

## Enkapsulasi Urea menggunakan Biokomposit Zeolit Alam Alginat-Pati Sagu sebagai Model Pupuk Lepas Lambat (*Slow Release Fertilizer*)

Ida Ayu Suci\*, Ismail Astar

Prodi Agroteknologi, Universitas Panca Bhakti,  
Jalan Kom Yos Sudarso, Kota Pontianak, Indonesia

\*Corresponding Author: [idaayusuci@upb.ac.id](mailto:idaayusuci@upb.ac.id)

Received: September,21,2021 /Accepted: June,06,2022  
doi: 10.24252/al-kimiv10i1.23739

---

**Abstract:** *The urea fertilizer was encapsulation with the compositions of natural zeolite-alginate-sago starch biocomposite for developing of slowed-release properties. The characteristics of biocomposites such as FTIR, SEM, and nitrogen release tests were evaluated. Fourier transform infrared spectroscopy showed the presence of natural zeolite-alginate-sago starch biocomposite. The SEM images showed the surface morphology of urea has been coated by natural zeolite-alginate-sago starch biocomposite. Nitrogen release tests on natural zeolite-alginate-sago starch biocomposites with concentrations of 20% was the composition with the best results in holding urea encapsulated. This study indicates that natural zeolite-alginate-sago starch biocomposites are a alternative candidate for the development of the efficient slowed-release formulation of urea.*

*Key word: biocomposites, slowrelease fertilizer, urea encapsulation, natural zeolite-alginate-sago starch*

### PENDAHULUAN

Nitrogen merupakan salah satu nutrisi penting dalam pertumbuhan tanaman. Salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan nitrogen suatu tanaman, yaitu dengan penambahan pupuk urea. Pupuk urea memiliki kandungan nitrogen yang cukup tinggi dibandingkan dengan pupuk sumber nitrogen lainnya sebesar 45% (Behin dan Janer, 2016). Namun, pada umumnya efisiensi pemupukan nitrogen dalam bentuk urea rendah, disebabkan sifat urea yang mudah larut dalam air dan menguap ke udara. Nitrogen yang diberikan ke dalam tanah, hanya sekitar 30-40% diambil oleh tanaman, dan 60% hilang dalam proses volatilisasi menjadi gas amoniak (Ivanky *et al.* 2012). Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi pemupukan yaitu dengan pelapisan menggunakan teknologi pupuk lepas lambat atau *SlowRelease Fertilizer* (SRF) (Behin dan Janer, 2016; Ibrahim *et al.* 2014).

*Slow Release Fertilizer* (SRF) merupakan metode yang efektif dengan cara penyalutan pada pupuk urea untuk mengurangi kelarutan pupuk di dalam air dan mengurangi laju pelepasan nitrogen pada pupuk urea. Keuntungan penggunaan SRF yaitu nutrisi tersedia dan terlepas secara perlahan sehingga lebih berpotensi diserap tanaman serta mengurangi besarnya frekuensi pemakaian (Aviantri dan Maharani, 2017). Zeolit merupakan mineral berpori dengan kapasitas tukar kation yang tinggi (antara 120-180 me/100g) yang berguna sebagai pengadsorpsi, pengikat, dan penukar kation (Novan dan Maharani, 2017). Zeolit sebagai bahan pengikat nitrogen sementara dapat membantu mengontrol pelepasan nutrisi tanaman dan dapat membebaskan nutrisi yang telah larut dalam tanah untuk digunakan oleh tanaman sehingga meningkatkan kesuburan tanah

(Styana, 2010). Zeolit juga memiliki sifat kapasitas retensi ammonium untuk mengurangi kehilangan nitrogen. Pencampuran zeolit dengan polimer dapat meningkatkan kemampuan zeolit untuk pelepas-lambat Rahmayani (*et al.* 2019).

Polimer merupakan material yang banyak digunakan untuk pembuatan SRF (Mayori *et al.* 2018). Alginat merupakan material polimer yang dapat mengalami ikatan silang dengan adanya tambahan kation divalent kedalam larutan cairan. Sifatnya yang *biodegradable*, ramah lingkungan, dan non toksik membuatnya berpotensi menjadi pelapis pupuk urea. Alginat diketahui mampu menghambat pelepasan suspensi dalam air sebagai campuran pelapis pupuk urea (Mayori *et al.* 2018). Namun, alginat sangat mudah terdegradasi dengan adanya kation monovalen membuat keterbatasan dalam pengaplikasiannya (He *et al.* 2015). Penambahan material anorganik seperti zeolit ke dalam polisakarida dapat memperbaiki struktur biokomposit (Bimanto dan Saragih, 2018). Material anorganik yang ditambahkan kedalam polisakarida menghasilkan biokomposit dengan kekuatan mekanik yang lebih baik (Adzmi *et al.* 2012; Li *et al.* 2007).

