkang. Kategori utama ketiga Pupuk lepas lambat adalah produk pelepasan yang dikendalikan secara kimia, seperti : urea-formaldehida dan polifosfat. Pelepasan jerami, tandan kosong kelapa sawit, kayu, pupuk rami dikendalikan oleh tingkat degradasi, yaitu dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti suhu, pH, ion, berat molekul polimer dan mikroorganisme dalam tanah (Ramli, 2019).

Pupuk lepas lambat nitrogen diklasifikasikan sebagai pupuk alami dengan kandungan nitrogen yang bersumber dari hewan, tumbuhan dan sumber biodegradable yang lain. Jumlah nitrogen yang diambil oleh tanaman menentukan efektivitas pupuk urea dalam kurun waktu tertentu. Terobosan baru pelepasan lambat pupuk nitrogen dianggap sebagai cara terbaik untuk menyediakan pasokan nitrogen secara teratur pada tanaman untuk memenuhi kebutuhan zat besi. Pupuk lepas lambat nitrogen yang sempurna memiliki lapisan bahan polimer organik maupun anorganik yang ramah lingkungan, adanya

bidegradable ikut memperlambat pelepasan nitrogen sehingga kebutuhan mineral untuk pertumbuhan tanaaman akan terpenuhi (Beig *et al.*, 2020).

B. Karakterisasi

1. Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer ultraviolet-tampak merupakan salah satu teknik spektroskopi inframerah yang digunakan untuk analisis larutan senyawa organik dan ion logam kompleks hasil yang akan didapatkan dari analisis akan berupa konsentrasi larutan. Menurut hukum Beer-Lambert, hubungan antara absorbansi larutan dengan konsentrasi spesies penyerap dalam larutan dan panjang lintasan berbanding lurus. Hukum ini juga merupakan prinsip di balik spektroskopi absorbansi. Hukum dapat ditulis dalam bentuk penyerapan A untuk panjang gelombang tunggal pada persamaan $A = a.b.c$

dimana A adalah absorptivitas molar senyawa atau larutan molekul ($M^{-1}cm^{-1}$), B adalah panjang lintasan kuvet atau tempat sampel (biasanya 1 cm) dan C adalah konsentrasi larutan (M) (Al-Samarrai *et al.*, 2018). Adapun spektrofotomere UV-Vis dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2. 5 Instrumen Spektrofotometer Uv-Vis
(Muadifah & Ngibad, 2020)

Spektrofotometer Uv-Vis menerapkan konsep penyerapan radiasi gelombang elektromagnetik dari suatu sampel pada rentang panjang gelombang ultraviolet (± 200 nm). Analisis spektroskopi bergantung pada pengukuran intensitas warna larutan yang akan ditentukan konsentrasinya relatif terhadap larutan standar, dalam prakteknya penentuan konsentrasi ditentukan dengan basis absorbansi. Cara kerja dari spektrofotometer Uv-Vis sendiri adalah ketika molekul pengabsorpsi radiasi sinar Uv atau visible dengan panjang gelombang tertentu, elektron dalam molekul akan mengalami transisi atau pengeksitasi dari tingkat energi yang lebih rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi (Muadifah & Ngibad, 2020).

Adapun prosedur penggunaan Spektrofotometer Uv-Vis diawali dengan menghubungkan ke sumber arus dan dinyalakan dengan menekan tombol ON, tunggu hingga proses inisiasi sudah selesai dengan ditandai munculnya warna hijau dan tertulis ready. Sebelum pengukuran serapan sampel, dilakukan kalibrasi terlebih dahulu jika diperlukan, lalu diatur panjang gelombang yang akan digunakan. Sampel dimasukkan ke dalam kuvet dan kuvet dimasukkan setelah dilap dengan tissue, sisi kuvet yang terang menghadap lubang cahaya dari spektrofotometer. Setelah diukur dan didapatkan data, kuvet dikeluarkan dan dibersihkan dari pelarutnya lalu dikeringkan. Spektrofotometer dimatikan dengan mengklik tombol OFF pada main unit spektrofotometer (Prihhapso *et al.*, 2020).

2. Spektrofotometer FTIR

Spektrofotometer Inframerah menjadi salah satu metode dengan konsep pengamatan pada interaksi molekul pada daerah panjang gelombang 0,75 – 1.000 μm atau pada bilangan gelombang 13.00 – cm^{-1} dengan bantuan radiasi elektromagnetik. Metode ini memiliki beberapa teknik, yaitu teknik emisi (emmission), teknik serapan (absorption), dan teknik

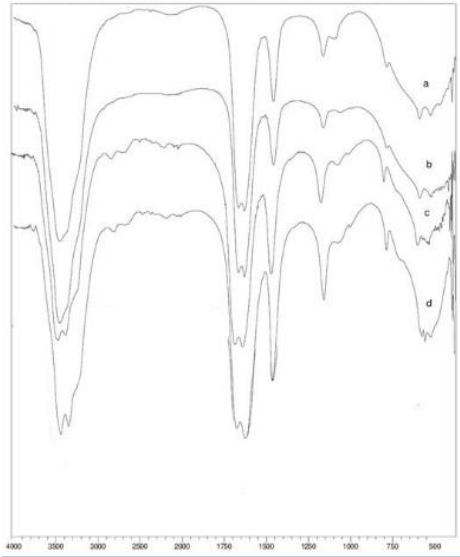
fluorensi (fluorescence). Komponen medan listrik yang banyak berperan dalam spektroskopi hanyalah berupa fenomena pemantulan, transmisi, pembiasan, dan penyerapan. Sebagai contoh adanya penyerapan gelombang elektromagnetik akan memicu terjadinya eksitasi beberapa tingkat energi dalam molekul berupa vibrasi, rotasi, ataupun eksitasi elektronik. Perubahan energi eksitasi tersebut akan diikuti dengan perubahan amplitudo vibrasi molekul yang dikenal sebagai tanggapan radiasi IR (sinyal) (Risa, N. *Et al.*, 2019).

Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) merupakan teknik analisis yang digunakan dalam proses penentuan struktur molekul dari suatu senyawa. Komponen vital instrumen ini adalah interferometer Michelson, dimana komponen tersebut dapat memecah radiasi inframerah menjadi komponen frekuensi. Penggunaan FTIR dengan interferometer Michelson lebih direkomendasikan daripada spektroskopi inframerah yang lain, karena struktur informasi molekul dapat dibentuk secara akurat dan dipancarkan dengan resolusi yang lebih tinggi (Sankari, 2010). Penampakan dari instrumen FTIR dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Instrumen FTIR (Khopkar, 2008).

Teknik pengoprasian FTIR tidak sama dengan Spektrometer inframerah lainnya, Inferometer Michelson pada FTIR digunakan untuk pengganti monokromator yang bertempat di depan monokromator yang nantinya akan menyalurkan sinyal detektor menyesuaikan dengan besarnya frekuensi dan bentuk program interferensi (Khopkar, 2008). Salah satu contoh dari hasil FTIR dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Spektrum FTIR Urea (a), pupuk silika (b), pupuk kitosan (c), dan pupuk urea-silika-kitosan (d) (Savana *et. al.*, 2018)

Menurut (Savana *et. al.*, 2018) dalam hasil analisis FTIR pada gambar 2.7, dapat diambil diketahui bahwa Pupuk urea (a) memiliki ikatan ulur NH pada bilangan gelombang $3450,77 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus amina, selain itu pupuk urea juga memiliki ulur C=O dan tekuk NH pada bilangan gelombang $1664,62$ dan $1458,23 \text{ cm}^{-1}$ sehingga dapat dilihat bahwa pupuk urea memiliki gugus amina, C=O stretching dan NH bending. Pada pupuk urea yang telah dilapisi kitosan matriks, terjadi pergeseran bilangan gelombang dari

3450,77 cm^{-1} menjadi 3350,46 cm^{-1} yang menunjukkan interaksi pupuk urea dan kitosan.

Interaksi pupuk urea dengan matriks kitosan dan silika dapat diketahui dengan adanya pergeseran bilangan gelombang dan perubahan intensitas serapan pupuk urea pada daerah bilangan gelombang 3450,46 cm^{-1} (ulur NH) dan 1664,65 cm^{-1} (uluran C=O) menjadi 3437 26 cm^{-1} dan 1676,2 cm^{-1} dalam pupuk urea yang dilapisi matriks kitosan-silika.

Pergeseran bilangan gelombang pada spektrum menunjukkan adanya interaksi antara pupuk urea dan matriks silika-kitosan. Penyerapan pada 1076,32 cm^{-1} pada pupuk urea silika-kitosan menunjukkan adanya penyerapan oleh vibrasi Si-O-Si. Perubahan intensitas gelombang dan pergeseran bilangan gelombang akibat adanya interaksi antara gugus NH_2 pada pupuk urea dengan gugus OH kitosan dan silika, sehingga dapat disimpulkan bahwa pupuk terlapisi dengan matriks silika-kitosan yang memiliki gugus amina, peregangan C=O, dan ikatan NH (Savana *et. al.*, 2018).

C. Kajian Riset yang Relevan

Penelitian yang dilakukan oleh Azat *et al.* (2019) tentang produksi silika murni dari abu sekam padi

dengan metode yang lebih ramah lingkungan, dimana menyatakan bahwa dalam proses produksi silika murni dari sekam padi perlu dilakukan kalsinasi dengan suhu 600°C selama 4 jam untuk didapatkan hasil yang terbaik. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa hasil terbaik yang diperoleh memiliki kemurnian tertinggi sebesar 98,67% dengan luas permukaan sampai dengan 624 m²/g (Azat *et al.*, 2019).

Penelitian yang dilakukan oleh Savana *et al.* (2018) tentang sintesis pupuk lepas lambat urea dari kitosan-silika-glutaraldehyd. Penambahan glutaraldehyd dapat menambah kestabilan kitosan dengan membentuk senyawa antara. Komposisi terbaik yang dihasilkan diperoleh dari matriks dengan glutaraldehyd 1% (v/v) yang menunjukkan persentase pelepasan nitrogen sebanyak 6,07 %. Sedangkan, pada urea konvensional menunjukkan persentase pelepasan sebesar 7,24% (Savana *et al.*, 2018).

Penelitian yang dilakukan oleh Wulan *et al.* (2017) tentang pupuk urea lepas lambat yang disintesis dengan pelapisan matriks silika-kitosan dengan variasi perbandingan komposisi (%v/v) matriks 2:1;1,5:1,5;1:2. Hasil terbaik diuji pelepasan nitrogennya dengan metode spektroskopi diperoleh dari perbandingan komposisi (%v/v) matriks 1,5 : 1,5 dengan kadar pelepasan nutrisi

awal kurang dari 15 % dan kadar pelepasan nutrisi selama 28 hari kurang dari dan hampir mendekati 75 % yaitu sebesar 73,74% (Wulan *et al.*, 2017).

Penelitian yang dilakukan oleh Geng *et al.*, (2020) tentang penambahan asam fulvat pada pupuk urea akan meningkatkan nilai SPAD (nilai relatif klorofil) pada daun kapas. Selain itu, penggunaan urea terkontrol sebagai ganti urea dapat meningkatkan efisiensi penggunaan nitrogen secara signifikan dan meningkatkan kualitas serat kapas. Hasil terbaik didapatkan pada kombinasi urea terkontrol dengan asam fulfat 180 Kg/ha dengan total penyerapan nitrogen sebesar 262,7 Kg/ha (Geng *et al.*, 2020)

Penelitian yang dilakukan oleh Savana *et al.* (2017) tentang penambahan asam fulvat pada pupuk lepas lambat kitosan-zeolit. Asam fulvat memiliki kemampuan untuk malarutkan kembali sisa pupuk kimia dalam tanah sehingga tanah akan menjadi lebih gembur dan juga dapat menstabilkan pH tanah. Variasi penambahan asam fulvat menunjukkan bahwa semakin besar kadar asam fulvat yang ditambahkan maka konsentrasi urea yang terlepas akan lebih kecil/lebih lambat. Kadar asam fulvat terbesar yang digunakan adalah 5% dan menghasilkan hasil yang terbaik (Savana *et. al.*, 2017).

Perbedaan penelitian ini dengan beberapa kajian terdahulu adalah dengan adanya penambahan asam fulvat dalam modifikasi pupuk lepas lambat nitrogen yang dilapisi dengan silika-kitosan.

D. Hipotesis

Silika dan kitosan memiliki kemampuan membentuk ikatan hidrogen dengan urea, ikatan tersebut akan menghambat pelepasan nitrogen dalam air, sehingga pelepasan nitrogen dari pupuk lepas lambat akan dapat lebih lambat dan terkontrol. Asam fulvat dapat menurunkan pH dari media yang digunakan oleh pupuk lepas lambat, penurunan pH tersebut akan membantu menghambat proses hidrolisis urea menjadi NH_3 , sehingga akan mengoptimalkan pelepasan lambat nitrogen dalam medium air dari pupuk lepas lambat.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Januari sampai dengan bulan Juli 2023. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang sebagai tempat perlakuan awal antara lain preparasi silika sekam padi, sintesis *beads* silika-kitosan-urea, sintesis *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea, dan uji lepas lambat. Adapun karakterisasi dilakukan di Laboratorium Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa gelas beaker, tabung reaksi, pemanas, batang pengaduk, termometer, *magnetic stirrer*, kaca arloji pipet tetes, cawan porseline, oven, labu kerucut, *syringe* atau jarum suntik, dan inkubator. Adapun instrumen yang digunakan adalah spektrofotometer UV-Vis Orion Aquamate 8000, dan spektrofotometer FTIR Alpha II bruker di UIN Walisongo Semarang.

2. Bahan

Bahan yang digunakan dari penelitian ini, yaitu limbah sekam padi yang diperoleh dari lingkungan perumahan Desa Karang Kec. Kepohbaru Kab. Bojonegoro Jawa Timur, aquades, kitosan, serta bahan-bahan kimia produksi Merck dengan kualitas Pro analis yang meliputi urea Pa. ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), asam fulvat, etanol 96% ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), asam klorida (HCl), asam asetat 2% (CH_3COOH), asam sitrat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$), dan p-DAB (*para-dimetil amino benzaldehid*).

C. Prosedur Kerja

1. Preparasi Silika (Abu Sekam Padi)

Proses preparasi silika (abu sekam padi) dimulai dengan proses pencucian sekam padi dengan aquades untuk menghilangkan kontaminan yang terkandung, lalu sekam padi dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 4 jam. Setelah pengeringan dalam oven, sekam padi disimpan dalam wadah polietilen pada suhu ruangan (Azat *et al.*, 2019).

Sekam padi digiling dengan penggilingan kering sehingga didapatkan serbuk halus. Lalu dilakukan *Pre-treatment* terhadap serbuk sekam padi. Sebanyak 40 g sekam padi yang telah dicuci

dan dikeringkan dicampurkan dengan 1000 mL asam sitrat 5% dalam gelas Beaker dengan suhu 50°C diaduk terus menerus selama 2 jam. Lalu suhu diatur pada 80°C selama 1 jam. Sampel disaring dan dicuci dengan air deionisasi lalu dikeringkan pada suhu 110°C selama 4 jam (Alyosef *et al.*, 2013). Sekam padi yang telah diberikan *pre-treatment* dikalsinasi dengan *furnace* pada suhu 600°C selama 4 jam (Azat *et al.*, 2019).

Hasil dari kalsinasi dicampur dengan 100 mL NaOH 2M pada suhu 90°C dan dengan pengadukan yang kuat selama 2 jam sampai menjadi Natrium Silikat (Na_2SiO_3) yang larut dalam air. Larutan Na_2SiO_3 difilter dengan kertas saring untuk menghilangkan sisa residu dan sisa karbon. Untuk mengubah natrium silikat menjadi asam silikat (H_2SiO_3), filtrat dititrasi dengan HCl 2M sampai menunjukkan pH = 7 dengan pengadukan secara terus menerus. Produk yang dihasilkan kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C selama 4 jam (Azat *et al.*, 2019). Selanjutnya silika yang dihasilkan dikarakterisasi dengan FTIR.

