

## Enkapsulasi Urea Pada Lumpur PDAM-Alginat sebagai Pupuk Lepas Lambat

Ismail Astar\* dan Ida Ayu Suci

Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Panca Bhakti,  
Jalan Komodor Yos Sudarso, Pontianak, Indonesia

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

Received: September, 17, 2021 / Accepted: June, 07, 2022  
doi: 10.24252/al-kimiav10i1.23740

**Abstract:** Sludge solid waste regional water company (PDAM) Pontianak has been a modification with alginate for the application of slow-release urea fertilizer. Characterization of materials was performed with Fourier-Transform Infra-Red (FTIR) spectroscopy and scanning electron microscopy (SEM). Analysis of the FTIR spectrum obtained showed that the characteristics of the absorption band at wavelengths of  $3639.89\text{ cm}^{-1}$  and  $3690.9\text{ cm}^{-1}$  are characteristic of the vibration of  $\text{NH}_2$  stretching asymmetric and symmetric derived from the presence of urea. Nitrogen release tests on mud PDAM-alginate composites with concentrations of 10%, 20%, 30%, 40% and 50% for 72 consecutive hours of 12,80%, 19,33%, 4,00%, 8,39% and 6,20%. This shows that urea encapsulated mud PDAM-alginate at a concentration of 30% is the composition with the best results in holding urea encapsulated.

Key word : Alginate PDAM mud, urea, slow release

### PENDAHULUAN

Pupuk urea merupakan salah satu pupuk nitrogen dengan penggunaan cukup besar karena memiliki kandungan nitrogen yang tinggi (45%) dan diperlukan untuk pertumbuhan tanaman pertanian (Behin, 2016). Namun karena tingginya kelarutan pupuk urea dalam air, mengakibatkan sekitar 40-70 % dari pupuk urea yang digunakan akan hilang ke lingkungan dan tidak dapat diserap oleh tanaman, sehingga menyebabkan besarnya biaya dalam pengelolaan pertanian serta permasalahan lingkungan yang serius (Wu & Liu, 2008). Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi serapan nutrisi dari pupuk serta mengurangi dampak lingkungan yaitu dengan membuat pupuk dalam bentuk lepas lambat atau *slow-release fertilizer* (SRF) (Lubkowski, 2016). Pupuk *slow-release* mampu menyediakan nutrisi dengan lebih efisien. Pengaplikasian *slow-release fertilizer* dalam jangka panjang dapat menghindari kerusakan lingkungan, serta memberikan pengembangan yang berkaitan dengan pertanian (Ni et al, 2010).

Karakter pelapis yang digunakan dalam pembuatan SRF mempengaruhi keefisienan pelepasan hara pupuk terutama nitrogen (Zou et al, 2015). Pelapisan urea telah dilakukan oleh peneliti dengan memanfaatkan polimer organik dan anorganik diantaranya *film low density* (Posey & Hester, 1991), enkapsulasi dengan lateks (Tangboriboorant & Sirichaiwat, 1996), kraft lignin pohon pinus (García et al, 1996), zeolite-asam humat (Nainggolan et al, 2009), zeolite-arang aktif (Maulinda et al, 2017), kitosan-silika-glutaraldehyd (Savana & Maharani, 2017), polimer amilum (Saleh et al, 2018) dan alginat-pati-kaolin (Mayori et al, 2017).

Polimer merupakan material serbaguna yang banyak digunakan untuk pembuatan pupuk *slow-release* (Mayori et al, 2017). Beberapa polimer yang telah digunakan sebagai

material pupuk *slow-release* antara lain akrilamida (Azizah et al, 2012; Irwan et al, 2013), polisulfon (Tomaszewska & Jarosiewicz, 2004), asam akrilat (Sunardi et al, 2017), dan polietilen (Tao et al, 2011). Penggunaan polimer alam ramah lingkungan seperti polisakarida yang memiliki sifat mudah terdegradasi merupakan solusi alternatif dalam membuat biokomposit sebagai pupuk *slow-release* (Li et al, 2009).