Sagu (*Metroxylon sagu* Rottb.) sangat potensial sebagai sumber pati, namun di Kalimantan Barat pemanfaatan sagu sebagai sumber pati masih terbatas (Maherawati *et al.* 2011). Penelitian Muslim *et al.* (2015) menunjukkan pati merupakan biopolimer yang dapat digunakan sebagai material pembungkus karena memiliki kemurnian yang tinggi dan secara utuh merupakan material *biodegradable*. Pati memiliki kemampuan untuk merekatkan zeolit dalam penyalutan (*coating*) pupuk urea, memiliki sifat lengket, mudah diperoleh, dan harganya yang relatif terjangkau. Styana (2010) dan Fretes *et al.* (2013) dalam penelitiannya mengungkapkan pemberian pati sagu pada bahan penyalut berguna sebagai perekat, sehingga pupuk urea granul terlapisi akan lebih kuat, keras, dan tidak mudah hancur.

Berdasarkan uraian diatas, maka diperlukan adanya enkapsulasi urea dengan biokomposit zeolit alam-alginat-pati sagu. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik pupuk *slow release* dengan teknik enkapsulasi menggunakan biokomposit zeolit alam-alginat-pati sagu, menganalisis laju pelepasan nitrogen dalam proses pengaplikasiannya, dan memperoleh perbandingan komposisi terbaik dari produk enkapsulasi urea yang dihasilkan untuk dijadikan sebagai kandidat agen pupuk *slow release*.

## METODE PENELITIAN

### Bahan and Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah zeolit, Na-Alginat, pupuk urea, kalsium klorida, aquades. Alat-alat yang digunakan terdiri dari kertas saring, ayakan 100 mesh, tanur, mortar, alu, pengaduk magnetik, gelas kimia, indikator pH universal, oven.

Peralatan karakterisasi terdiri dari Spektrometer Infra Merah Transformasi Fourier (FTIR) Bruker Tensor 3, Mikroskop Pemancar Elektron (SEM) Carl-Zeiss Bruker EVO MA10, Spektrofotometer UV-Visible.

### Prosedur

#### Preparasi Pupuk Urea, Zeolit

Pupuk urea yang digunakan merupakan pupuk urea berwarna putih dan telah berbentuk granul yang biasa dijual di pasaran. Jenis zeolit yang digunakan pada penelitian ini yaitu zeolit alam yang telah lolos ayakan 100 mesh, Padatan zeolit (hasil ayakan 100 mesh) diberikan modifikasi dengan cara diaktivasi dengan memanaskan zeolit ke dalam tanur dengan suhu 250°C selama 3 jam (Ningtiyas, 2017).

### **Enkapsulasi Urea menggunakan Biokomposit Zeolit Alam-Alginat-Pati Sagu**

Pembuatan biokomposit zeolit alam-alginat-pati sagu dilakukan dengan cara mencampurkan zeolit alam modifikasi, Na-alginat, pati sagu masing-masing dengan perbandingan 2:1:1 ke dalam 50 mL akuades dan diaduk menggunakan pengaduk magnetik selama 3 jam. Pupuk urea sebanyak 20% b/b dimasukkan ke dalam larutan suspensi zeolit alam-alginat-pati sagu dan diaduk menggunakan pengaduk magnetik dengan perlahan hingga homogen. Sampel dari larutan campuran ini kemudian diextrusi menggunakan *syringe* 10 mL ke dalam larutan  $\text{CaCl}_2$  1% sambil diaduk perlahan menggunakan pengaduk magnetik. Pengadukan setelah *beads* terbentuk dilakukan selama 30 menit untuk mengoptimalkan proses pengikatan silang yang terjadi.

Biokomposit kemudian dipisahkan dari larutan  $\text{CaCl}_2$  1% dengan menggunakan saringan dan dibilas dengan akuades. Pengeringan *beads* biokomposit dilakukan dengan menggunakan oven pada suhu  $40^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Dilakukan prosedur yang sama untuk variasi persen urea yang ditambahkan sebesar 10%, 30%, 40%, dan 50%. Produk yang dihasilkan dianalisis sifat kimia (gugus fungsi dengan FTIR dan analisa morfologi permukaan dengan SEM) dan sifat fisika (uji kelarutan) (Faishol *et al.* 2019).

### **Analisis Laju Pelepasan Nitrogen dari Pupuk SRF**

Timbang masing-masing pupuk urea granul yang telah terlapisi sebanyak  $\pm 0.5$  gram. Kemudian dimasukkan ke dalam wadah dan ditambahkan akuades sebanyak 25 mL, lalu dibiarkan selama 24, 48, dan 72 jam. Setelah perendaman selesai sesuai dengan waktu perendamannya, filtrat dipisahkan menggunakan kertas saring. Selanjutnya dilakukan analisis kandungan N (nitrogen) yang ada di dalam filtrat dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis (Ningtias, 2017).