2. Pembuatan Larutan Kitosan

Sebanyak 0,2 g kitosan dilarutkan dalam 100 mL larutan asam asetat 2% (b/v). Selama pelarutan,

larutan diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 2 Jam sampai larutan homogen.

3. **Beads Silika-Kitosan-Urea**

Silika dicampurkan ke dalam larutan kitosan dengan perbandingan komposisi 1:2; 1,5:1,5; 2:1 (w/w) dan campuran diaduk selama 30 menit. Selanjutnya ditambahkan pupuk urea ke dalam campuran dengan perbandingan berat 7:3 (w:w). Campuran Silika-Kitosan-Urea diaduk selama 2 jam pada suhu 27°C. Campuran yang terbentuk diteteskan ke dalam larutan NaOH 1M menggunakan *syringe*, sehingga akan dihasilkan *beads* Silika-Kitosan-Urea. Selanjutnya *beads* yang terbentuk dikeringkan pada suhu 45°C selama 12 jam (Wulan *et al.*, 2017). Selanjutnya *beads* yang dihasilkan dikarakterisasi dengan FTIR.

4. **Pengujian Lepas Lambat *Beads* Silika-Kitosan-Urea**

Penentuan Bilangan Gelombang Maksimum

Sebanyak 1 g p-DAB dilarutkan dengan 10 mL HCl 0,1 M dan 50 mL etanol 96%, larutan diaduk hingga menjadi homogen. Larutan standar urea 500 mg/L dibuat dengan melarutkan 0,05 g urea dengan 100 mL akuabides. 4 mL larutan standar urea 500 mg/L diambil dan ditambahkan 6 mL larutan

pengompleks dalam labu ukur 10 mL. Larutan blangko dibuat dari 4 mL akuabides dan ditambahkan 6 mL larutan pengompleks dalam labu ukur. Masing-masing larutan didiamkan selama 1 jam agar reaksi pengompleksan sempurna. Absorbansi larutan diukur pada panjang gelombang 400-500 nm interval 1 nm dengan spektrofotometer UV-Vis dan ditentukan λ maksimumnya (Azizati, 2017).

Penentuan kadar Urea dalam Sampel

Sebanyak 0,05 g pupuk lepas lambat dengan variasi silika-kitosan 1:2; 1,5:1,5; 2:1 digerus, kemudian dimasukkan ke dalam 10 mL aquades dan digojok selama 2 jam sampai pupuk lepas lambat larut. Larutan diambil 4 mL dan ditambahkan 6 mL larutan pengompleks untuk dianalisis konsentrasi N yang terdapat pada pupuk urea lepas lambat dengan menghitung nilai absorbansi yang muncul dari spektrofotometer Uv-Vis pada λ maksimum (Xia *et al.*, 2020).

Uji Lepas Lambat *Beads* Silika-Kitosan-Urea

Sebanyak 200 mL aquades digunakan untuk merendam *beads* silika-kitosan-urea semua variasi, masing-masing variasi diambil sebanyak 1,0 g sampel kering dan dimasukan ke dalam labu

berbentuk kerucut yang berisi 200 mL aquabides. Sekitar 4 mL larutan diambil pada jarak waktu tertentu, yaitu pada 0, 15, 30, 60, sampai menit ke-420 dengan interval 1 jam. Sebanyak 4 mL aquades ditambahkan setiap pengambilan larutan untuk mempertahankan jumlah pelarut agar tetap konstan (Al-Samarrai *et al.*, 2018). Larutan yang diambil 4 mL ditambahkan dengan 6 mL larutan pengompleks untuk dianalisis konsentrasi N yang terdapat pada pupuk urea lepas lambat dengan menghitung nilai absorbansi yang muncul dari spektrofotometer UV-Vis pada λ maksimum (Xia *et al.*, 2020).

5. ***Beads* Silika-Kitosan-Urea-Asam Fulvat**

Pembuatan Larutan Asam Fulvat 5%, 4%, dan 3%

Asam fulvat dengan berat 5, 4, dan 3 g masing-masing dilarutkan dalam 100 mL aquades. Larutan diaduk sampai larutan homogen.

Pembuatan *Beads* Silika-Kitosan-Urea-Asam Fulvat

Beads silika-kitosan-urea dengan komposisi paling optimum yang didapatkan dari tahap 3, direndam dalam asam fulvat dengan variasi 5%, 4%, dan 3%. Lalu produk yang dihasilkan dikeringkan

dibawah sinar matahari dan selanjutnya dikeringkan pada suhu 50°C selama 2 Jam (Savana *et al.*, 2017). Selanjutnya *beads* yang dihasilkan dikarakterisasi dengan FTIR.

6. Pengujian Lepas Lambat

Penentuan Kadar Urea pada Sampel

Sebanyak 0,05 g pupuk lepas lambat dengan variasi asam fulvat 5%, 4%, dan 3% digerus, kemudian dimasukkan ke dalam 10 mL aquades dan digojok selama 2 jam sampai pupuk lepas lambat larut. Larutan diambil 4 mL dan ditambahkan 6 mL larutan pengompleks untuk dianalisis konsentrasi N yang terdapat pada pupuk urea lepas lambat dengan menghitung nilai absorbansi yang muncul dari spektrofotometer Uv-Vis pada λ maksimum (Xia *et al.*, 2020).

Uji Lepas Lambat *Beads* Silika-Kitosan-Urea-Asam Fulvat

Sebanyak 200 mL aquades digunakan untuk merendam produk pupuk lepas lambat nitrogen, masing-masing pupuk lepas lambat dengan variasi asam fulvat 5%, 4%, 3%, pupuk lepas lambat tanpa asam fuvat dan pupuk urea pa. diambil sebanyak 1,0 g sampel kering dan dimasukan ke dalam labu berbentuk kerucut yang berisi 200 mL aquabides.

Sekitar 4 mL larutan diambil pada jarak waktu tertentu, yaitu pada 0 menit, 15 menit, 30 menit, 60 menit, sampai menit 420 dengan interval 1 jam. Ditambahkan 4 mL aquades setiap pengambilan larutan untuk mempertahankan jumlah pelarut agar tetap konstan (Al-Samarrai *et al.*, 2018). Larutan yang diambil 4 mL ditambahkan dengan 6 mL larutan pengompleks untuk dianalisis konsentrasi N yang terdapat pada pupuk urea lepas lambat dengan menghitung nilai absorbansi yang muncul dari spektrofotometer Uv-Vis pada λ maksimum (Xia *et al.*, 2020).

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

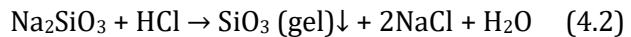
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui komposisi terbaik dalam sintesis pupuk lepas lambat nitrogen berbasis silika-kitosan-asam fulvat-urea. Pupuk lepas lambat disintesis dengan variasi silika : kitosan yang berbeda, yaitu 1:2, 1,5:1,5, 2:1 dan hasil yang paling optimum akan dilakukan penambahan asam fulvat dengan variasi konsentrasi 3%, 4%, dan 5%. Pupuk lepas lambat nitrogen dengan masing-masing variasi akan dikarakterisasi dengan instrumen *Fourier Transform Infrared* (FTIR), uji lepas lambat dilakukan dengan Spektrofotometer UV-Vis dan pengompleksan larutan dilakukan dengan penambahan reagen pDAB .

A. Preparasi Silika (Abu Sekam Padi)

Silika diperoleh dari abu sekam padi yang disintesis dengan metode karbonasi dan pengendapan untuk menghasilkan silika. Sekam padi dibersihkan untuk menghilangkan kotoran dan kontaminan yang ada, selanjutnya sekam padi digiling untuk didapatkan serbuk halus dan dilakukan *Pre-treatment* dengan 1000 mL asam sitrat 5% terhadap serbuk sekam padi. Asam sitrat dapat meningkatkan kualitas kimia dari abu sekam padi dengan mengurangi atau menghilangkan kandungan oksida di

dalamnya, asam sitrat juga akan menghidrolisis bahan organik utama dari sekam padi, yaitu selulosa dan hemiselulosa (Alyosef *et al.*, 2013). Sekam padi yang telah dilakukan *Pre-treatment* dikalsinasi pada suhu 600°C selama 4 jam, dengan suhu tersebut kristal silika dapat terbentuk serta pengurangan berat sekam padi telah mencapai kestabilan dalam proses kalsinasi (Azat *et al.*, 2019).

Penambahan NaOH dan HCl pada hasil kalsinasi digunakan untuk memperoleh endapan silika, proses melibatkan 2 tahapan yaitu pelarutan oleh alkali dan pengendapan dengan asam seperti reaksi yang ada pada persamaan 4.1 dan 4.2.



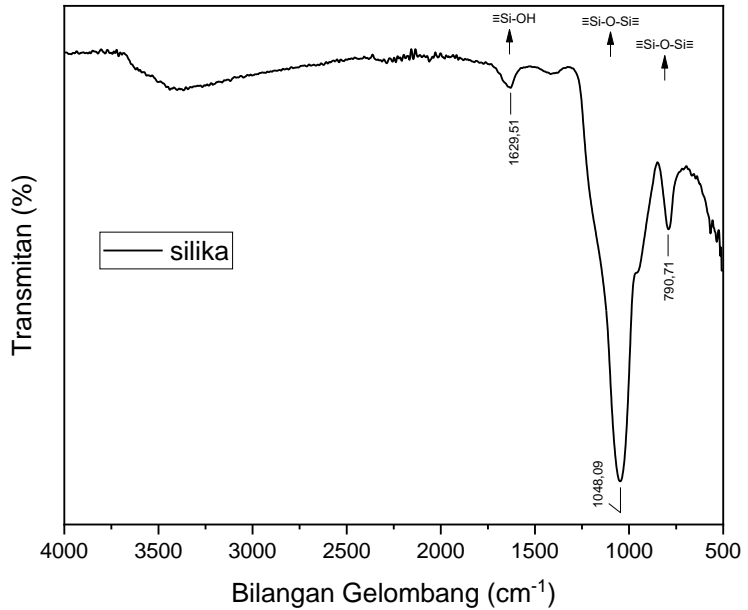
NaOH akan melarutkan silika dan membentuk Na_2SiO_3 dan penambahan asam klorida (HCl) terhadap larutan Na_2SiO_3 akan mempromosikan gugus silanol ($\text{R}_3\text{Si-OH}$) yang nantinya akan mengarah pada perluasan gugus siloksan (Si-O-Si) tiga dimensi (Azat *et al.*, 2019). Penambahan HCl akan mengendapkan silika berupa gel silika yang terbentuk dengan semakin menurunnya pH campuran. Gel silika yang didapatkan dicuci terlebih dahulu dengan air panas untuk menghilangkan garam

NaCl yang merupakan hasil samping dari pembentukan gel silika. Selanjutnya, gel silika dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C selama 4 jam sehingga didapatkan silika kering. Foto hasil sintesis dari silika disajikan pada Gambar 4.1



Gambar 4. 1 Hasil sintesis silika dari sekam padi

Silika yang dihasilkan berupa bubuk putih kering yang sebelumnya berupa gel basah yang kemudian dikeringkan dengan oven, pengayakan dengan 100 mesh digunakan dalam mempermudah proses selanjutnya, yaitu pembuatan *beads* silika-kitosan-urea. Gugus fungsi yang terdapat pada silika diidentifikasi dengan spektrofotometer FTIR, analisis instrumen FTIR dilakukan untuk mengetahui vibrasi gugus fungsi dan jenis ikatan yang terbentuk pada sampel silika yang ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Spektrum FTIR Silika (SiO₂)

Tabel 4. 1 Perbandingan spektrum FTIR hasil sintesis dengan referensi

NO	Gugus	Panjang Gelombang (cm ⁻¹)		
		Rentang	Referensi (Azat et. al., 2019)	Hasil sintesis
1.	vibrasi ulur asimetris ≡Si-O dari (≡Si-O-Si≡)	1000 – 1100 cm ⁻¹ (a)	1060 cm ⁻¹	1048,09 cm ⁻¹
2.	vibrasi ulur ≡Si-O dari (≡Si-OH)	1630 cm ⁻¹ (b)	1634 cm ⁻¹	1629,51 cm ⁻¹

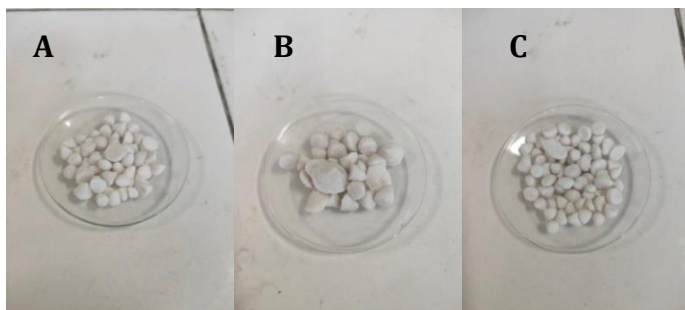
3.	vibrasi tekuk $\equiv\text{Si-O}$ dari $(\equiv\text{Si-O-Si}\equiv)$	750 – 800 cm^{-1} (c)	800 cm^{-1}	790,71 cm^{-1}
a) (Hossain <i>et al.</i> , 2017)				
b) (Solihudin <i>et. al.</i> , 2021)				
c) (Meléndez-Ortiz <i>et al.</i> , 2014)				

Hasil yang didapatkan dapat dilihat pada Puncak serapan pada bilangan gelombang 1048,09 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ulur asimetris $\equiv\text{Si-O}$ dari ($\equiv\text{Si-O-Si}\equiv$), hasil tersebut tidak berbeda jauh dengan penelitian Hossain *et al.*, (2017) yang menemukan vibrasi ulur asimetris $\equiv\text{Si-O}$ dari ($\equiv\text{Si-O-Si}\equiv$) pada 1060 cm^{-1} dan 1029 cm^{-1} . Puncak serapan pada 1629,51 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi ulur $\equiv\text{Si-O}$ dari ($\equiv\text{Si-OH}$) (Solihudin *et. al.*, 2021). Puncak pada bilangan gelombang 790,71 cm^{-1} sesuai dengan vibrasi tekuk $\equiv\text{Si-O}$ dari ($\equiv\text{Si-O-Si}\equiv$) (Meléndez-Ortiz *et al.*, 2014).

Berdasarkan hasil interpretasi spektrum FTIR, diketahui bahwa silika memiliki karakteristik dengan gugus siloksan ($\equiv\text{Si-O-Si}\equiv$), dan gugus silanol ($\equiv\text{Si-OH}$). Hasil uji FTIR dari silika ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Azat *et al.*, (2019) tentang produksi silika murni dari limbah sekam padi di kazakhstan, dan membuktikan bahwa sintesis silika berhasil dilakukan. Perbandingan spektrum FTIR hasil sintesis dengan referensi bisa dilihat pada tabel 4.1.