Alginat telah banyak dimanfaatkan dalam industri farmasi, kosmetik, non pangan (seperti tekstil, cat) dan pangan (makanan dan minuman) sebagai pengental, pengemulsi, pensuspensi, pembentuk gel, dan stabilisator. Alginat juga digunakan sebagai pelapis bahan pangan atau bahan pembentuk edible film (Meyer et al, 1959). Namun sifat hidrofilik dari alginat membuat *beads* lebih mudah membengkak dalam air, sehingga menghasilkan laju difusi elemen makro yang lebih cepat (Tomaszewska & Jarosiewicz, 2004). Penambahan material anorganik seperti lumpur PDAM dalam polisakarida dapat memperbaiki struktur biokomposit. Berdasarkan penelitian Adzmi et al. (2012) dan Li et al. (2007) material anorganik yang ditambahkan ke dalam polisakarida menghasilkan biokomposit dengan kekuatan mekanik yang lebih baik. Pada penelitian ini dilakukan enkapsulasi pupuk urea menggunakan biokomposit alginat dan lumpur PDAM menjadi pupuk *slow release*.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain lumpur PDAM dan akuades ( $H_2O$ ). Selain itu bahan-bahan kimia antara lain asam klorida (HCl), natrium alginate, kalsium klorida ( $CaCl_2$ ), Asam sulfat, DMAB dari Merck. Alat-alat yang digunakan yaitu ayakan 100 mesh, neraca analitik, oven, seperangkat alat gelas, *Fourier Transform Infrared* (FTIR) Shimadzu IRPrestige 21, Quanta 650 FEG scanning electron microscope (SEM).

### Prosedur

#### Persiapan Bahan Baku Urea dan Preparasi Lumpur PDAM

Urea dihaluskan dengan ukuran 2 mm sehingga mendapat ukuran yang seragam, kemudian timbang urea sebanyak 100 gr. Urea yang sudah discreening kemudian diuji kelarutan dan volatilitas. Lumpur PDAM didekantasi dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu  $110^\circ C$ . Lumpur PDAM yang telah dikeringkan, digerus hingga halus dan diayak menggunakan ayakan 100 *mesh*. Lumpur yang telah dihaluskan dengan ukuran 100 *mesh*, kemudian dicuci dengan akuades dan disentrifugasi pada kecepatan  $\pm 3000$  rpm. Padatan yang telah diperoleh kemudian dikalsinasi menggunakan tanur pada suhu  $500^\circ C$  selama 2 jam.

#### Enkapsulasi Urea Menggunakan Biokomposit Lumpur PDAM-Alginat

Metode enkapsulasi urea dengan komposit lumpur PDAM-alginat mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Faisol et al. (2019). Pembuatan komposit lumpur PDAM-alginat dilakukan dengan cara mencampurkan lumpur PDAM dan Na-alginat dengan perbandingan 1:1 ke dalam 50 mL akuades dan diaduk menggunakan magnetik stirer selama 4 jam. Pupuk urea sebanyak 20% b/b dimasukkan ke dalam larutan suspensi lumpur PDAM-alginat dan diaduk menggunakan magnetik stirer dengan perlahan hingga homogen. Sampel dari larutan campuran ini kemudian di ekstrusi menggunakan *syringe* 10 mL ke dalam larutan  $CaCl_2$  0,2% sambil diaduk perlahan menggunakan magnetik stirer. Pengadukan setelah *beads* terbentuk dilakukan selama 30 menit untuk mengoptimalkan proses pengikatan silang yang terjadi. Biokomposit kemudian

dipisahkan dari larutan  $\text{CaCl}_2$  0,2% 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 15%, 25%, 30% dan 35%. Produk yang dihasilkan dianalisis menggunakan FTIR dan SEM.