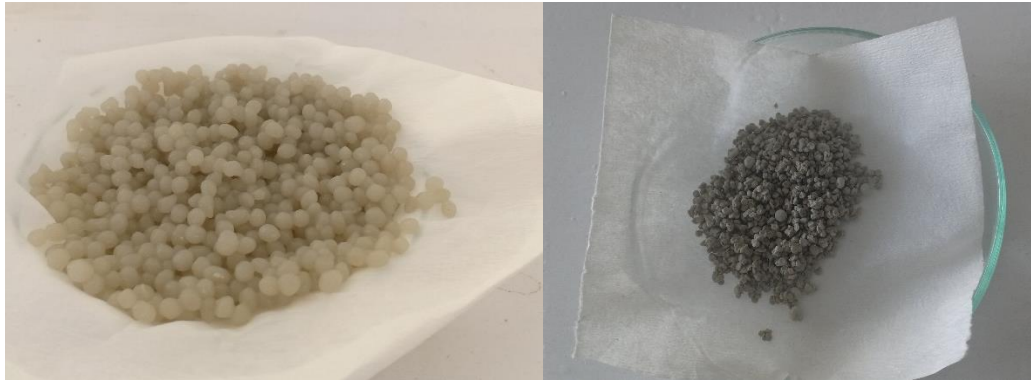
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Enkapsulasi Urea menggunakan Biokomposit Zeolit Alam-Alginat-Pati Sagu**

Pupuk urea yang digunakan berbentuk granul karena pengaplikasiannya tidak mudah terbawa angin dan air dibandingkan pupuk urea berbentuk serbuk. Namun, penggunaan pupuk urea granulasi saja tanpa penyalutan masih kurang maksimal dalam menahan pelepasan nitrogen terhadap air dan penguapan, karena pupuk urea memiliki kekurangan utama, yaitu tingginya laju pelepasan nitrogen pada lingkungan dan penguapan (Jones, 2013). Zeolit berpotensi sebagai material penahan nutrisi untuk mengefektifkan persiapan pupuk. Aktivasi zeolit dengan pemanasan pada suhu  $250^\circ\text{C}$  selama 3 jam merupakan salah satu proses yang banyak dilakukan untuk menghomogenitaskan ukuran pada permukaan zeolit alam dan untuk memperbesar luas permukaan zeolit alam sehingga kemampuan adsorpsi dapat lebih optimal.

Proses aktivasi juga bertujuan untuk menghilangkan pengotor (mineral pengganggu) yang terdapat di dalam zeolit. Berdasarkan hasil uji kekuatan granulasi dengan berbagai variasi aktivasi pada zeolit alam diperoleh zeolit teraktivasi dengan pemanasan  $250^\circ\text{C}$  memiliki kekuatan yang paling baik dengan persentase kekuatan granulasi sebesar 90% dengan kerusakan 10% (Ningtias, 2017).

Berdasarkan analisis visual pada pupuk urea terenkapsulasi biokomposit zeolit-alginat-pati sagu, tampak struktur lebih berbentuk bulat (Gambar 1). Hal ini sejalan dengan Mayori *et al.* (2018) bahwa biokomposit yang terbentuk dengan jumlah alginat yang lebih besar memiliki bentuk yang lebih bulat.

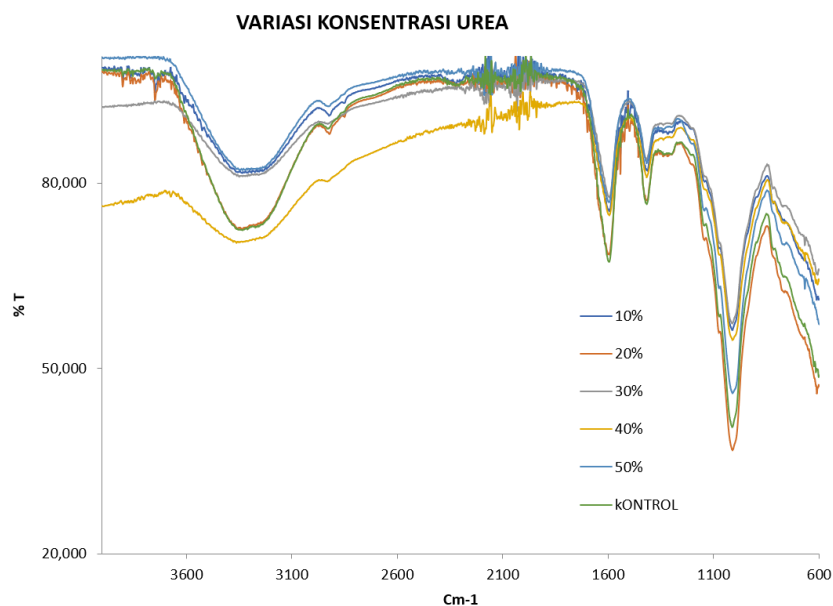


Gambar 1. Pupuk urea terenkapsulasi biokomposit zeolit-alginat-pati sagu

Warna yang dihasilkan dari biokomposit zeolit-alginat-pati sagu tampak cerah. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh alginat pada biokomposit. Foto *beads* biokomposit dengan kandungan alginat yang semakin tinggi akan menghasilkan warna *beads* yang semakin cerah (Mayori *et al.* 2018).