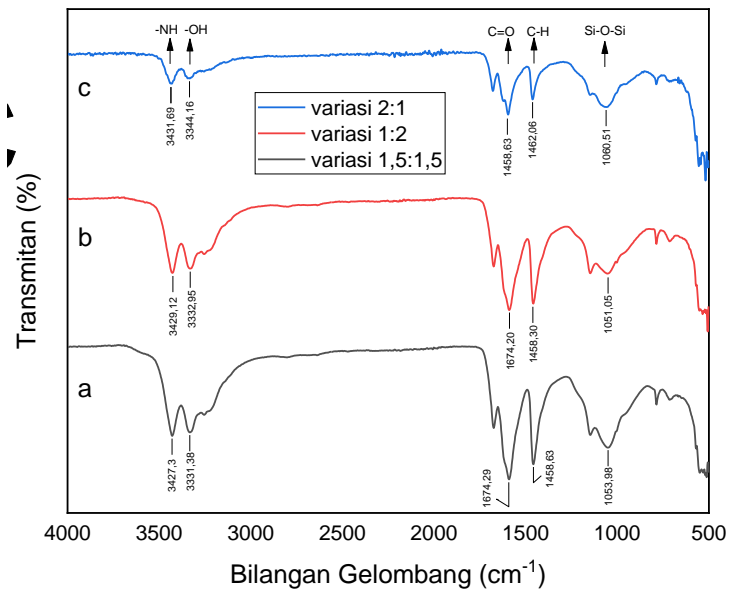
B. *Beads* Silika-Kitosan-Urea

Pembuatan *beads* silika-kitosan-urea dilakukan untuk memodifikasi pupuk urea dengan variasi komposisi silika-kitosan 1:2, 1,5:1,5, dan 2:1 (w/w), Silika dapat menghambat pelepasan unsur nitrogen dengan adanya gugus silanol yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan urea, sedangkan penambahan kitosan dapat berperan dalam mengurangi kelarutan silika dalam air tanah (Indrijayanti, 2019). Perbedaan komposisi silika-kitosan ini dilakukan untuk didapatkan komposisi terbaik *beads* silika-kitosan-urea, dengan asumsi salah satu dari variasi akan memberikan hasil pelepasan nitrogen yang lebih lambat. Masing-masing dari variasi komposisi kitosan-silika ditambahkan urea dengan perbandingan urea silika-kitosan 7:3 (w/w). *Beads* silika-kitosan-urea dengan variasi komposisi silika-kitosan 1:2, 1,5:1,5, dan 2:1 (w/w) disajikan pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3 *Beads* silika-kitosan-urea. (A) variasi 1:2. (B) variasi 1,5:1,5. (C) variasi 2:1.

Hasil sintesis *beads* silika-kitosan-urea pada gambar 4.3 terlihat berwarna putih tulang pada semua variasi, dikarenakan semua *beads* yang dibuat terdiri dari komposisi bahan yang sama. Karakterisasi dilakukan pada semua variasi komposisi silika-kitosan, dengan menggunakan spektrofotometer FTIR untuk mengamati gugus fungsi yang ada pada masing-masing variasi. Hasil karakterisasi *beads* silika-kitosan-urea disajikan pada gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Spektrum FTIR *beads* silika-kitosan-urea. (a) variasi 1:2. (b) variasi 1,5:1,5. (c) variasi 2:1

Tabel 4. 2 Spektrum hasil uji FTIR *Beads* silika-kitosan-urea variasi 1:2; 1,5:1,5; dan 2:1

No	Gugus	Panjang Gelombang (cm ⁻¹)				
		Rentang	Referensi (Savana <i>et. al.</i> , 2018)	Hasil sintesis		
				1:2	1,5:1,5	2:1
1.	vibrasi ulur NH	3100– 3500 cm ⁻¹ (a)	3437,26 cm ⁻¹	3427,3 cm ⁻¹	3429,12 cm ⁻¹	3431,69 cm ⁻¹
2.	vibrasi ulur C=O	1650- 1700 cm ⁻¹ (a)	1676,2 cm ⁻¹	1674,29 cm ⁻¹	1674,20 cm ⁻¹	1458,63 cm ⁻¹
3.	vibrasi tekuk NH	1400- 1600 cm ⁻¹ (a)	1458,23 cm ⁻¹	1458,63 cm ⁻¹	1458,30 cm ⁻¹	1462,06 cm ⁻¹
4.	vibrasi ulur Si-O-Si	1000 – 1100 cm ⁻¹ (b)	1060 cm ⁻¹	1051,05 cm ⁻¹	1053,98 cm ⁻¹	1060,51 cm ⁻¹
5.	C-H alifatik	1450 – 1465 cm ⁻¹ (c)	1412 cm ⁻¹	1458,63 cm ⁻¹	1458,30 cm ⁻¹	1462,06 cm ⁻¹
6.	vibrasi -OH	3300 – 3600 cm ⁻¹ (d)	3360 cm ⁻¹	3331,38 cm ⁻¹	3332,95 cm ⁻¹	3344,16 cm ⁻¹

(a) (Savana *et. al.*, 2018)
(b) (Hossain *et al.*, 2017)
(c) (Sya'diyah *et al.*, 2016)
(d) (Rattanapan *et al.*, 2017)

Berdasarkan gambar 4.4 ditemukan bahwa terdapat puncak serapan dari beberapa gugus fungsi pada hasil karakterisasi, pada variasi 1:2 terdapat puncak serapan

pada bilangan gelombang $3427,3\text{cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya vibrasi ulur NH yang menunjukkan adanya gugus amina pada urea. Vibrasi yang sama juga muncul pada bilangan gelombang $3429,12\text{ cm}^{-1}$ pada variasi 1,5:1,5, serta muncul juga puncak serapan pada bilangan gelombang $3431,69\text{ cm}^{-1}$ pada variasi 2:1. Selain itu, urea juga memiliki vibrasi ulur C=O dan vibrasi tekuk NH yang muncul puncak serapan pada bilangan gelombang $1674,29\text{ cm}^{-1}$ dan $1458,63\text{ cm}^{-1}$ pada variasi 1:2. Vibrasi yang sama juga muncul pada variasi yang lain, pada variasi 1,5:1,5 puncak serapan muncul pada bilangan gelombang $1674,20\text{ cm}^{-1}$, sedangkan pada variasi 2:1 muncul pada bilangan gelombang $1678,65\text{ cm}^{-1}$ dan $1462,06\text{ cm}^{-1}$ dan $1458,30\text{ cm}^{-1}$. Sehingga dapat dikatakan bahwa urea dapat dilihat dengan adanya gugus amina, vibrasi ulur C=O, dan vibrasi tekuk NH (Savana *et. al.*, 2018).

Seperti penelitian dari Savana *et. al.*, (2018) yang menunjukkan adanya vibrasi ulur NH, vibrasi ulur C=O, dan vibrasi tekuk NH muncul pada bilangan gelombang $3437,26\text{ cm}^{-1}$, $1676,2\text{ cm}^{-1}$, dan $1458,23\text{ cm}^{-1}$. Puncak serapan vibrasi ulur NH dan vibrasi ulur C=O mengalami pergeseran bilangan gelombang, yang seharusnya rentang bilangan gelombang vibrasi ulur NH adalah $3450,77\text{ cm}^{-1}$ dan bergeser menjadi $3429,12\text{ cm}^{-1}$,

sedangkan vibrasi ulur C=O yang bergeser dari 1664,62 cm^{-1} menjadi 1674,20 cm^{-1} . Serapan vibrasi ulur NH mengalami peningkatan intensitas ketajaman serapan tertinggi pada variasi 1:2, hal tersebut dimungkinkan karena adanya pembentukan sejumlah besar ikatan hidrogen dari gugus NH milik urea dan kitosan yang kemudian direfleksikan dengan meningkatnya intensitas ketajaman serapan vibrasi ulur NH. Adanya pergeseran bilangan gelombang dan perubahan intensitas serapan urea tersebut menunjukkan adanya interaksi antara pupuk urea dan silika-kitosan (de Silva *et al.*, 2020).

Puncak serapan muncul dari variasi 1:2 pada bilangan gelombang 1051,05 cm^{-1} yang menunjukkan adanya serapan dari oleh vibrasi ulur Si-O-Si. Puncak serapan yang sama juga muncul pada variasi 1,5:1,5 dan variasi 2:1 yang masing-masing pada bilangan gelombang 1053,98 cm^{-1} dan 1060,51 cm^{-1} . Puncak serapan vibrasi ulur Si-O-Si mengalami pergeseran ke arah bilangan gelombang yang lebih tinggi dari variasi 1:2 ke variasi 1,5:1,5 dan 2:1, hasil tersebut menunjukkan adanya perbedaan komposisi silika dalam *beads*. Hasil tersebut tidak berbeda jauh dengan penelitian Hossain *et al.*, (2017) dan Savana *et al.*, (2018) yang masing-masing menunjukkan puncak serapan vibrasi ulur Si-O-Si pada panjang gelombang 1060 cm^{-1} dan 1076,32 cm^{-1} .

Puncak serapan juga muncul pada masing-masing bilangan gelombang $1458,63\text{ cm}^{-1}$, $1458,30\text{ cm}^{-1}$, dan $1462,06\text{ cm}^{-1}$ untuk variasi 1:2, 1,5:1,5, dan 2:1 secara berurutan. Puncak serapan yang muncul pada bilangan gelombang tersebut menunjukkan gugus fungsi C-H alifatik, sesuai dengan penelitian dari Sya'diyah *et al.*, (2016) yang menjelaskan gugus fungsi C-H alifatik muncul dalam rentang bilangan gelombang $1450\text{--}1465\text{ cm}^{-1}$. Puncak serapan juga muncul dari variasi 1:2 pada bilangan gelombang $3331,38\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi regang -OH dari gugus hidroksil. Hasil tersebut sama dengan penelitian dari (Rattanapan *et al.*, 2017) yang menjelaskan bahwa gugus fungsi dari -OH (hidroksil) muncul dalam rentang bilangan gelombang $3300\text{ -- }3600\text{ cm}^{-1}$. Puncak serapan yang sama juga muncul pada variasi 1,5:1,5 dan 2:1 yang masing-masing pada bilangan gelombang $3332,95\text{ cm}^{-1}$ dan $3344,16\text{ cm}^{-1}$.

Adanya kitosan juga ditandai dengan gugus C=O amida, gugus ini menandakan bahwa kitosan yang dipakai memiliki derajat deasetilasi (DD) kurang dari 100%. Gugus C=O amida merupakan gugus kitin yang masih tersisa dalam kitosan karena tidak sepenuhnya hilang pada proses deasetilasi. Hal tersebut berkaitan dengan ketajaman puncak dari spektrum gugus C=O , pada variasi 1:2 memiliki puncak paling tajam yang

menandakan lebih banyaknya gugus C=O amida dalam variasi tersebut.

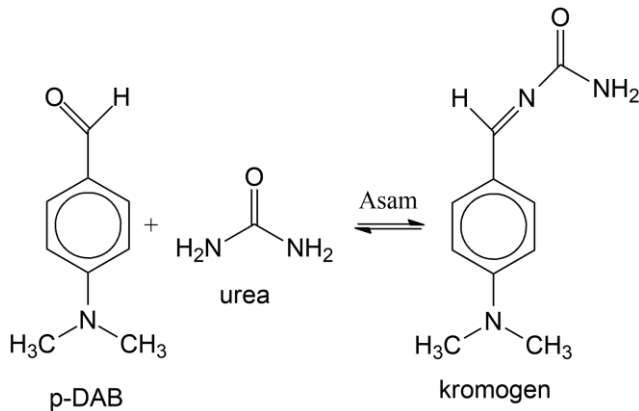
Berdasarkan hasil interpretasi spektrum FTIR, diketahui bahwa masing-masing variasi komposisi silika-kitosan dalam *beads* silika-kitosan-urea memiliki gugus karakteristik dari urea, yaitu gugus amina (-NH) dan gugus C=O. Selain itu, terdapat juga keberadaan gugus karakteristik dari Silika, yaitu gugus Si-O-Si yang dilengkapi juga dengan gugus karakteristik kitosan, yaitu gugus hidroksi (-OH), gugus amina (-NH), C-H alifatik, dan gugus C=O amida. Interpretasi spektrum FTIR antara variasi 1:2, 1,5:1,5, dan 2:1 tidak menunjukkan perubahan bilangan gelombang yang signifikan, pergeseran bilangan gelombang dan adanya perbedaan intensitas ketajaman puncak serapan menunjukkan adanya interaksi antara gugus NH₂ pada urea dengan gugus OH dari silika dan kitosan, sehingga dapat disimpulkan bahwa *beads* silika-kitosan-urea berhasil dibuat. Spektrum hasil uji FTIR *beads* silika-kitosan-urea variasi 1:2, 1,5:1,5, dan 2:1 bisa dilihat pada tabel 4.2

C. Analisis Kadar Urea dalam *Beads* silika-kitosan-urea

Pengujian lepas lambat *beads* silika-kitosan-urea diawali dengan analisis kandungan urea dalam sampel,

hal ini dilakukan untuk melihat seberapa banyak urea yang terkandung dalam *beads*. Analisis urea yang terkandung dalam *beads* dapat dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis menggunakan kurva standar dari larutan standar urea dengan konsentrasi 80, 100, 120, 140, dan 160 ppm. Kurva standar merupakan seperangkat sampel standar yang telah diketahui konsentrasinya sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan konsentrasi dari sampel tertentu (Zarwinda *et al.*, 2018).

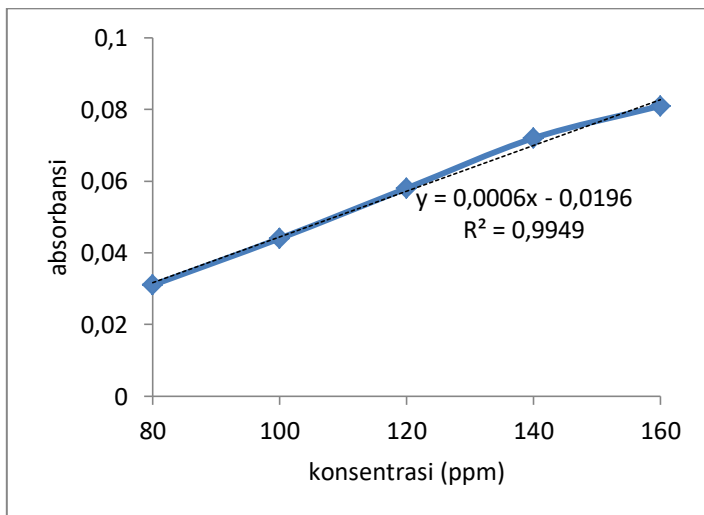
Pengujian larutan standar urea dilakukan dengan penambahan reagen p-DAB pada masing-masing sampel. p-DAB dapat bereaksi dengan urea pada suhu ruangan. Reaksi yang terjadi antara urea dan p-DAB dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Reaksi p-DAB dengan urea

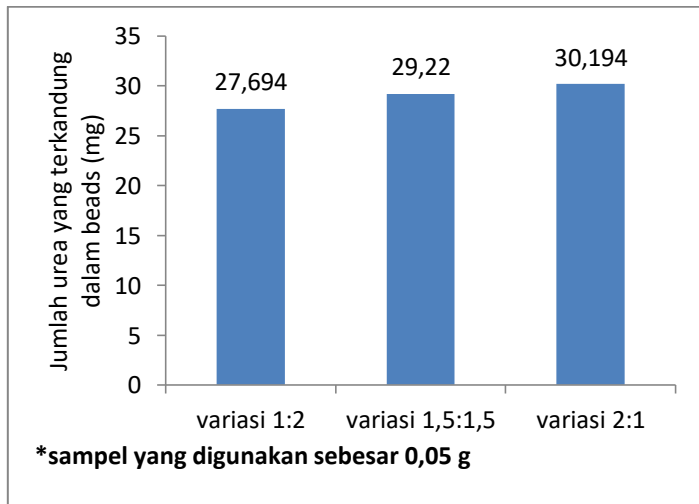
Hasil dari reaksi tersebut menunjukkan adanya pembentukan senyawa kromogen yang memancarkan warna kuning sehingga akan dapat terbaca saat pengujian dengan spektrofotometer UV-Vis. Reaksi antara p-DAB dengan urea terjadi karena adanya protonasi gugus dimetilamino yang menghasilkan defisiensi muatan pada karbonil, sehingga rentan terhadap serangan nukleofilik oleh urea (Giraldo *et. al.*, 2017).