### Desain pengujian dan penentuan konsentrasi Urea yang dilepaskan

Pelepasan dilakukan dengan metode statis dimana urea SRF hasil sintesis direndam dalam akuades 50 ml. Waktu pelepasan dihitung dari 0 - 72 jam dengan memipet 2,0 ml larutan dan diukur konsentrasi pupuk yang dilepaskan menggunakan spektrofotometer *UV-Vis*. Massa pupuk di dalam akuades dibandingkan dengan massa pupuk dalam gel awal.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Preparasi Lumpur PDAM

Lumpur PDAM yang telah diambil dikeringkan untuk menghilangkan kandungan air di dalam lumpur dan didapatkan rendemen lumpur PDAM yaitu 48,06% yang diperoleh dengan membandingkan lumpur PDAM kering dan basah. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan air lumpur PDAM cukup besar. Lumpur yang telah kering kemudian dihaluskan dengan ukuran 100 mesh untuk memperbesar luas permukaan kontak. Lumpur yang telah kering dicuci dan dipisahkan menggunakan *centrifuge*, selanjutnya lumpur dikalsinasi selama 2 jam dengan suhu  $500^\circ\text{C}$ .

Lumpur PDAM yang telah dipreparasi ditambahkan HCl untuk menghilangkan pengotor-pengotor logam yang ada di dalam lumpur PDAM. Endapan hasil pencucian ditambahkan dengan NaOH dan diaduk menghasilkan larutan natrium silikat. Penambahan NaOH bertujuan untuk melarutkan  $\text{SiO}_2$  dari lumpur PDAM (Ginjar, *et al.* 2014). Larutan natrium silikat yang dihasilkan memiliki pH 12, sehingga bersifat basa. Penambahan HCl bertujuan untuk membentuk monomer-monomer asam silikat yang memungkinkan terbentuknya gel (Scott, 1993).

### Enkapsulasi Urea Menggunakan Lumpur PDAM-Alginat

Enkapsulasi urea menggunakan biokomposit lumpur PDAM-alginat dilakukan dengan mencampurkan urea kedalam campuran biokomposit. Sebelum digunakan urea dihaluskan terlebih dahulu agar mudah larut dan bercampur dengan pengikat silang dalam hal ini adalah alginat. Pemanfaatan alginat sebagai pengikat silang dalam pembuatan komposit ini didasarkan pada kemampuan alginat untuk membentuk gel. Gel akan terbentuk jika pada larutan natrium alginat ditambahkan garam Ca yang menyebabkan terjadinya reaksi pertukaran ion Na dari alginat oleh ion Ca sehingga ion Ca dapat mengikat molekul alginat yang panjang. Proses ini tidak memerlukan panas dan gel yang terbentuk tidak mudah meleleh jika dipanaskan. Hal inilah yang mendasari pemilihan alginat sebagai komponen dalam pembuatan komposit untuk menghasilkan pupuk urea lepas lambat (*Slow release Fertilizer*; SRF). Saat tahap *loading* urea ke dalam biokomposit terjadi proses *swelling*, yaitu pengikatan air oleh gugus hidroksil yang menyebabkan terjadinya proses difusi urea ke dalam matrik biokomposit. Saat uji pelepasan urea dalam air, matrik mengalami *swelling* sehingga air melarutkan urea dan menyebabkan urea mendifusi keluar dari matrik.

Selain itu, penggunaan lumpur PDAM sebagai matrik dalam pembuatan urea SRF didasarkan pada kemampuan lumpur PDAM yang dapat dijadikan sebagai adsorben dan sebagai material untuk memperbaiki struktur biokomposit. Lumpur PDAM dapat