#### Hasil Karakterisasi FTIR

Analisis spektrum FTIR dilakukan untuk mengetahui karakteristik gugus fungsi dari pupuk urea terenkapsulasi biokomposit zeolit-alginat-pati sagu yang dihasilkan. Hasil spektrum FTIR dari *beads* hasil sintesis ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Spektrum gugus fungsi pupuk urea terenkapsulasi biokomposit Zeolit alam-alginat- pati sagu

Data spektrum yang diperoleh menunjukkan bahwa karakteristik pita serapan pada panjang gelombang 3339,89 cm<sup>-1</sup> dan 3339,9 cm<sup>-1</sup> merupakan ciri khas dari vibrasi NH<sub>2</sub> *stretching* asimetrik dan simetrik yang berasal dari adanya urea (Wen, 2016). Selain itu, pita pada daerah 3400 – 3600 cm<sup>-1</sup> merupakan daerah serapan O-H *stretching* dari H<sub>2</sub>O.

Spektrum FTIR pada zeolit alam teraktivasi menunjukkan terdapat serapan pada rentang 500-1300  $\text{cm}^{-1}$  mengidentifikasi adanya alumina silika dan merupakan serapan khas dari zeolit. Pita serapan pada 656-655  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya Si-O-Al dan serapan yang muncul pada 794  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan simetrik O-Si-O dan O-Al-O, sedangkan serapan pada 1040  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya asimetrik O-Si-O dan O-Al-O. Pita serapan sekitar 1642  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi tekuk H-O-H dan pada serapan sekitar (3614 dan 3447)  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya overlap asimetrik dan simetrik H-O-H dengan gugus hidroksil dari zeolit. Hasil spektrum FTIR yang sama ditunjukkan dari penelitian Pohan *et al.* (2016) bahwa zeolit alam teraktivasi memiliki serapan-serapan pada 794  $\text{cm}^{-1}$ , 1057  $\text{cm}^{-1}$ , 1635  $\text{cm}^{-1}$ , 3448  $\text{cm}^{-1}$  dan 3626  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya aluminasilika, simetrik dan asimetrik O-Si-O dan O-Al-O, serta vibrasi tekuk dan overlap simetrik dan asimetrik H-O-H.

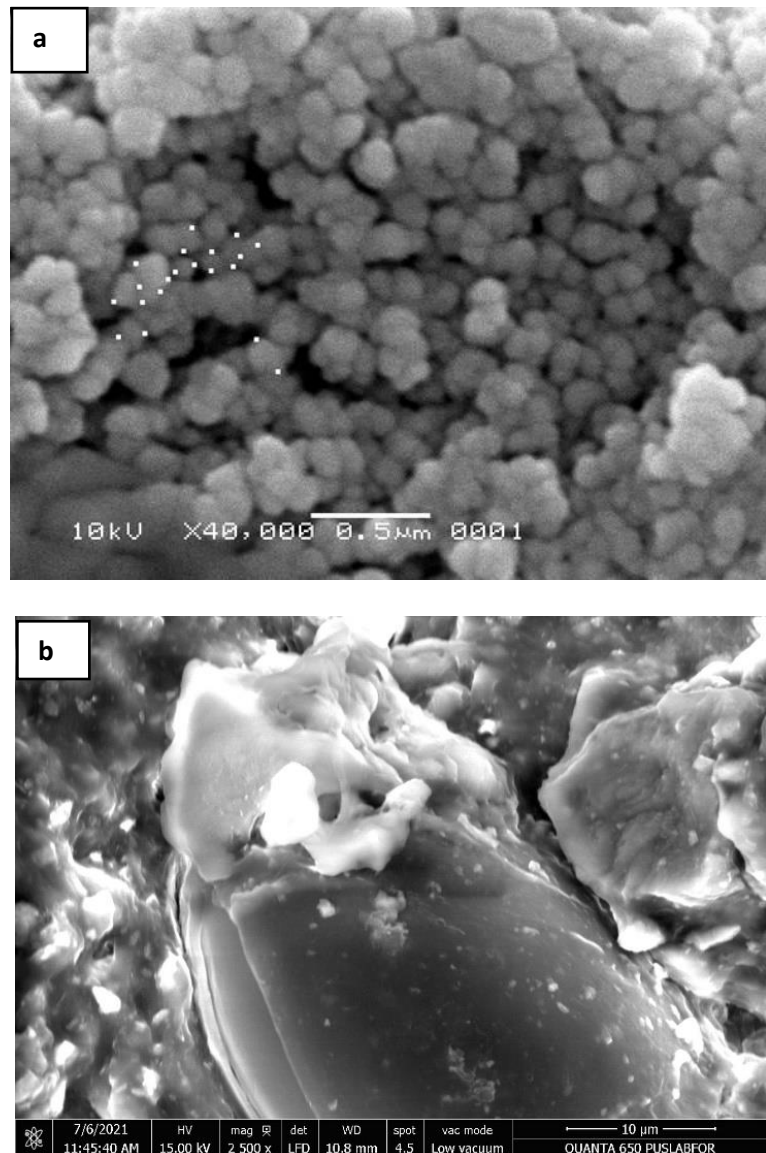
Spektra inframerah dari komposit memperlihatkan gugus fungsi yang dimiliki oleh alginat yang memperlihatkan puncak serapan pada bilangan di wilayah gelombang 3450  $\text{cm}^{-1}$ ; 1611  $\text{cm}^{-1}$ ; 1440  $\text{cm}^{-1}$ ; dan 1043  $\text{cm}^{-1}$ . Puncak-puncak tersebut menginterpretasikan ikatan yang terdapat pada struktur alginat yang sesuai dengan referensi di antaranya, uluran vibrasi ikatan O-H pada puncak serapan 3450,40  $\text{cm}^{-1}$ , uluran asimetris  $\text{COO}^-$  pada bilangan gelombang 1611,34  $\text{cm}^{-1}$ , uluran simetris  $\text{COO}^-$  pada bilangan gelombang 1440,23  $\text{cm}^{-1}$ , vibrasi  $\text{-C-O}$  dari kelompok eter pada 1043,52  $\text{cm}^{-1}$  (Nayak and Sahoo, 2011).