Kurva standar urea yang terkandung dalam *beads* dengan variasi komposisi silika-kitosan yang digunakan disajikan dalam kurva pada Gambar 4.6



Gambar 4. 6 Kurva standar urea

Kurva standar urea yang ditunjukkan pada gambar 4.6 menunjukkan nilai koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,9949 dan persamaan garis $y = 0,0006x - 0,0196$. Nilai Absorbansi dari persamaan garis tersebut dapat dinyatakan dalam sumbu y dan konsentrasi dinyatakan dalam sumbu x. Konsentrasi urea pada *beads* dapat dihitung dengan memasukkan nilai absorbansi yang didapat pada setiap variasi dalam persamaan garis hasil dari kurva standar urea. Hasil dari analisis urea yang terkandung dalam *beads* dengan variasi komposisi silika-kitosan disajikan dalam grafik pada gambar 4.7.

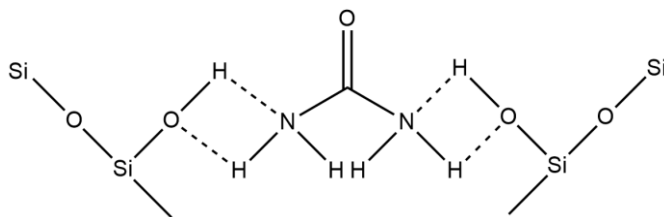


Gambar 4. 7 Jumlah urea dalam *beads* silika-kitosan-urea

Berdasarkan gambar 4.7 dapat diketahui bahwa kandungan urea dalam *beads* semakin meningkat dengan

semakin tingginya komposisi silika dalam *beads*, variasi 2:1 memiliki kandungan silika tertinggi dan diusul dengan dengan variasi 1,5:1,5 dan 1:2. Jumlah urea yang terkandung dalam variasi 1:2; variasi 1,5:1,5; dan variasi 2:1 berturut-turut yaitu 27,694 mg, 29,22 mg, dan 30,194 mg.

Adanya perbedaan jumlah urea diakibatkan perbedaan komposisi silika-kitosan yang digunakan, perbedaan komposisi mengakibatkan terjadinya perbedaan interaksi urea dengan silika dan kitosan dari masing-masing variasi. Silika mengandung sejumlah besar gugus hidroksil (-OH), gugus tersebut dapat membentuk ikatan hidrogen dengan gugus ureido (-NH₂CONH-) dari urea (Xiang *et al.*, 2018). Ilustrasi dari ikatan hidrogen yang terbentuk antara silika dengan urea dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4. 8 ikatan hidrogen silika urea

Sementara itu, kitosan berperan sebagai pelapis fisik *beads* silika-kitosan-urea yang berfungsi untuk mengurangi proses pelepasan nitrogen dalam urea oleh

air, kitosan memiliki gugus amina yang akan membentuk ikatan hidrogen dengan urea. Silika dan urea merupakan 2 senyawa polar, sedangkan kitosan memiliki sifat non polar, sifat kepolaran inilah yang mempengaruhi perbedaan urea yang terkandung dalam *beads*. Hasil menunjukkan semakin tinggi komposisi silika dalam *beads* akan sebanding dengan jumlah urea yang terkandung. Hal ini dikarenakan silika akan lebih mudah untuk membentuk ikatan dengan urea, karena sama-sama polar. Sedangkan urea tetap bisa membentuk ikatan dengan kitosan namun tidak semudah dengan urea.

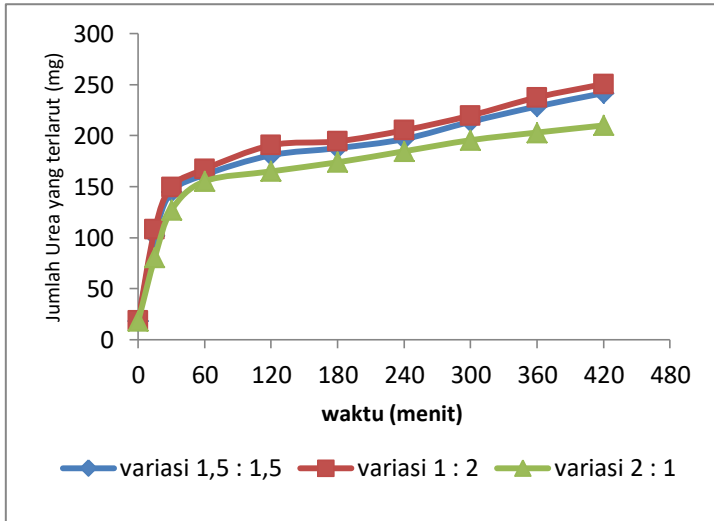
Beads silika-kitosan-urea variasi 2:1 memiliki komposisi silika yang lebih banyak, sehingga kadar urea yang terkandung dalam *beads* juga lebih banyak, karena interaksi antara silika dengan urea akan lebih kuat. Berdasarkan uji kuantitatif analisis kadar urea yang terkandung dalam *beads*, dapat diambil kesimpulan bahwa variasi 2:1 mampu mengikat urea lebih banyak dibandingkan dengan variasi lainnya.

D. Pengujian Lepas Lambat *Beads* silika-kitosan-urea

Variasi *beads* silika-kitosan-urea dilakukan uji pelepasan urea dalam media air, uji lepas lambat ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan lepas lambat

nitrogen dalam pupuk lepas lambat. Masing-masing variasi dilakukan uji lepas lambat, sampling dilakukan pada menit ke-0, 15, 30, 60, 120, 180, 240, 300, 360, dan menit 420. Selain itu, dilakukan uji juga pada urea pa. sebagai pembanding terhadap *beads* silika-kitosan-urea. Pemilihan media air dalam uji lepas lambat dikarenakan air menjadi salah satu pengaruh hilangnya kandungan nitrogen dalam pupuk urea konvensional melalui proses pencucian (*leaching*).

Uji lepas lambat nitrogen dari *beads* dilakukan dengan mencari nilai absorbansi dari masing-masing sampel yang diambil menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Dari nilai absorbansi yang didapatkan dapat dihitung konsentrasi nitrogen yang terlepas dalam air melalui persamaan garis dalam kurva standar urea pada gambar 4.6. Lepas lambat nitrogen dari *beads* silika-kitosan-urea dapat dilihat dalam grafik pada gambar 4.9

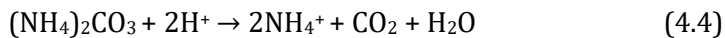
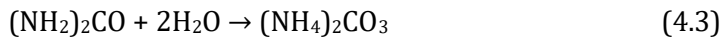


Gambar 4. 9 Lepas lambat nitrogen dalam media air variasi komposisi 1:2; 1,5:1,5; dan 2:1

Sesuai dengan hasil lepas lambat nitrogen dalam media air yang ditunjukkan gambar 4.9 terlihat bahwa masing-masing variasi *beads* memberikan proses lepas lambat yang berbeda. Pupuk urea pa. melepaskan kandungan nitrogen dengan cepat, hal ini ditandai dengan larut sepenuhnya urea pada medium air dalam waktu 5 menit saja. Hal tersebut dikaitkan dengan tidak adanya pelindung urea, sehingga air akan berinteraksi langsung dengan urea dan proses hidrolisis akan memudahkan pelepasan nitrogen ke air.

Senyawa nitrogen yang dianalisis berupa amonia yang dihasilkan dari proses hidrolisis urea dengan melalui

beberapa rangkaian reaksi kimia. Proses hidrolisis urea menghasilkan senyawa karbamat, yang kemudian dengan adanya ion H^+ berubah menjadi ammonium. Selanjutnya ammonium dengan adanya penambahan OH^- akan mengubah ammonium menjadi amonia. Hidrolisis urea menjadi amonia dapat dilihat pada mekanisme reaksi yang berikut ini :



(Irwanto *et al.*, 2021)

Variasi 2:1 menunjukkan pelepasan nitrogen yang paling lambat dengan adanya grafik yang lebih landai, dan disusul dengan variasi 1,5:1,5 dan variasi 1:2. Proses pelepasan nitrogen ke air meningkat dengan semakin sedikitnya komposisi silika dalam *beads*. Variasi 2:1 membuktikan bahwa dengan komposisi silika yang lebih tinggi dalam *beads* akan meningkatkan ikatan hidrogen yang terbentuk antara gugus silanol pada silika dengan urea (Xiang *et al.*, 2018). Menurut Yazhen Shen *et al.*, (2019) peningkatan komposisi silika akan meningkatkan kekerasan dan ketahanan *beads* akan air, sehingga akan berpengaruh dalam degradasi silika oleh air. Semakin tahan *beads* terhadap air akan lebih dapat menahan pelepasan nitrogen dalam air. Hal tersebut terbukti

dengan variasi 1:2 yang *beads*nya lebih tahan akan air, sehingga lebih bisa menahan pelepasan nitrogen dalam air, dimana variasi tersebut merupakan variasi dengan komposisi silika yang paling tinggi.

Adapun komposisi kitosan akan berpengaruh pada bagian luar *beads*, sifat hidrofobik yang dimiliki kitosan akan menjadi pelindung fisik terhadap *beads*, sehingga silika maupun nitrogen dalam urea akan lebih sukar terdegradasi dan terlepas dalam air (Wulan *et al.*, 2017). Ikatan hidrogen yang terbentuk antara kitosan dan urea akan meningkatkan lepas lambat nitrogen dalam media air. Menurut Jayanudin *et al.*, (2021) kitosan akan melepaskan nitrogen dengan menyerap air terlebih dahulu, nitrogen dari urea disimpan dan membentuk ikatan hidrogen dengan amina. Lalu diikuti dengan pelepasan nitrogen, sehingga pelepasan nitrogen dapat terkendali.

Sesuai dengan pembahasan di atas, *beads* dengan komposisi silika lebih banyak akan lebih tahan terhadap media air, sehingga *beads* lebih bisa mengontrol pelepasan nitrogen dalam air. Kitosan yang memiliki sifat sukar larut dalam air akan berpengaruh pada ketahanan *beads* di bagian luar karena menjadi pelapis yang melindungi silika dan urea (Wulan *et al.*, 2017). Maka dari itu, *beads* dengan komposisi kitosan yang tinggi

namun tidak diimbangi dengan silika yang cukup akan mengurangi kekerasan dan ketahanan *beads*, sehingga nitrogen akan lebih cepat terlepas dalam air.

Menurut Sukma *et al.*, (2016) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa terdapat tiga mekanisme dalam pelepasan pupuk lepas lambat, yaitu proses difusi, mekanisme lambat dan mekanisme cepat. Proses difusi adalah proses ketika proton dari media lepas lambat (air) berdifusi ke dalam sistem *beads* dan melepaskan interaksi antar dan inter-polimer. Mekanisme lambat adalah proses pelepasan urea dari sistem *beads* dimana proton yang telah berhasil berdifusi kemudian melepaskan ikatan urea dalam jumlah sedikit dan secara lambat. Mekanisme cepat adalah proses pelepasan urea dari sistem *beads* pada ikatan yang terbentuk antara kation dengan unit pada kitosan di mana jumlah urea yang dilepaskan dalam jumlah yang banyak dan secara cepat.

Berdasarkan pada gambar 4.9 dapat diketahui bahwa masing-masing variasi pupuk lepas lambat memiliki mekanisme lepas lambat nitrogen yang hampir sama. Ketiga variasi tersebut mengalami dua mekanisme lepas lambat nitrogen, yang didahului dengan mekanisme cepat dan mekanisme lambat. Mekanisme cepat berlangsung pada menit ke-0 hingga menit ke-60,

sedangkan mekanisme lambat berlangsung mulai menit ke-60 hingga menit ke-420.

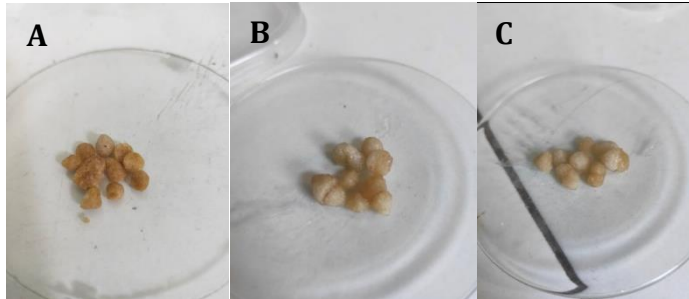
Berdasarkan data hasil penelitian, mekanisme lepas lambat nitrogen dalam air yang paling optimum didapatkan dari variasi silika-kitosan 2:1. Hal tersebut dikaitkan dengan komposisi silika yang lebih tinggi dari pada kitosan, dimana akan menambah ketahanan *beads* akan pengikisan oleh air namun tidak menghilangkan penambahan kitosan sebagai pelapis *beads*, sehingga akan membantu dalam lepas lambat nitrogen dalam air. Dengan itu, *beads* silika-kitosan-urea variasi 2:1 akan digunakan dalam tahapan selanjutnya, yaitu sintesis *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea.

E. *Beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea

Komposisi terbaik dari *beads* silika-kitosan-urea diperoleh dari komposisi silika-kitosan variasi 2:1, hal tersebut dikarenakan variasi 2:1 memiliki grafik lepas lambat nitrogen yang paling landai diantara grafik variasi yang lain. Penambahan asam fulvat mempunyai banyak keuntungan sebagai bagian penting dari proses pemupukan terhadap tumbuhan. Pengaplikasian asam fulvat sendiri variatif, bisa langsung diaplikasikan dalam bentuk padatan, cairan, ataupun sebagai campuran

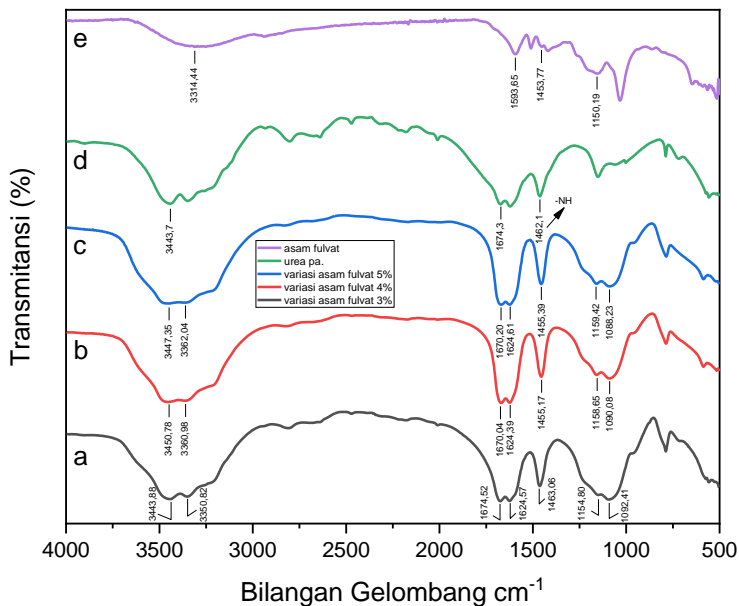
pupuk yang lain. Asam fulvat merupakan substansi humik yang menjadi komponen penting karena dapat meningkatkan kapasitas menahan air dan penyeimbang pH (Osman, 2018).

Penambahan asam fulvat dalam penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas lepas lambat pupuk lepas lambat silika-kitosan-urea. Penambahan asam fulvat dilakukan dengan perendaman *beads* silika-kitosan-urea ke dalam larutan asam fulvat dengan variasi konsentrasi, yaitu konsentrasi 5%, 4%, dan 3% yang sebelumnya telah dibuat. Pemilihan konsentrasi tersebut sesuai dengan rujukan yang ada, karena hanya kadar yang sesuai yang dapat memberikan efek positif terhadap pupuk lepas lambat (Geng *et al.*, 2020). Adanya variasi asam fulvat dilakukan untuk memperoleh variasi terbaik sebagai *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea. Dengan asumsi salah satu dari variasi komposisi akan memberikan hasil pelepasan nitrogen yang lebih lambat. *Beads* yang dihasilkan dikeringkan pada suhu 50°C selama 2 jam untuk dihasilkan *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea. Penampakan dari hasil sintesis *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea dengan variasi asam fulvat 3%, 4%, dan 5% disajikan pada gambar 4.10.