Spektra inframerah alginat, zeolit, pati, dan urea didalam komposit saling tumpang tindih di wilayah yang sama. Alginat-Zeolit-Pati-Urea ditunjukkan dengan serapan tajam pada 3678  $\text{cm}^{-1}$  and 3361.05  $\text{cm}^{-1}$  yang mengindikasikan urea telah terkomposit. Hasil serapan yang sama juga ditunjukkan oleh Faishol *et al.* (2019) pada Alg/Saponit/Urea ditunjukkan dengan serapan tajam pada 3678  $\text{cm}^{-1}$  dan 3361  $\text{cm}^{-1}$ . Pergeseran getaran karbonil CO stretching ke angka gelombang yang lebih rendah menyiratkan bahwa ikatan hidrogen juga telah terbentuk antara urea dan pati. Kelompok -OH pada pati berfungsi sebagai donor proton untuk ikatan H tersebut (Mayori, 2017).

### Morfologi Permukaan Pupuk Urea Granul Terlapis

Analisis Mikroskop Pemancar Elektron (SEM) bertujuan untuk melihat morfologi permukaan antara pupuk urea granul yang belum terlapis dengan pupuk urea granul yang telah terlapis oleh biokomposit zeolit alam-alginat-pati sagu. Foto SEM dapat dilihat pada **Gambar 3**. Pada Gambar 3(a), tampak urea granul berbentuk agregat sedangkan pada Gambar 3(b), terlihat morfologi permukaan urea telah dilapisi oleh biokomposit zeolit alam-alginat-pati sagu. Dapat dilihat bahwa bagian luar pupuk urea terlapis oleh zeolit alam-alginat-pati sagu, dan bagian dalam atau pusatnya adalah urea. Hal ini sesuai menurut Muslim (2015), bahwa lapisan zeolit dan pati sagu pada bagian terluar berfungsi sebagai penghalang transfer massa pada urea, sehingga dapat mengurangi laju difusi air kedalam inti dan juga mengurangi difusi nitrogen keluar inti urea.





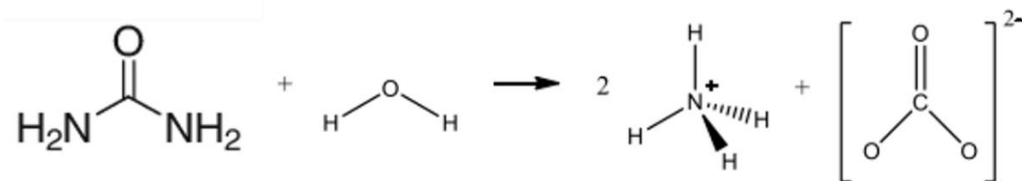
**Gambar 3.** Foto SEM (a) urea granul perbesaran 40.000X; (b) pupuk urea terenkapsulasi zeolite alam-alginat-pati sagu perbesaran 2500X

Menurut Ningtias (2017) morfologi permukaan pada pupuk urea granul komersil memiliki struktur permukaan yang polos karena tidak adanya penyalutan pada pupuk urea. Sedangkan tampak pada Gambar 3(b), pupuk urea telah terlapsi oleh biokomposit zeolit-alginat-pati sagu karena tampak permukaan yang kasar dan berbentuk agregat melapsi permukaan pupuk urea yang polos. Sejalan dengan Lestari *et al.* (2020) yang melaporkn bahwa mikrokapsul urea sudah terbentuk dengan permukaan kasar dan berbentuk agregat. Hal ini juga sesuai dengan Muslim *et al.* (2015), bahwa lapisan zeolit dan pati sagu pada bagian terluar berfungsi sebagai penghalang transfer massa pada urea, sehingga dapat mengurangi laju difusi air kedalam inti dan juga mengurangi difusi nitrogen keluar inti urea.