Gambar 4. 10 *Beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea. (A) variasi 5%. (B) variasi 4%. (C) variasi 3%

Hasil sintesis *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea pada gambar 4.10 terlihat berwarna coklat yang mengindikasikan adanya asam fulvat dalam *beads* tersebut. *Beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea terlihat semakin berwarna gelap dengan meningkatnya konsentrasi asam fulvat yang ditambahkan. Karakterisasi dilakukan pada semua variasi *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea, dengan menggunakan spektrometer FTIR untuk mengamati gugus fungsi yang ada pada masing-masing variasi. Hasil karakterisasi dari variasi komposisi *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea dan urea pa. disajikan pada gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Spektrum FTIR *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea. (a) variasi 5%. (b) variasi 4%. (c) variasi 3%. (d) urea pa. (e) asam fulvat

Tabel 4. 3 Spektrum hasil uji FTIR *Beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea

No	Gugus	Rentang	Asam fulvat	Urea pa.	Panjang Gelombang (cm ⁻¹)		
					Hasil sintesis	Var 5%	Var 4%
1.	Vibrasi ulur NH	3100–3500 cm ⁻¹ (a)	-	3443,7 cm ⁻¹	3443,88 cm ⁻¹	3450,78 cm ⁻¹	3447,35 cm ⁻¹
2.	vibrasi ulur C=O amida	1650–1700 cm ⁻¹ (a)	-	1674,3 cm ⁻¹	1674,52 cm ⁻¹	1670,04 cm ⁻¹	1670,20 cm ⁻¹

3.	vibrasi tekuk NH	1400-1600 cm ⁻¹ (a)	-	1462,1 cm ⁻¹	1463,06 cm ⁻¹	1455,17 cm ⁻¹	1455,39 cm ⁻¹
4.	vibrasi ulur Si-O-Si	1000 - 1100 cm ⁻¹ (b)	-	-	1092,41 cm ⁻¹	1090,08 cm ⁻¹	1088,23 cm ⁻¹
5.	C-H alifatik	1450-1465 cm ⁻¹ (c)	1453,77 cm ⁻¹	-	1463,06 cm ⁻¹	1455,17 cm ⁻¹	1455,39 cm ⁻¹
6.	vibrasi -OH	3300 - 3600 cm ⁻¹ (d)	3314,44 cm ⁻¹	-	3350,82 cm ⁻¹	3360,98 cm ⁻¹	3362,04 cm ⁻¹
7.	C=O karboksilat	1600 - 1650 cm ⁻¹ (e)	1593,65 cm ⁻¹	-	1624,57 cm ⁻¹	1624,39 cm ⁻¹	1624,61 cm ⁻¹
8.	C-O karboksilat	1100-1300 cm ⁻¹ (e)	1150,19 cm ⁻¹	-	1154,80 cm ⁻¹	1158,65 cm ⁻¹	1159,42 cm ⁻¹

(a) (Savana *et al.*, 2018)

(b) (Hossain *et al.*, 2017)

(c) (Sya'diyah *et al.*, 2016)

(d) (Rattanapan *et al.*, 2017)

(e) (Oktaviana *et al.*, 2020)

Berdasarkan pada gambar 4.11 ditemukan bahwa terdapat puncak-puncak yang mengindikasikan adanya berbagai gugus yang terdapat pada urea pa. dan *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea. Urea pa. dapat ditandai dengan adanya vibrasi ulur NH, vibrasi ulur C=O, dan vibrasi tekuk NH. Vibrasi ulur NH dari urea pa. ditunjukkan dengan adanya puncak serapan pada bilangan gelombang 3443,77 cm⁻¹ dan 3349,04 cm⁻¹, sedangkan puncak serapan pada 1674,35 cm⁻¹ dan 1462,15 cm⁻¹

masing-masing menunjukkan adanya vibrasi ulur C=O dan vibrasi tekuk NH. Interaksi antara urea pa. dengan silika-kitosan-asam fulvat dapat diketahui dengan adanya pergeseran bilangan gelombang pada puncak serapan gugus fungsional dari urea pa.

Variasi asam fulvat 5% menunjukkan adanya puncak serapan pada bilangan gelombang $3443,88 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya vibrasi ulur NH, vibrasi tersebut mengindikasikan adanya gugus amina pada urea. Puncak serapan yang sama juga muncul pada variasi asam fulvat 3%, dan 4% yang masing-masing pada bilangan gelombang $3450,78 \text{ cm}^{-1}$ dan $3447,35 \text{ cm}^{-1}$. Adanya urea juga ditandai dengan munculnya vibrasi ulur C=O dan vibrasi tekuk NH, vibrasi ulur C=O muncul pada variasi asam fulvat 5%, 4%, dan 3% masing-masing pada bilangan gelombang $1674,52 \text{ cm}^{-1}$, $1670,04 \text{ cm}^{-1}$, dan $1670,20 \text{ cm}^{-1}$. Sedangkan untuk vibrasi tekuk NH ditandai dengan adanya puncak serapan pada rentang bilangan gelombang $1400\text{-}1600 \text{ cm}^{-1}$. Puncak serapan muncul dari variasi 5% pada bilangan gelombang $1463,06 \text{ cm}^{-1}$, sedangkan variasi 4% dan 3% masing-masing muncul pada bilangan gelombang $1455,17 \text{ cm}^{-1}$, dan $1455,39 \text{ cm}^{-1}$ (Savana *et. al.*, 2018). Adanya pergeseran bilangan gelombang dan perubahan intensitas serapan urea

tersebut menunjukkan adanya interaksi antara pupuk urea dan silika-kitosan-asam fulvat (de Silva *et al.*, 2020).

Puncak serapan juga muncul pada bilangan gelombang 1092,41 cm^{-1} dari variasi asam fulvat 5%, serapan pada bilangan gelombang tersebut menunjukkan adanya vibrasi ulur dari Si-O-Si. Puncak serapan yang hampir sama juga ditunjukkan pada variasi yang lain, variasi 4% terletak pada bilangan gelombang 1090,08 cm^{-1} dan variasi 3% pada bilangan gelombang 1088,23 cm^{-1} . Pergeseran puncak serapan vibrasi ulur Si-O-Si pada penambahan asam fulvat mengarah ke bilangan gelombang yang lebih besar, hal tersebut dikarenakan adanya interaksi antara gugus Si-O-Si dengan gugus fungsional dari asam fulvat. Penelitian Hossain *et al.*, (2017) dan Savana *et al.*, (2018) menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dimana masing-masing menunjukkan puncak serapan vibrasi ulur Si-O-Si pada panjang gelombang 1060 cm^{-1} dan 1076,32 cm^{-1} .

Puncak serapan juga muncul pada masing-masing bilangan gelombang 1463,06 cm^{-1} , 1455,17 cm^{-1} , dan 1455,39 cm^{-1} untuk variasi asam fulvat 5%, 4%, dan 3% secara berurutan. Puncak serapan yang muncul dalam rentang bilangan gelombang 1450-1465 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi tekuk dari gugus C-H alifatik (Sya'diyah *et al.*, 2016). Sedangkan puncak serapan yang

muncul dalam rentang bilangan gelombang 3000-3600 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi ulur dari gugus gugus hidroksil (-OH). Variasi asam fulvat 5% menunjukkan puncak serapan pada bilangan gelombang 3350,82 cm^{-1} , sedangkan variasi asam fulvat 4% dan 3% ditunjukkan puncak serapan pada bilangan gelombang 3360,98 cm^{-1} , dan 3362,04 cm^{-1} (Rattanapan *et al.*, 2017).

Asam fulvat dapat ditandai dengan adanya gugus hidroksil (-OH), C-H alifatik, C=O karboksilat, dan C-O karboksilat. Gugus hidroksil muncul pada bilangan gelombang 3314,44 cm^{-1} dengan puncak yang lebar, sedangkan C=O dan C-O karboksilat masing-masing muncul pada bilangan gelombang 1593,65 cm^{-1} dan 1150,19 cm^{-1} . Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Oktaviana *et al.*, (2020) yang menunjukkan adanya gugus C=O karboksilat yang muncul pada rentang bilangan gelombang 1600-1650 cm^{-1} , sedangkan gugus C-O muncul pada rentang bilangan gelombang 1100-1300 cm^{-1} . Puncak serapan pada bilangan gelombang 1453,77 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-H alifatik yang rentang bilangan gelombangnya sudah dibahas sebelumnya.

Puncak serapan vibrasi ulur gugus hidroksil (-OH) muncul dari tiap variasi penambahan asam fulvat, dimana gugus tersebut telah dibahas sebelumnya. Hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan penelitian Oktaviana

et al., (2020) yang menunjukkan adanya puncak serapan pada bilangan gelombang 3425 cm^{-1} . Sedangkan hasil FTIR gugus C-H alifatik telah dibahas sebelumnya, dimana hasil yang didapatkan tidak berbeda jauh dengan penelitian Sharma *et al.*, (2022) yang menunjukkan adanya puncak serapan pada bilangan gelombang $1446,50\text{ cm}^{-1}$.

Puncak serapan dari spektrum variasi asam fulvat 5% juga muncul pada bilangan gelombang $1624,57\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus C=O karboksilat. Spektrum dari variasi asam fulvat 4% dan 3% juga muncul masing-masing pada bilangan gelombang $1624,39\text{ cm}^{-1}$, dan $1624,61\text{ cm}^{-1}$. Gugus C-O karboksilat juga merupakan gugus karakteristik dari asam fulvat, pada penelitian Sharma *et al.*, (2022) menunjukkan adanya gugus C-O karboksilat pada bilangan gelombang 1126 cm^{-1} . Spektrum hasil uji FTIR dari variasi asam fulvat 5%, 4% dan 3% masing-masing memunculkan puncak serapan pada $1154,80\text{ cm}^{-1}$, $1158,65\text{ cm}^{-1}$, dan $1159,42\text{ cm}^{-1}$, secara berurutan.

Berdasarkan dari hasil interpretasi berbagai puncak serapan yang muncul pada spektrum FTIR, diketahui bahwa masing-masing variasi penambahan asam fulvat dalam *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea memiliki gugus karakteristik dari urea, silika, kitosan, dan asam

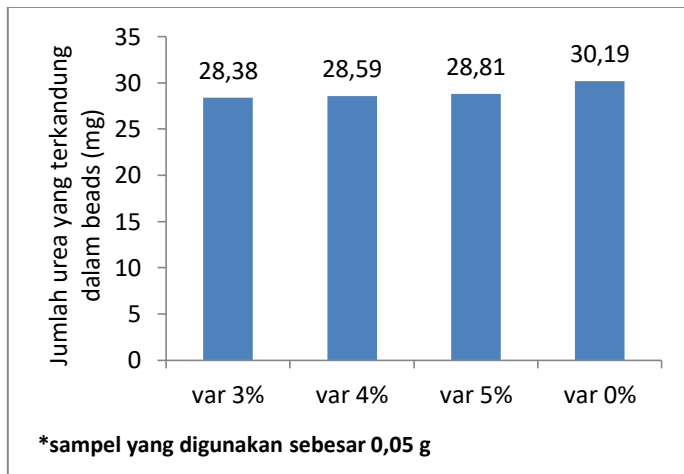
fulvat. Gugus karakteristik dari urea meliputi gugus amina (-NH) dan gugus C=O amida. Sedangkan gugus karakteristik silika yaitu gugus Si-O-Si yang ditunjukkan dengan vibrasi ulur. Gugus karakteristik dari kitosan yaitu, gugus hidroksi (-OH), gugus amina (-NH), gugus C=O amida dan gugus C-H alifatik. Asam fulvat ditambahkan ditandai dengan adanya gugus karakteristik gugus hidroksil, C-H alifatik, gugus C-O karboksilat dan gugus C=O karboksilat. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea berhasil dibuat. Representasi hasil uji FTIR *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea bisa dilihat pada tabel 4.3.

F. Pengujian Lepas Lambat *Beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea

Analisis kandungan urea dalam *beads* dilakukan terlebih dahulu pada proses uji lepas lambat *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea. *Beads* yang dihasilkan berasal dari *beads* silika-kitosan-urea dengan variasi yang sama, sehingga dapat diasumsikan ketiga variasi *beads* memiliki kandungan urea yang hampir sama. Adapun perbedaan warna pada *beads* dikarenakan perbedaan variasi asam fulvat yang digunakan. Maka, perlu dilakukan analisis untuk membuktikan asumsi tersebut

dengan analisis kandungan urea dalam *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea.

Analisis urea yang terkandung dalam *beads* dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis menggunakan kurva standar dari larutan standar urea 80, 100, 120, 140, dan 160 ppm yang dapat dilihat pada Gambar 4.5. Kurva standar urea yang ditunjukkan pada gambar 4.5 menunjukkan nilai koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,9949 dan persamaan garis $y = 0,0006x - 0,0196$. Persamaan garis tersebut akan menunjukkan konsentrasi urea dari masing-masing sampel. Hasil dari analisis urea yang terkandung dalam *beads* dengan variasi komposisi silika-kitosan disajikan dalam grafik pada gambar 4.12



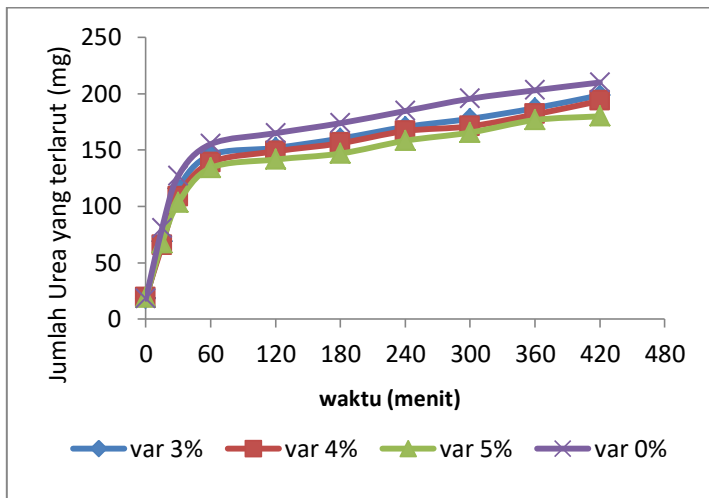
Gambar 4. 12 Jumlah urea dalam *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea

Berdasarkan gambar 4.12 didapatkan informasi bahwa urea yang terkandung dalam *beads* semakin meningkat dengan semakin tingginya konsentrasi dari penambahan asam fulvat. Kandungan urea dalam *beads* tidak jauh berbeda dari tiap variasi, variasi asam fulvat 5% memiliki kandungan tertinggi sebanyak 28,81 mg dan disusul dengan variasi 4% dan 3% dengan kandungan masing-masing 28,59 mg dan 28,38 mg. Kandungan urea dalam *beads* menurun setelah penambahan asam fulvat, Hal tersebut dikarenakan belum adanya interaksi antara *beads* dengan asam fulvat, sehingga urea yang terkandung belum ada yang terlepas (Savana *et. al.*, 2017).

Kemungkinan perbedaan jumlah urea yang terkandung dalam *beads* diakibatkan perbedaan jumlah urea yang terlepas karena adanya kontak dengan molekul air saat perendaman dengan asam fulvat. Konsentrasi asam fulvat yang menurun akan mengurangi interaksi asam fulvat dengan urea, yaitu gugus HCO_3^- yang mengikat gugus NH_4^+ , sehingga pada variasi 3% memiliki kandungan urea yang lebih sedikit daripada yang lain.

Beads silika-kitosan-asam fulvat-urea variasi 5%, 4%, 3%, 0% dan urea pa. dilakukan uji pelepasan urea dalam media air untuk mengetahui daya lepas lambat nitrogen

dalam pupuk lepas lambat. Masing-masing variasi dilakukan sampling sebanyak 4mL pada menit ke-0, 15, 30, 60, 120, 180, 240, 300, 360, dan menit 420. Pemilihan media air dalam uji lepas lambat karena air menjadi salah satu pengaruh hilangnya kandungan urea dalam pupuk urea konvensional melalui proses *leaching* (pencucian). Uji lepas lambat nitrogen dari *beads* dilakukan dengan mencari nilai absorbansi dari masing-masing *beads* menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Dari nilai absorbansi yang didapatkan dapat dihitung konsentrasi urea yang terlepas dalam air melalui persamaan garis dalam kurva standar urea pada gambar 4.5. Lepas lambat nitrogen dalam media air dari *beads* silika-kitosan-urea dapat dilihat dalam grafik pada Gambar 4.13



Gambar 4. 13 Lepas lambat nitrogen dalam media air

Sesuai dengan hasil lepas lambat nitrogen dalam media air yang ditunjukkan gambar 4.13 terlihat bahwa masing-masing variasi sampel memberikan proses pelepasan nitrogen ke media air yang berbeda-beda. Pupuk Urea pa. melepaskan kandungan nitrogen dengan sangat cepat karena tidak adanya penghalang interaksi antara urea dengan pelarut (media air), sehingga nitrogen lebih mudah untuk terlepas. Uji lepas nitrogen dalam urea pa. didapatkan bahwa dapat 100% larut dan terkandung dalam air selama 5 menit. Berbeda dengan *beads* yang dihasilkan, baik dengan adanya penambahan asam fulvat maupun tidak. *Beads* memberikan pelepasan urea dalam air lebih lambat, hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan silika, kitosan, dan asam fulvat pada urea mampu mempengaruhi lepas lambat nitrogen dari urea dalam media air.

Uji pelepasan nitrogen dalam air menunjukkan adanya peningkatan proses lepas lambat dengan meningkatnya konsentrasi asam fulvat dalam *beads*. Variasi *beads* dengan penambahan asam fulvat 5% menunjukkan grafik yang paling landai, namun pada penambahan asam fulvat 4% dan 3% tidak menunjukkan perbedaan yang begitu besar dalam proses lepas lambat urea. Hal tersebut dikarenakan konsentrasi yang tepat akan memberikan efek lepas lambat yang lebih efektif terhadap pelepasan

urea. Perbedaan yang cukup besar ditunjukkan antara *beads* tanpa penambahan asam fulvat dengan *beads* dengan asam fulvat, hal tersebut menunjukkan penambahan asam fulvat dalam *beads* silika-kitosan-urea dapat menambah daya lepas lambat nitrogen dari urea dalam media air.

Asam fulvat termasuk dalam bahan makromolekul polielektrolit yang mempunyai gugus fungsional seperti –COOH, –OH fenolat, dan –OH alkoholat. Asam fulvat dapat menurunkan pH media yang digunakan, pH yang rendah akan dapat menghambat proses hidrolisis urea sehingga dapat menghambat pelepasan nitrogen dalam bentuk amonia (Rosliza *et al.*, 2009). Proses hidrolisis urea akan melepas sejumlah NH_4^+ dalam jumlah yang besar, yang bersamaan dengan pelepasan HCO_3^- dari asam fulvat. HCO_3^- yang bermuatan negatif akan mengikat sebagian besar NH_4^+ dengan muatan positif, sehingga akan menahan proses perubahan amonium menjadi amonia. Proses tersebut tentunya akan mengurangi pelepasan nitrogen dalam bentuk amonia dalam air (Reeza *et al.*, 2009). Variasi dengan penambahan asam fulvat 5% menjadi variasi yang paling efektif dalam pelepasan urea, hal tersebut dikarenakan semakin tinggi konsentrasi asam fulvat maka HCO_3^- yang dilepaskan akan semakin

banyak sehingga lebih dapat menahan perubahan amonium menjadi amonia.

Seperti yang telah dibahas sebelumnya, Menurut Sukma *et al.*, (2016) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa terdapat tiga mekanisme dalam pelepasan pupuk lepas lambat, yaitu proses difusi, mekanisme lambat dan mekanisme cepat. Berdasarkan pada gambar 4.11 dapat diambil informasi bahwa masing-masing variasi pupuk lepas lambat memiliki mekanisme lepas lambat yang kurang lebih sama, baik dengan penambahan asam fulvat maupun tidak. Kedua mekanisme lepas lambat urea dialami dalam semua variasi pupuk lepas lambat, dimana mekanisme cepat berlangsung pada menit ke-0 hingga menit ke-60, dan mekanisme cepat terjadi setelah menit ke-60. Sedangkan pada urea pa. mekanisme pelepasan urea terbilang cepat namun stabil, karena tidak adanya penghalang pelepasan urea sehingga urea akan lebih cepat terlepas dari pada pupuk lepas lambat yang telah disintesis.

Data hasil penelitian menunjukkan bahwa mekanisme lepas lambat didapatkan pada variasi penambahan asam fulvat 5%, dan dapat dikatkan lepas lambat nitrogen pada variasi penambahan asam fulvat 5%, lebih terkontrol daripada variasi yang lainnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Komposisi terbaik dalam sintesis pupuk lepas lambat nitrogen berbasis silika-kitosan-asam fulvat-urea diperoleh dari *beads* silika-kitosan-urea variasi 2:1 yang ditambahkan asam fulvat dengan konsentrasi 5%. Hal tersebut sesuai dengan uji lepas lambat nitrogen, dimana komposisi tersebut menunjukkan grafik yang paling landai, yang berarti dapat melepaskan kandungan urea lebih lambat dan lebih terkontrol.
2. Hasil spektrum FTIR dari *beads* silika-kitosan-urea menunjukkan puncak khas pada bilangan gelombang $1092,41\text{ cm}^{-1}$, $1674,52\text{ cm}^{-1}$, dan $3443,88\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan keberadaan gugus karakteristik dari silika, kitosan, dan urea. Hasil spektrum FTIR dari *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea menunjukkan puncak khas pada bilangan gelombang $1092,41\text{ cm}^{-1}$, $1674,52\text{ cm}^{-1}$, $1624,57\text{ cm}^{-1}$, dan $3443,88\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan keberadaan gugus karakteristik dari silika, kitosan, asam fulvat, dan urea. Antar variasi

yang disintesis tidak menunjukkan adanya perbedaan perbedaan bilangan gelombang pada puncak serapan yang muncul, hanya saja terdapat beberapa intensitas puncak serapan yang tidak berbeda jauh.

3. Aktivitas lepas lambat nitrogen dalam urea dari pupuk yang dihasilkan didapatkan dari hasil uji lepas lambat *beads* dalam media air. Hasil yang diperoleh berhasil menunjukkan pelapasan secara lambat kandungan nitrogen dalam pupuk, penambahan silika, kitosan dan asam mampu mengoptimalkan pelepasan lambat urea dalam medium air.

B. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi komposisi silika-kitosan dan konsentrasi asam fulvat yang digunakan sebagai pelapis urea, pengujian pupuk lepas lambat dengan media/ model pelepasan yang lain, serta pupuk lepas lambat silika-kitosan-asam fulvat 5% perlu dilakukan uji pengaplikasian langsung pada tanaman tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, M., Wijayati, N., & Mursiti, S. (2018). Indonesian Journal of Chemical Science Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik dari Pati Biji Alpukat-Kitosan dengan Plasticizeafifr Sorbitol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(2).
- Al-Samarrai, M. N., Hamzah, R., Sam, S. T., Noriman, N. Z., Dahham, O. S., Syed Idrus, S. Z., & Adam, T. (2018). Slow Release Material from Epoxidized Natural Rubber and Rice Husk Composites for Agriculture Applications. *Journal of Physics: Conference Series*, 1019(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1019/1/012063>
- Alyosef, H. A., Eilert, A., Welscher, J., Ibrahim, S. S., Denecke, R., Schwieger, W., & Enke, D. (2013). Characterization of biogenic silica generated by thermo chemical treatment of rice husk. *Particulate Science and Technology*, 31(5), 524–532.
<https://doi.org/10.1080/02726351.2013.782931>
- Azat, S., Korobeinyk, A. V., Moustakas, K., & Inglezakis, V. J. (2019). Sustainable production of pure silica from rice husk waste in Kazakhstan. *Journal of Cleaner Production*, 217, 352–359.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.142>

- Azeem, B., Kushaari, K., Man, Z. B., Basit, A., & Thanh, T. H. (2014). Review on materials & methods to produce controlled release coated urea fertilizer. *Journal of Controlled Release*, 181(1), 11–21.
<https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2014.02.020>
- Azizati, Z. (2017). *Pembuatan Bioplastik Karboksimetil Selulosa-Kolin Klorida-Urea Bentonit sebagai Model Pupuk Nitrogen Lepas Lambat*. Universitas Gajah Mada.
- Beig, B., Niazi, M. B. K., Jahan, Z., Hussain, A., Zia, M. H., & Mehran, M. T. (2020). Coating materials for slow release of nitrogen from urea fertilizer: a review. *Https://Doi.Org/10.1080/01904167.2020.1744647*, 43(10), 1510–1533.
<https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1744647>
- Cahyono, E. (2018). Karakteristik Kitosan Dari Limbah Cangkang Udang Windu (*Panaeus monodon*). *Akuatika Indonesia*, 3(2), 96.
<https://doi.org/10.24198/jaki.v3i2.23395>
- Costa, M. M. E., Cabral-Albuquerque, E. C. M., Alves, T. L. M., Pinto, J. C., & Fialho, R. L. (2013). Use of polyhydroxybutyrate and ethyl cellulose for coating of urea granules. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(42), 9984–9991.
<https://doi.org/10.1021/jf401185y>

- Croisier, F., & Jérôme, C. (2013). Chitosan-based biomaterials for tissue engineering. *European Polymer Journal*, 49(4), 780–792.
<https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2012.12.009>
- Dallan, P. R. M., Moreira, P. D. L., Petinari, L., Malmonge, S. M., Beppu, M. M., Genari, S. C., & Moraes, A. M. (2007). Effects of chitosan solution concentration and incorporation of chitin and glycerol on dense chitosan membrane properties. *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 80(2), 394–405.
<https://doi.org/10.1002/jbm.b.30610>
- de Silva, M., Siriwardena, D. P., Sandaruwan, C., Priyadarshana, G., Karunaratne, V., & Kottegoda, N. (2020). Urea-silica nanohybrids with potential applications for slow and precise release of nitrogen. *Materials Letters*, 272, 127839. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2020.127839>
- França, A. A., Schultz, J., Borges, R., Wypych, F., & Mangrich, A. S. (2017). Rice husk ash as raw material for the synthesis of silicon and potassium slow-release fertilizer. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 28(11), 2211–2217.
<https://doi.org/10.21577/0103-5053.20170072>
- Geng, J., Yang, X., Huo, X., Chen, J., Lei, S., Li, H., Lang, Y., & Liu, Q. (2020). Effects of controlled-release urea combined with fulvic acid on soil inorganic nitrogen, leaf

- senescence and yield of cotton. *Scientific Reports*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74218-2>
- Giraldo, J. D., & Rivas, B. L. (2017). Determination of urea using p-N,N-dimethylaminobenzaldehyde: Solvent effect and interference of chitosan. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 62(2), 3538–3542. <https://doi.org/10.4067/S0717-97072017000200023>
- Handayani, P. A., Nurjannah, E., & Rengga, W. D. P. (2015). Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Menjadi Silika Gel. *Jurnal Bahan Alam Tabarukan*, 4(2), 55–59. <https://doi.org/10.15294/jbat.v3i2.3698>
- Hossain, S. K. S., Mathur, L., Singh, P., & Majhi, M. R. (2017). Preparation of forsterite refractory using highly abundant amorphous rice husk silica for thermal insulation. *Journal of Asian Ceramic Societies*, 5(2), 82–87. <https://doi.org/10.1016/j.jascer.2017.01.001>
- Indrijayanti, S. (2019). Sintesis Kalsium Bentonit Kitosan sebagai Material Lepas Lambat Pupuk Urea. In *Skripsi Kimia UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta* (Issue 2).
- Irwanto, D., Bahaudin, R., Wardana, R. L. A., Muhammad, F., Luthfi, M., Suyuti, M., Kustiningsih, I., Lestari, R. S. D., & Jayanudin, J. (2021). Analisis Kandungan Nitrat, Nitrit , Dan Ammonia Dalam Air Sebagai Medium Release Dari Pupuk Urea Pelepasan Terkendali Untuk

Mengidentifikasi Pengaruhnya Terhadap Lingkungan. *Jurnal Integrasi Proses*, 10(1), 57.

<https://doi.org/10.36055/jip.v10i1.10066>

Jayanudin, Lestari, R. S. D., Kustiningsih, I., Irawanto, D., Bahaudin, R., Wardana, R. L. A., Muhammad, F., Suyuti, M., & Luthfi, M. (2021). Preparation of chitosan microspheres as carrier material to controlled release of urea fertilizer. *South African Journal of Chemical Engineering*, 38(February), 70–77.

<https://doi.org/10.1016/j.sajce.2021.08.005>

Lasindrang, M. (2014). *KOMPOSIT NANOSILIKA-KITOSAN Pupuk Lepas-Lambat Si Untuk Tanaman Padi* (I. Aziz (ed.); 1st ed.). ZAHIR PUBLISHING.

Li, T., Gao, B., Tong, Z., Yang, Y., & Li, Y. (2019). Chitosan and Graphene Oxide Nanocomposites as Coatings for Controlled-Release Fertilizer. *Water, Air, and Soil Pollution*, 230(7). <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4173-2>

Li, Z., Liu, Z., Zhang, M., Chen, Q., Zheng, L., Li, Y. C., & Sun, L. (2021). The combined application of controlled-release urea and fulvic acid improved the soil nutrient supply and maize yield. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67(5), 633–646.

<https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1742326>

- Meléndez-Ortiz, H. I., Perera-Mercado, Y., Mercado-Silva, J. A., Olivares-Maldonado, Y., Castruita, G., & García-Cerda, L. A. (2014). Functionalization with amine-containing organosilane of mesoporous silica MCM-41 and MCM-48 obtained at room temperature. *Ceramics International*, *40*(7 PART A), 9701–9707.
<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2014.02.051>
- Muadifah, A., & Ngibad, K. (2020). Analisis Merkuri Dan Hidrokuinon Pada Krim Pemutih Yang Beredar Di Blitar. *Dalton : Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia*, *3*(2), 1–9. <https://doi.org/10.31602/dl.v3i2.3905>
- Mukerabigwi, J. F., Wang, Q., Ma, X., Liu, M., Lei, S., Wei, H., Huang, X., & Cao, Y. (2015). Urea fertilizer coated with biodegradable polymers and diatomite for slow release and water retention. *Journal of Coatings Technology and Research*, *12*(6), 1085–1094.
<https://doi.org/10.1007/s11998-015-9703-2>
- Musthofa, I., Wardana, I. N. G., & Widhiyanuriyawan, D. (2021). Peran Senyawa Asam Fulvat dari Air Gambut terhadap Produktivitas Gas Hidrogen dengan Metode Elektrolisis. *Jurnal Rekayasa Mesin*, *12*(3), 613–620.
<https://doi.org/doi.org/10.21776/ub.jrm.2021.012.03.11>
- Nascimento, P., Marim, R., Carvalho, G., & Mali, S. (2016). Nanocellulose produced from rice hulls and its effect on

the properties of biodegradable starch films. *Materials Research*, 19(1), 167–174.

<https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2015-0423>

Negm, N. A., Hefni, H. H. H., Abd-Elaal, A. A. A., Badr, E. A., & Abou Kana, M. T. H. (2020). Advancement on modification of chitosan biopolymer and its potential applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 152, 681–702.

<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.196>

Oktaviana, D. ., Koesnadi, S., & Widodo, N. . (2020). SERTA APLIKASINYA UNTUK MENGADSORPSI RHODAMIN-B PREPARATION OF MAGNETITE-FULVIC ACID (Fe_3O_4 - FA) FROM PEAT SOIL AND APPLICATION TO ADSORB RHODAMINE-B. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 18(1), 97–101.