### Pelepasan Nitrogen pada Pupuk Urea Terlapisi Zeolit dan Pati Sagu

Pupuk urea granul yang telah terlapisi kemuningtias diuji besar laju pelepasan nitrogennya. Uji pelepasan nitrogen pada pupuk urea granul terlapisi dilakukan terhadap lima jenis sampel dengan variasi konsentrasi urea tersalut 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Perbandingan campuran bahan penyalut zeolit, alginat, pati sagu adalah 2:1:1. Pada proses penyalutan, pengamatan uji pelepasan dilakukan dengan menghitung kadar nitrogen terlarut setelah perendaman masing-masing  $\pm 0.5$  gram sampel kedalam 25 mL aquades pada rentang waktu perendaman yang berbeda, yaitu 24, 48, dan 72 jam.

Dalam rentang waktu perendaman tersebut, besarnya pelepasan nitrogen akan berbeda-beda bergantung kelarutan nitrogen di dalam aquades yang terlepas dari pupuk granul tersebut. Hal ini dikarenakan pada saat perendaman, urea akan terhidrolisis di dalam air. Reaksi terhidrolisisnya urea dapat dilihat pada reaksi berikut :

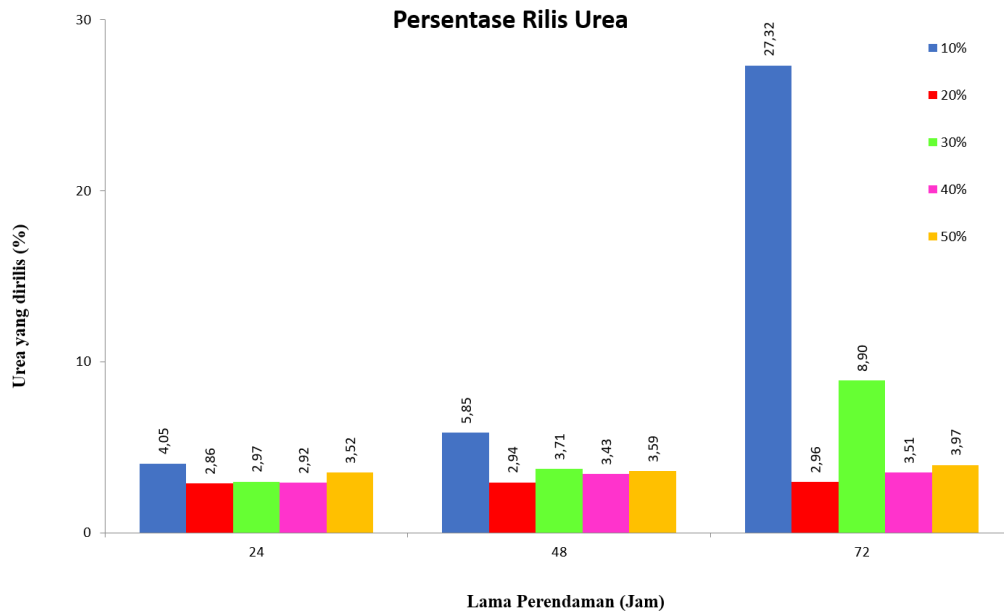


Gambar 4. Reaksi hidrolisis urea di dalam air

Semakin bertambahnya waktu perendaman, maka akan semakin bertambah banyak ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dari granul yang terlepas dan sebanding dengan terlepasnya bahan penyalut penyusun pupuk urea granul tersebut.

Uji pelepasan nitrogen dilakukan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. Prinsip mekanisme pelepas-lambat pupuk nitrogen adalah adanya halangan fisik yang menghambat pupuk untuk mengalami kontak langsung dengan air; terjadinya pengikatan ion karena zeolit berperan dalam mengikat ion ammonium yang dilepaskan pupuk urea pada saat penguraian (Suwardi dan Darmawan 2009); dan adanya penambahan bahan penyalut dalam campuran pelepas-lambat pupuk nitrogen. Hasil uji rilis ini diharapkan dapat membantu dalam perlambatan pelepasan penguapan pupuk urea menjadi gas amoniak sehingga berperan untuk memperbaiki pertumbuhan tanaman, meningkatkan permeabilitas sel, dan kegiatan hormon pertumbuhan (Sari 2013).

Pada **Gambar 5**, persentase rilis urea pada 24 jam, 48 jam, dan 72 jam menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman maka persentase rilis urea akan semakin besar, hal ini terjadi pada semua variasi konsentrasi sampel tersalut baik 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Hal ini membuktikan bahwa semakin lama waktu perendaman, maka akan semakin bertambah banyak ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dari granul yang terlepas. Adapun persentase urea tersalut zeolit-alginat-pati sagu yang paling besar mengalami pelepasan nitrogen ditunjukkan pada variasi konsentrasi 10% (72 jam). Sedangkan yang paling kecil mengalami pelepasan nitrogen ditunjukkan pada variasi konsentrasi 20% (24 jam).