Osman, E. (2018). *Effect of nitrogen fertilizer sources and foliar spray of humic and / or fulvic acids on yield and quality of rice plants* *Effect of nitrogen fertilizer sources and foliar spray of humic and / or fulvic acids on yield and quality of rice plants*. January 2013.

Prihhapso, Y., Achmadi, A., Suryani, D., Farhania, W., Aini, H., Achalik, & Nelfyenny. (2020). Panduan Kalibrasi Spektrofotometer Uv-Vis. *Direktorat Standar Nasional Satuan Ukuran Termoelektrik Dan Kimia*, 1–28.

- Ramli, R. A. (2019). Slow release fertilizer hydrogels: A review. *Polymer Chemistry*, 10(45), 6073–6090.
<https://doi.org/10.1039/c9py01036j>
- Rattanapan, S., Srikrum, J., & Kongsune, P. (2017). Adsorption of Methyl Orange on Coffee grounds Activated Carbon. *Energy Procedia*, 138, 949–954.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.064>
- Reeza, A. A., Ahmed, O. H., Muhamad, N., Ab, N., Jalloh, M. B., & Campus, B. (2009). Reducing Ammonia Loss from Urea by Mixing with Humic and Fulvic Acids Isolated from Coal Department of Crop Science , Faculty of Agriculture and Food Science , Department of Forestry , Faculty of Agriculture and Food Sciences , School of Sustainable Agric. *American Journal of Environmental Sciences*, 5(3), 420–426.
- Ronaldo, A. (2018). Sulfur Coated Slow Release Urea Fertilizer Production in Spouted Bed. In *ITS* (Vol. 151, Issue 2).
- Rosliza, S., Ahmed, O. H., Muhamad, N., & Majid, A. (2009). Controlling Ammonia Volatilization by Mixing Urea with Humic Acid , Fulvic Acid , Triple Superphosphate and Muriate of Potash Department of Crop Science , Faculty of Agriculture and Food Sciences , Department of Forest Management , Faculty of Forestry , *American Journal of Environmental Sciences*, 5(3), 605–609.

- Sabahi, H., Rabiei, M., Jafari, Y., & Asilan, K. S. (2017). Evaluation of Pomegranate Fruit Powder Coated on Urea as Urea-N-Immobilizer and Soil-P- Mobilizer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis ISSN*., 3624(January), 1–24.
<https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1269794>
- Savana, R., & Kartika Maharani, D. (2018). *Usage Of Chitosan-Silica with Crosslinking Agent As A Matrix For Slow Release Fertilizer*. 171(Snk), 70–72.
<https://doi.org/10.2991/snk-18.2018.16>
- Savana, R. T., & Maharani, D. K. (2017). Pemanfaatan A sam Fulvat Sebagai Optimalizer d alam Pupuk Lepas Lambat Kitosan - Zeolit. *Sains & Matematika*, 5(2), 55–57.
- Sharma, A., & Anthal, R. (2022). Fulvic acid isolation and characterisation from water of a Ramsar Lake Mansar, J&K, India. *Applied Water Science*, 12(1), 1–7.
<https://doi.org/10.1007/s13201-021-01536-9>
- Shen, Yafei. (2017). Rice husk silica derived nanomaterials for sustainable applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80(November 2016), 453–466.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.115>
- Shen, Yazhen, Zhou, J., & Du, C. (2019). Development of a polyacrylate/silica nanoparticle hybrid emulsion for delaying nutrient release in coated controlled-release

urea. *Coatings*, 9(2), 1–12.

<https://doi.org/10.3390/COATINGS9020088>

Solihudin, & Haryono. (2021). PEMANFAATAN ARANG SEKAM PADI SEBAGAI SUMBER SILIKA PADA SINTESIS FORSTERIT DALAM MEDIUM UDARA The Utilization of Rice Husk Charcoal as a Source of Silica in The Synthesis of Forsterite in Air Medium. *Jurnal Keramik Dan Gelas Indonesia*, 29(2), 71–81.

Sukma, N. S., Arryanto, Y., & Sutarno. (2016). Characterization and Study of Iron(III)-released from Alginate/Zeolite/Fe Composite. *Journal of Sciences and Data Analysis*, 80–93.

Sya'diyah, S., Waris, R., & Najib, A. (2016). UPAYA ISOLASI β -ASARONE PADA EKSTRAK n-HEKSAN RIMPANG DRINGO (*Acorus calamus* L.) ASAL KABUPATEN PINRANG. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, 1(1).

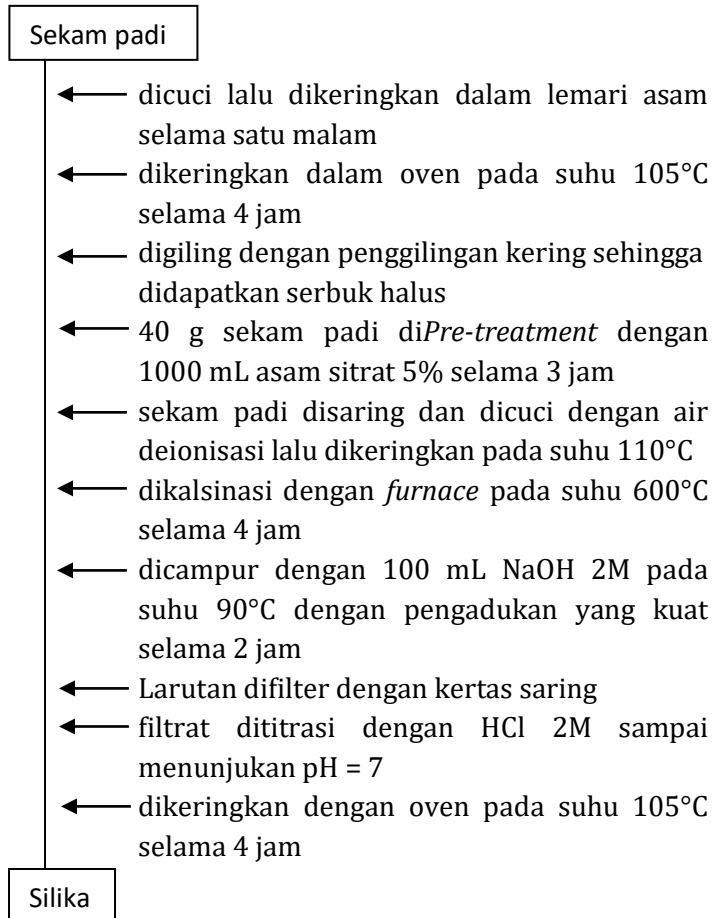
<https://doi.org/10.33096/jffi.v1i1.194>

Trivana, L., Sugiarti, S., & Rohaeti, E. (2015). Sintesis Dan Karakterisasi Natrium Silikat (Na_2SiO_3) Dari Sekam Padi. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 7(2), 66–75.

<https://doi.org/10.20885/jstl.vol7.iss2.art1>

Wulan, L. F. E., & Maharani, D. K. (2017). Pemanfaatan Kitosan-Silika sebagai Matriks pada Pembuatan Pupuk Urea Slow Release. *UNESA Journal of Chemistry*, 6(1), 6–8.

- Xia, X., Zhang, F., Yang, L., Li, X., Wang, J., Linghu, C., & Luo, Z. (2020). Low-Temperature Flowable Poly(lactic acid)/Polycaprolactone Blends for the Solvent-Free Preparation of Slow-Released Urea Fertilizer in a Thermal Shear Field. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 59(47), 20601–20611.
<https://doi.org/10.1021/acs.iecr.0c04419>
- Xiang, Y., Ru, X., Shi, J., Song, J., Zhao, H., Liu, Y., & Zhao, G. (2018). Granular, Slow-Release Fertilizer from Urea-formaldehyde, Ammonium Polyphosphate, and Amorphous Silica Gel: A New Strategy Using Cold Extrusion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(29), 7606–7615.
<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b02349>
- Yerizam, M., Purnamasari, I., Hasan, A., & Junaidi, R. (2017). Modifikasi Urea menjadi Pupuk Lepas dan NaOH sebagai Binder. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(4), 226–229.
- Zarwinda, I., & Sartika, D. (2018). Pengaruh Suhu dan Waktu Ekstraksi terhadap Kafein dan Kopi. *Lantanida Journal*, 6(2), 103–202.

LAMPIRAN-LAMPIRAN**Lampiran 1. Skema Kerja Penelitian****A. Preparasi Silika (Abu Sekam Padi)**

B. Pembuatan larutan kitosan

0,2 g kitosan

- ← dilarutkan dalam 100 mL larutan Asam Asetat 2% (v/v)
- ← larutan diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 2 Jam sampai homogen

Larutan kitosan

C. *Beads silika-kitosan-urea*

Silika+kitosan+urea

- ← silika dicampurkan ke dalam larutan kitosan dengan perbandingan komposisi 1:2; 1,5:1,5; 2:1 (v/v)
- ← ditambahkan pupuk urea ke dalam campuran dengan perbandingan berat 7:3 (w:w)
- ← Campuan Silika-Kitosan-Urea diaduk selama 2 jam pada suhu 27°C
- ← Campuran yang terbentuk diteteskan ke dalam larutan NaOH 1M menggunakan *syringe*
- ← *beads* yang terbentuk dikeringkan pada suhu 45°C selama 12 jam
- ← *beads* yang dihasilkan dikarakterisasi dengan FTIR

Beads silika-kitosan-urea

D. *Beads Silika-Kitosan-Urea*

Penentuan panjang gelombang maksimum

p-DAB + HCl + etanol

- ← 1 g p-DAB dilarutkan dengan 10 mL HCl 0,1 M dan 50 mL etanol 96%
- ← Larutan standar urea 500 mg/L dibuat dengan melarutkan 0,05 g urea dengan 100 mL akuabides
- ← 4 mL larutan standar urea 500 mg/L diambil dan ditambahkan 6 mL larutan pengompleks dalam labu ukur
- ← Larutan blangko dibuat dari 4 mL akuabides dan ditambahkan 6 mL larutan pengompleks dalam labu ukur
- ← Masing-masing larutan didiamkan selama 1 jam
- ← Absorbansi larutan diukur pada panjang gelombang 400-500 nm interval 1 dengan spektrofotometer UV-Vis dan ditentukan λ maksimumnya

λ maksimum

Penentuan Kadar Urea dalam Sampel

Pupuk Lepas lambat dengan variasi silika-kitosan
1:2: 1.5:1.5: 2:1

- ← 0,05 g dari masing-masing variasi digerus
- ← kemudian dimasukkan ke dalam 10 mL aquades dan digojok selama 2 jam sampai pupuk lepas lambat larut.

- ← Larutan diambil 4 mL dan ditambahkan 6 mL larutan pengompleks
- ← Dihitung nilai absorbansi yang muncul dari spektrofotometer Uv-Vis pada λ maksimum

Kadar urea dalam sampel

Uji lepas lambat *beads* silika-kitosan-urea

Pupuk Lepas lambat dengan variasi silika-kitosan
1:2; 1,5:1,5; 2:1

- ← masing-masing variasi diambil sebanyak 1,0 g sampel kering
- ← dimasukkan ke dalam labu yang berisi 200 mL aquabides
- ← 4 mL larutan diambil pada jarak waktu tertentu, yaitu pada 0 menit, 10 menit, 20 menit, 30 menit, 60 menit, 2 jam dst. dengan interval 1 jam
- ← ditambahkan 4 mL aquades setiap pengambilan larutan
- ← ditambahkan dengan 6 mL larutan pengompleks pada setiap larutan
- ← dihitung nilai absorbansi yang muncul dari spektrofotometer Uv-Vis pada λ maksimum

Lepas lambat *beads* silika-kitosan-urea

E. *Beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea
Pembuatan Asam Fulvat

Asam fulvat

← Asam fulvat dengan berat 5, 4, dan 3 g masing-masing dilarutkan dalam 100 mL Aquades.

← Larutan diaduk sampai larutan homogen

Larutan asam fulvat 5%, 4%, dan 3%

Pembuatan *Beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea

Beads silika-kitosan-urea dengan komposisi paling optimum

← direndam dalam asam fulvat dengan variasi 5%, 4%, dan 3%.

← dikeringkan produk dibawah sinar matahari dan selanjutnya dikeringkan pada suhu 50°C selama 48 Jam

← *beads* yang dihasilkan dikarakterisasi dengan FTIR

Beads silika-kitosan-asam fulvat-urea

F. Uji lepas lambat *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea

← **Penentuan kadar urea dalam sampel**

← **Uji lepas lambat *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea**

Lampiran 2. Perhitungan Jumlah urea dan lepas lambat nitrogen

Dari hasil kurva standar urea didapatkan kurva standar dengan persamaan garis :

$$y = 0,0006x - 0,0196 \text{ dengan } R^2 = 0,9949$$

A. Analisis jumlah urea yang terkandung dalam *beads* silika-kitosan-urea

0,05 g *beads* silika-kitosan-urea dalam 50 mL air = 0,05 L.

Dari 50 mL diambil sampling 4 mL dan diencerkan menjadi 10 mL (pengenceran 2,5x).

Absorbansi dari hasil UV-Vis dimasukkan ke dalam persamaan garis dari kurva standar urea.

- Variasi 1,5:1,5

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,118+0,122+0,122}{3} = 0,1206$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1206 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1206+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 233,77 \text{ ppm}$$

$$x = 233,77 \text{ mg/L} \times 0,05 \text{ L}$$

$$x = 11,07 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 29,22 \text{ mg}$$

- Variasi 1:2

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,112+0,114+0,114}{3} = 0,1133$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1133 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1133+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 221,55 \text{ ppm}$$

$$x = 221,55 \text{ mg/L} \times 0,05 \text{ L}$$

$$x = 11,07 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 27,694 \text{ mg}$$

- Variasi 2:1

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,124+0,126+0,126}{3} = 0,1253$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1253 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1253+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 241,55 \text{ ppm}$$

$$x = 241,55 \text{ mg/L} \times 0,05 \text{ L}$$

$$x = 12,07 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 30,194 \text{ mg}$$

B. Analisis lepas lambat nitrogen dalam media air

1 g *beads* silika-kitosan-urea dalam 200 mL air = 0,2 L.

Dari 200 mL diambil sampling 4 mL dan diencerkan menjadi 10 mL (pengenceran 2,5x).

Absorbansi dari hasil UV-Vis dimasukkan ke dalam persamaan garis dari kurva standar urea.