**Gambar 5.** Persentase analisis laju pelepasan Nitrogen

Pengamatan selama 24 jam pada lima variasi konsentrasi pupuk urea tersalut zeolit-alginat-pati sagu menunjukkan konsentrasi 20% mengalami laju pelepasan yang paling lambat (2,86%) dibandingkan dengan variasi konsentrasi 10%, 30%, 40%, dan 50%. Hasil yang sama juga ditunjukkan pada pengamatan 48 jam dan 72 jam bahwa laju pelepasan paling lambat ditunjukkan pada pupuk urea tersalut zeolit-alginat-pati sagu dengan konsentrasi 20% berturut-turut yakni 2,94% (48 jam) dan 2,96% (72 jam).

Selanjutnya, pengamatan selama 24 jam pada lima variasi konsentrasi pupuk urea tersalut zeolit-alginat-pati sagu menunjukkan konsentrasi 10% mengalami laju pelepasan yang paling cepat yaitu 4,05% dibandingkan dengan variasi konsentrasi 10%, 30%, 40%, dan 50%. Hasil yang sama juga ditunjukkan pada pengamatan 48 jam dan 72 jam bahwa laju pelepasan paling cepat ditunjukkan pada pupuk urea tersalut zeolit-alginat-pati sagu dengan konsentrasi 10% berturut-turut yakni 5,85% (48 jam) dan 27,32% (72 jam).

Hidayat *et al.* (2014) dalam penelitiannya memperoleh hasil pelepasan urea tanpa zeolit memiliki laju yang relatif lebih cepat dibandingkan dengan adanya zeolit. Hal ini dipicu karena zeolit memiliki nilai kapasitas tukar kation (KTK) yang tinggi (antara 120-180 me/100g) yang berguna sebagai pengadsorpsi, pengikat dan penukar kation. Hasil pengujiannya menunjukkan *slow release* terhadap urea diperoleh bahwa dengan adanya zeolit-APTMS mampu memperlambat pelepasan urea dan meningkatkan efisiensi sebanyak hampir 2 kali lipat dari 30-35% menjadi 70%.

Diketahui pupuk urea tersalut zeolit-alginat-pati sagu pada konsentrasi 20% mengalami pola rilis yang paling baik karena jarak dari 24 jam pertama ke 48 jam hanya mengalami 0,08 % rilis, begitupula dari 48 jam ke 72 jam hanya mengalami 0,02% rilis. Pola rilis yang paling lambat ini menunjukkan bahwa pupuk urea tersalut zeolit-alginat-pati sagu pada konsentrasi 20% merupakan yang paling baik dalam menahan rilis nitrogen dari pupuk urea karena memiliki daya kapasitas tukar kation (KTK) yang baik.



## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis visual pada pupuk urea terenkapsulasi biokomposit zeolit-alginat-pati sagu, tampak struktur lebih berbentuk bulat dan warna yang cerah. Analisis spektrum FTIR yang diperoleh menunjukkan adanya karakteristik pita serapan dari biokomposit zeolit-alginat-pati sagu. Hasil analisis foto SEM menunjukkan morfologi permukaan urea telah dilapisi oleh biokomposit zeolit alam-alginat-pati sagu. Tampak bagian luar pupuk urea terlapisi oleh zeolit alam-alginat-pati sagu, dan bagian dalam atau pusatnya adalah urea. Uji pelepasan nitrogen diperoleh pupuk urea tersalut zeolit-alginat-pati sagu pada konsentrasi 20% merupakan yang paling baik dalam menahan rilis nitrogen dari pupuk urea. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa material biokomposit zeolit alam-alginat-pati sagu dapat dijadikan alternatif baru sebagai kandidat pupuk *slow-release* sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk urea.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas Hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP) yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adzmi, F., Meon, S., Musa, MH., & Yusuf NA. 2012. Preparation, characterisation, and viability of encapsulated *Trichoderma harzianum* UPM40 in alginate montmorillonite clay, *Journal of Microencapsulation*, 29(3), 205–210.
- Aviantri, F., & Maharani D. 2017. Pelepasan nitrogen pada pupuk *slow release* urea dengan menggunakan matriks kitosan-bentonit, *UNESA Journal of Chemistry*, 6, 1.
- Behin, J., & Nader S. 2016. Utilization of waste lignin to prepare controlled-slow release urea, *International Journal Recycle Organic Waste Agriculture*, DOI.10.1007/s40093-016-0139-1:1-11.
- Bimanto, M., & Saragih D. 2018. Benefiasi prarancang proses pengolahan pupuk granul slow release dari urea dan zeolite, *Prosiding Seminar Instipier 2018*, ISBN: 978-602-51151-9-6.
- Danarto, Y., Nugrahey, A., & Noviani S. 2017. Kinetika slow release pupuk urea berlapis kitosan termodifikasi, *Equilibrium*, 16, 2.
- Faishol, W., Dwiwarso, R., Laemthong, C., & Fatimah. 2019. Alginate-modified saponite and study for urea slow released fertilizer application, *Rasayan J. Chem*, 12, 4, 1792-1802(2019).
- Fretes, EF., Ing Wardana., & Mega, NS. 2013. Karakteristik pembakaran dan sifat fisik briket ampas empulur sagu untuk berbagai bentuk dan prosentase perekat, *Jurnal Rekayasa Mesin*, 4(2), 169–176.
- He Y, Wu Z, Tu L, Han Y, Zhang G, & Li C. 2015. Encapsulation and characterization of slow-release microbial fertilizer from the composites of bentonite and alginate, *Applied Clay Science*, 109–110.

- Hidayat, R., Fadillah, G., Chasanah, U., & Wahyuningsih S. 2014. Peranan zeolit nanopori termodifikasi sebagai material pengontrol pelepasan pupuk urea.
- Ibrahim, K., Babadi, F., & Yunus R. 2014. Comparative performance of different urea coating materials for slow release, *Particuology Elsevier*, 17, 165–172.
- Ivanky, Khair., & Wahyudi, R.T. 2012. Pembuatan urea Pelepasan Terkendali Melalui Pelapisan Dengan Amilum Menggunakan Teknologi Fluidized Bed Spray, *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, Vol.1, No.1. Hal. 64-68.
- Jones, C., Brown, BD., Engel, R., Horneck, D., & Rutz, KO. 2013. *Management to Minimize Nitrogen Fertilizer Volatilization*. Bozeman (US): Montana State University.
- Lestary, RS., Jayanudin, Irawanto, D., Rozak., Wardana., & Muhammad. 2020. Preparasi dan karakterisasi kitosan tertaut silang glutaraldehida sebagai matrik pupuk urea, *Jurnal Integrasi Proses*, Vol. 9, No. 2 (Desember 2020) 27 – 33.
- Li, A., Zhang, J., & Wang, A. 2007. Utilization of starch and clay for the preparation of superabsorbent composite, *Bioresource Technology*, 98, 327–332.
- Maherawati., Lestari, R., & Haryadi. 2011. Karakteristik pati dari batang sagu Kalimantan Barat pada tahap pertumbuhan yang berbeda, *Agritech*, 31(1).
- Mayori, E., Nadia, A., Fauziah, A., & Sunardi. 2018. Pengembangan teknologi pupuk urea lepas lambat berbasis polisakarida, *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Kimia*, 20-30. Banjarmasin: FKIP ULM.
- Mayori, E., Nadia, A., Fauziah A, & Sunardi. 2018. Karakterisasi biokomposit alginat-pati-kaolin sebagai kandidat *Slow-Release* pupuk urea, *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, April 2018, Banjarmasin, Indonesia. Halaman 191-195.
- Muslim, S., Salman, Fitriani, L., Netty, S., Erizal, Z., Febriyenti., Aldi, Y., & Akmal, D. 2015. Use of bioblend polystyrene/starch for coating urea granules as slow release fertilizer, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(11), 478–484.
- Nayak, P.L., & Sahoo, D., 2011. Chitosan-alginate composites blended with cloisite 30B as a novel drug delivery system for anticancer drug paclitaxel. *Int. J. Plast. Technol.* 15, 68–81.
- Ningtias, DR. 2017. Campuran zeolit dan pati sagu sebagai bahan penyalut pupuk urea dan aplikasinya sebagai pelepas-lambat pupuk nitrogen [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Novan, A., & Maharani D. 2017. Kajian daya serap air (*swelling*) pupuk urea *slow release fertilizer* (SRF) menggunakan matriks kitosan-zeolit, *UNESA Journal of Chemistry*, 6, 2.
- Pohan, M., Sutarno, & Suyanta. 2016. Studi adsorpsi-desorpsi anion fosfat pada zeolit

termodifikasi CTAB, *Jurnal Penelitian Sains*, 18(3).

Rahmayani, R., Arryanto, Y., & Kartini, I. 2019. Pengaruh metode pencampuran pada pembuatan komposit kitosan-zeolite-Fe terhadap pelepasan Fe(III), *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 4, 3.

Sari EP. 2013. Formulasi pupuk nitrogen lepas lambat tersedia dari bahan urea, zeolit, serta asam humat dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan jagung [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

Styana, UIF. 2010. Penggunaan metode *coating* campuran zeolit dan pati untuk meningkatkan keterikatan nitrogen dan kekuatan pada pupuk granul [tesis]. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Suwardi & Darmawan. 2009. Peningkatan efisiensi pupuk nitrogen melalui rekayasa kelat urea-zeolit-asam humat. *Prosiding seminar hasil-hasil penelitian IPB*, Bidang Teknologi dan Rekayasa Pangan, Buku 5 No. 3:525.

Wen, P., Wu, Z., He, Y., Han, Y., & Tong Y. 2016. Characterization of p(AA-co-AM)/Bent/Urea and its swelling and slow release behavior in a simulative soil environment, *Journal Applied Polymer Science*, DOI: 10.1002/APP.43082:43082-43082.