- Variasi 1,5 : 1,5 (0 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,002+0,002+0,003}{3} = 0,0023$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,0023 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,0023+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 36,55 \text{ ppm}$$

$$x = 36,55 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 7,31 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 18,27 \text{ mg}$$

- Variasi 1,5 : 1,5 (15 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,102+0,104+0,102}{3} = 0,1026$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1026 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1026+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 203,77 \text{ ppm}$$

$$x = 203,7 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 40,75 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 101,88 \text{ mg}$$

- Variasi 1,5 : 1,5 (30 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,158+0,150+0,154}{3} = 0,154$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,154 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,154+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 289,33 \text{ ppm}$$

$$x = 289,33 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 57,86 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 144,66 \text{ mg}$$

- Variasi 1,5 : 1,5 (60 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,174+0,174+0,175}{3} = 0,1743$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1743 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1743+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 323,22 \text{ ppm}$$

$$x = 323,22 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 64,64 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 161,61 \text{ mg}$$

- Variasi 1,5 : 1,5 (120 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,198+0,197+0,197}{3} = 0,1973$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1973 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1973+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 361,55 \text{ ppm}$$

$$x = 361,55 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 72,31 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 180,77 \text{ mg}$$

- Variasi 1,5 : 1,5 (180 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,203+0,206+0,208}{3} = 0,2056$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,2056 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,2056+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 375,44 \text{ ppm}$$

$$x = 375,44 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 75,08 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 187,72 \text{ mg}$$

- Variasi 1,5 : 1,5 (240 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,219+0,215+0,215}{3} = 0,2163$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,2163 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,2163+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 393,22 \text{ ppm}$$

$$x = 393,22 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 78,64 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 196,61 \text{ mg}$$

- Variasi 1,5 : 1,5 (300 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,237+0,237+0,236}{3} = 0,2366$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,2366 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,2366+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 427,11 \text{ ppm}$$

$$x = 427,11 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 85,42 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 213,55 \text{ mg}$$

- Variasi 1,5 : 1,5 (360 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,252+0,256+0,256}{3} = 0,2546$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,2546 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,2546+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 457,11 \text{ ppm}$$

$$x = 457,11 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 91,42 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 228,55 \text{ mg}$$

- Variasi 1,5 : 1,5 (420 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,269+0,271+0,271}{3} = 0,2703$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,2703 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,2703+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 483,22 \text{ ppm}$$

$$x = 483,22 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 96,64 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 241,61 \text{ mg}$$

- Variasi 1:2 (0 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,001+0,004+0,004}{3} = 0,003$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,003 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,003+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 37,66 \text{ ppm}$$

$$x = 37,66 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 7,53 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 18,83 \text{ mg}$$

- Variasi 1:2 (15 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,113+0,108+0,109}{3} = 0,11$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,11 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,11+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 216 \text{ ppm}$$

$$x = 216 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 43,2 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 108 \text{ mg}$$

- Variasi 1:2 (30 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,164+0,160+0,156}{3} = 0,160$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,160 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,160+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 299,33 \text{ ppm}$$

$$x = 299,33 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 59,86 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 149,66 \text{ mg}$$

- Variasi 1:2 (60 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,179+0,179+0,185}{3} = 0,181$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,181 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,181+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 334,33 \text{ ppm}$$

$$x = 334,33 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 66,86 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 167,16 \text{ mg}$$

- Variasi 1:2 (120 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,208+0,208+0,211}{3} = 0,209$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,209 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,209+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 381 \text{ ppm}$$

$$x = 381 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 76,2 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 190,5 \text{ mg}$$

- Variasi 1:2 (180 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,213+0,215+0,213}{3} = 0,2136$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,2136 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,2136+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 388,77 \text{ ppm}$$

$$x = 388,77 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 77,75 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 194,38 \text{ mg}$$

- Variasi 1:2 (240 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,226+0,226+0,228}{3} = 0,2266$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,2266 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,2266+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 410,44 \text{ ppm}$$

$$x = 410,44 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 82,08 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 205,22 \text{ mg}$$

- Variasi 1:2 (300 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,244+0,244+0,244}{3} = 0,244$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,244 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,244+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 439,33 \text{ ppm}$$

$$x = 439,33 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 87,86 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 219,66 \text{ mg}$$

- Variasi 1:2 (360 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,262+0,266+0,268}{3} = 0,2653$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,2653 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,2653+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 474,88 \text{ ppm}$$

$$x = 474,88 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 94,97 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 237,44 \text{ mg}$$

- Variasi 1:2 (420 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,279+0,282+0,282}{3} = 0,281$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,281 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,281+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 501 \text{ ppm}$$

$$x = 501 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 100,2 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 250,5 \text{ mg}$$

- Variasi 2:1 (0 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,001+0,001+0,004}{3} = 0,002$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,002 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,002+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 36 \text{ ppm}$$

$$x = 36 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 7,2 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 18 \text{ mg}$$

- Variasi 2:1 (15 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,078+0,075+0,078}{3} = 0,077$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,077 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,077+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 161 \text{ ppm}$$

$$x = 161 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 32,2 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 80,5 \text{ mg}$$

- Variasi 2:1 (30 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,132+0,132+0,134}{3} = 0,1326$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1326 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1326+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 253,77 \text{ ppm}$$

$$x = 253,77 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 50,75 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 126,88 \text{ mg}$$

- Variasi 2:1 (60 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,164+0,167+0,169}{3} = 0,1666$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1666 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1666+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 310,44 \text{ ppm}$$

$$x = 310,44 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 62,08 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 155,22 \text{ mg}$$

- Variasi 2:1 (120 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,179+0,178+178}{3} = 0,1783$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1783 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1783+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 329,88 \text{ ppm}$$

$$x = 329,88 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 65,97 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 164,94 \text{ mg}$$

- Variasi 2:1 (180 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,188+0,188+191}{3} = 0,189$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,189 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,189+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 347,66 \text{ ppm}$$

$$x = 347,66 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 69,53 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 173,83 \text{ mg}$$

- Variasi 2:1 (240 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,201+0,204+0,201}{3} = 0,202$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,202 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,202+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 369,33 \text{ ppm}$$

$$x = 369,33 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 73,86 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 184,66 \text{ mg}$$

- Variasi 2:1 (300 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,205+0,213+0,217}{3} = 0,215$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,215 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,215+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 391 \text{ ppm}$$

$$x = 391 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 78,2 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 195,5 \text{ mg}$$

- Variasi 2:1 (360 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,227+0,221+0,224}{3} = 0,224$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,224 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,224+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 406 \text{ ppm}$$

$$x = 406 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 81,2 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 203 \text{ mg}$$

- Variasi 2:1 (420 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,231+0,232+0,234}{3} = 0,232$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,232 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,232+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 419,88 \text{ ppm}$$

$$x = 419,88 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 83,97 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 209,94 \text{ mg}$$

waktu (menit)	Variasi 2:1	variasi 1 : 2	variasi 1,5 : 1,5
0	18	18,83	18,27
15	80,5	108	101,88
30	126,88	149,66	144,66
60	155,22	167,16	161,61
120	164,94	190,5	180,77
180	173,83	194,38	187,72
240	184,66	205,22	196,61

300	195,5	219,66	213,55
360	203	237,44	228,55
420	209,94	250,5	241,61

C. Analisis jumlah urea yang terkandung dalam *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea

0,05 g *beads* silika-kitosan-asam fulvat-urea dalam 50 mL air = 0,05 L.

Dari 50 mL diambil sampling 4 mL dan diencerkan menjadi 10 mL (pengenceran 2,5x).

Absorbansi dari hasil UV-Vis dimasukkan ke dalam persamaan garis dari kurva standar urea.

- Variasi 3%

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,116+0,118+0,118}{3} = 0,1166$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1166 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,11666+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 227,11 \text{ ppm}$$

$$x = 227,11 \text{ mg/L} \times 0,05 \text{ L}$$

$$x = 11,35 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 28,38 \text{ mg}$$

- Variasi 4%

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,117+0,117+0,119}{3} = 0,1176$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1176 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1176+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 228,77 \text{ ppm}$$

$$x = 228,77 \text{ mg/L} \times 0,05 \text{ L}$$

$$x = 11,43 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 28,59 \text{ mg}$$

- Variasi 3%

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,118+0,119+0,119}{3} = 0,1186$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1186 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1186+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 230,44 \text{ ppm}$$

$$x = 230,44 \text{ mg/L} \times 0,05 \text{ L}$$

$$x = 11,52 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 28,81 \text{ mg}$$

D. Analisis lepas lambat nitrogen dalam media air

- Variasi 3% (0 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,001+0,002+0,004}{3} = 0,0023$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,0023 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,0023+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 36,55 \text{ ppm}$$

$$x = 36,55 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 7,31 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 18,27 \text{ mg}$$

- Variasi 3% (15 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,062+0,063+0,063}{3} = 0,0626$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,0626 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,0626+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 137,11 \text{ ppm}$$

$$x = 137,11 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 27,42 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 68,55 \text{ mg}$$

- Variasi 3% (30 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,132+0,132+0,134}{3} = 0,1326$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1326 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1326+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 253,77 \text{ ppm}$$

$$x = 253,77 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 50,75 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 126,88 \text{ mg}$$

- Variasi 3% (60 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,153+0,156+0,156}{3} = 0,155$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,155 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,155+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 291 \text{ ppm}$$

$$x = 291 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 58,2 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 145,5 \text{ mg}$$

- Variasi 3% (120 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,162+0,162+0,164}{3} = 0,1626$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1626 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1626+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 303,77 \text{ ppm}$$

$$x = 303,77 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 60,75 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 151,88 \text{ mg}$$

- Variasi 3% (180 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,170+0,174+0,174}{3} = 0,1726$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1726 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1726+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 320,44 \text{ ppm}$$

$$x = 320,44 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 64,08 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 160,22 \text{ mg}$$

- Variasi 3% (240 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,182+0,186+0,187}{3} = 0,185$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,185 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,185+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 341 \text{ ppm}$$

$$x = 341 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 68,2 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 170,5 \text{ mg}$$

- Variasi 3% (300 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,193+0,194+0,194}{3} = 0,1936$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1936 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1936+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 355,44 \text{ ppm}$$

$$x = 355,44 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 71,08 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 177,72 \text{ mg}$$

- 3% (360 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,204+0,204+0,207}{3} = 0,205$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,205 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,205+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 374,33 \text{ ppm}$$

$$x = 374,33 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 74,86 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 187,16 \text{ mg}$$

- Variasi 3% (420 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,217+0,219+0,220}{3} = 0,2186$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,2186 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,2186+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 397,11 \text{ ppm}$$

$$x = 397,11 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 79,42 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 198,55 \text{ mg}$$

- Variasi 4% (0 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,002+0,004+0,004}{3} = 0,0033$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,0033 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,0033+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 38,22 \text{ ppm}$$

$$x = 38,22 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 7,64 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 19,11 \text{ mg}$$

- Variasi 4% (15 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,058+0,058+0,060}{3} = 0,0586$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,0586 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,0586+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 130,44 \text{ ppm}$$

$$x = 130,44 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 26,08 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 65,22 \text{ mg}$$

- Variasi 4% (30 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,109+0,111+0,111}{3} = 0,1103$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1103 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1103+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 216,55 \text{ ppm}$$

$$x = 216,55 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 43,31 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 108,27 \text{ mg}$$

- Variasi 4% (60 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,146+0,146+0,149}{3} = 0,147$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,147 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,147+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 277,66 \text{ ppm}$$

$$x = 277,66 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 55,53 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 138,83 \text{ mg}$$

- Variasi 4% (120 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,158+0,158+161}{3} = 0,159$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,159 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,159+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 297,66 \text{ ppm}$$

$$x = 297,66 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 59,53 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 148,83 \text{ mg}$$

- Variasi 4% (180 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,167+0,167+169}{3} = 0,1676$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1676 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1676+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 312,11 \text{ ppm}$$

$$x = 312,11 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 62,42 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 156,05 \text{ mg}$$

- Variasi 4% (240 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,178+0,182+0,182}{3} = 0,1806$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1806 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1806+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 333,77 \text{ ppm}$$

$$x = 333,77 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 66,75 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 166,88 \text{ mg}$$

- Variasi 4% (300 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,185+0,185+0,187}{3} = 0,1856$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1856 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1856+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 342,11 \text{ ppm}$$

$$x = 342,11 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 68,42 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 171,05 \text{ mg}$$

- Variasi 4% (360 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,197+0,197+0,199}{3} = 0,1983$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1983 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1983+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 363,22 \text{ ppm}$$

$$x = 363,22 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 72,64 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 181,61 \text{ mg}$$

- Variasi 4% (420 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,211+0,213+0,214}{3} = 0,2126$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,2126 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,2126+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 387,11 \text{ ppm}$$

$$x = 387,11 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 77,42 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 193,55 \text{ mg}$$

- Variasi 5% (0 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,003+0,003+0,003}{3} = 0,003$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,003 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,003+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 37,66 \text{ ppm}$$

$$x = 37,66 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 7,53 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 18,83 \text{ mg}$$

- Variasi 5% (15 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,060+0,062+0,062}{3} = 0,0613$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,0613 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,0613+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 134,88 \text{ ppm}$$

$$x = 134,88 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 26,97 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 67,44 \text{ mg}$$

- Variasi 5% (30 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,103+0,105+0,105}{3} = 0,1043$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1043 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1043+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 206,55 \text{ ppm}$$

$$x = 206,55 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 41,31 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 103,27 \text{ mg}$$

- Variasi 5% (60 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,141+0,141+0,142}{3} = 0,1413$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1413 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1413+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 268,22 \text{ ppm}$$

$$x = 268,22 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 53,64 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 134,11 \text{ mg}$$

- Variasi 5% (120 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,149+0,151+0,151}{3} = 0,1503$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1503 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1503+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 283,22 \text{ ppm}$$

$$x = 283,22 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 56,64 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 141,61 \text{ mg}$$

- Variasi 5% (180 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,154+0,158+0,158}{3} = 0,1566$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1566 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1566+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 293,77 \text{ ppm}$$

$$x = 293,77 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 58,75 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 146,88 \text{ mg}$$

- Variasi 5% (240 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,168+0,171+0,171}{3} = 0,1703$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1703 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1703+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 316,55 \text{ ppm}$$

$$x = 316,55 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 63,31 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 63,31 \text{ mg}$$

- Variasi 5% (300 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,178+0,178+0,181}{3} = 0,179$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,179 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,179+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 331 \text{ ppm}$$

$$x = 331 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 66,20 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 165,5 \text{ mg}$$

- Variasi 5% (360 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,191+0,191+0,193}{3} = 0,1923$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1923 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1923+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 353,22 \text{ ppm}$$

$$x = 353,22 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 70,64 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 176,61 \text{ mg}$$

- Variasi 5% (420 menit)

$$\text{Rerata absorbansi} = \frac{0,195+0,195+0,197}{3} = 0,1963$$

$$y = 0,0006x - 0,0196$$

$$0,1963 = 0,0006x - 0,0196$$

$$x = \frac{0,1963+0,0196}{0,0006}$$

$$x = 359,88 \text{ ppm}$$



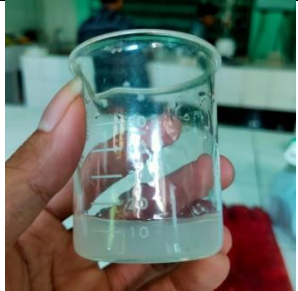

$$x = 359,88 \text{ mg/L} \times 0,2 \text{ L}$$

$$x = 71,97 \text{ mg} \times 2,5$$

$$x = 179,94 \text{ mg}$$

waktu (menit)	variasi 0%	variasi 3%	variasi 4%	variasi 5%
0	18	18,278	19,111	18,833
15	80,5	68,556	65,222	67,444
30	126,88	115,78	108,28	103,28
60	155,22	145,5	138,83	134,11
120	164,94	151,89	148,83	141,61
180	173,83	160,22	156,06	146,89
240	184,66	170,5	166,89	158,28
300	195,5	177,72	171,06	165,5
360	203	187,17	181,61	176,61
420	209,94	198,56	193,56	179,94

Lampiran 3. Dokumentasi

NO.	Aktifitas	Gambar
1.	Preparasi sekam padi	
2.	Hasil kalsinasi sekam padi	
3.	Hasil Gel silika	
4.	<i>Beads</i> pupuk lepas lambat	

5.	Uji lepas lambat nitrogen	
6.	Uji lepas lambat urea pa.	
7.	Pengompleksan urea dengan p-DAB	

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama : Muhammad Iqbal Azmi
2. Tempat & Tgl lahir : Bojonegoro, 14 Sep. 2001
3. Alamat Rumah : Ds. Karang RT 15 RW 04,
Kepohbaru, Bojonegoro, Jawa
Timur
4. Nomor HP : 083110831301
5. E-mail : azmiiqbal149@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal
 - a. RA Miftahul Ulum Karanganyar lulus 2007
 - b. MI Miftahul Ulum Karanganyar lulus 2013
 - c. MTs I Attanwir, Talun lulus 2016
 - d. MA I Attanwir, Talun lulus 2019
 - e. UIN Walisongo, Semarang lulus 2023
2. Pendidikan Non-Formal
 - a. Pondok Pesantren Attanwir lulus 2019
 - b. Madrasatul Mu'allimin Islamiyah lulus 2019
 - c. Pondok Pesantren Daarun Najaah