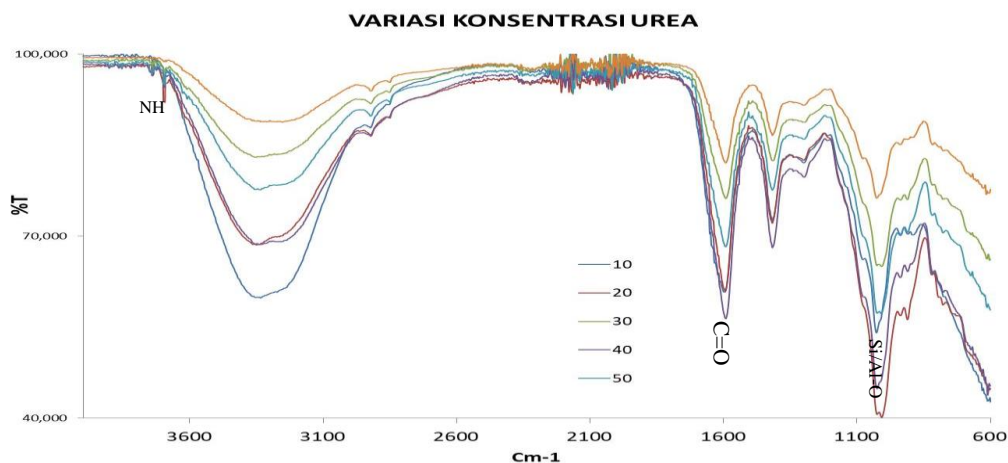
dijadikan sebagai penghalang fisik pada pupuk sehingga dapat mengurangi laju difusi air ke dalam inti pupuk dan difusi nutrisi ke luar pupuk. Kandungan silika yang terdapat pada lumpur PDAM dapat digunakan pada pupuk SRF karena memiliki ukuran partikel yang kecil dan amorf sehingga mempengaruhi mekanisme pelepasan urea yang lebih mengarah pada mekanisme proses difusi (Suwantomo et al, 2014). Produk hasil enkapsulasi diperoleh komposit berwarna cokelat yang didominasi dari warna lumpur PDAM (gambar 1).



**Gambar 1.** Komposit hasil sintesis variasi perbandingan lumpur DAM- alginat

#### Karakterisasi Biokomposit Lumpur PDAM-Alginat

Produk biokomposit urea SRF yang dihasilkan kemudian dianalisis menggunakan FTIR dan SEM. Analisis spektroskopi infra merah dilakukan untuk mengetahui karakteristik gugus fungsi dari biokomposit yang dihasilkan dan untuk mengetahui keberhasilan proses enkapsulasi urea. Hasil spektra infra merah dari biokomposit urea SRF hasil sintesis ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.

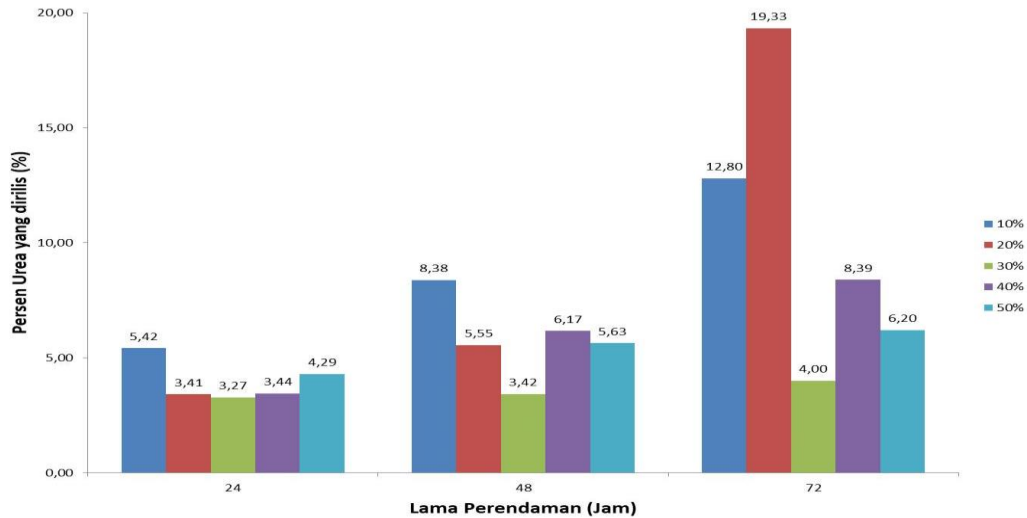


**Gambar 2.** Spektra FT-IR lumpur PDAM-alginat variasi urea yang dienkapsulasi.

Berdasarkan hasil analisis FT-IR pada gambar di atas menunjukkan bahwa karakteristik pita serapan pada panjang gelombang  $3639,89 \text{ cm}^{-1}$  dan  $3690,9 \text{ cm}^{-1}$  merupakan ciri khas dari vibrasi  $\text{NH}_2$  stretching asimetrik dan simetrik yang berasal dari keberadaan urea pada biokomposit (Wen 2016). Selain itu, serapan pada panjang gelombang  $3400 - 3600 \text{ cm}^{-1}$  merupakan daerah serapan O-H stretching dari alginat.

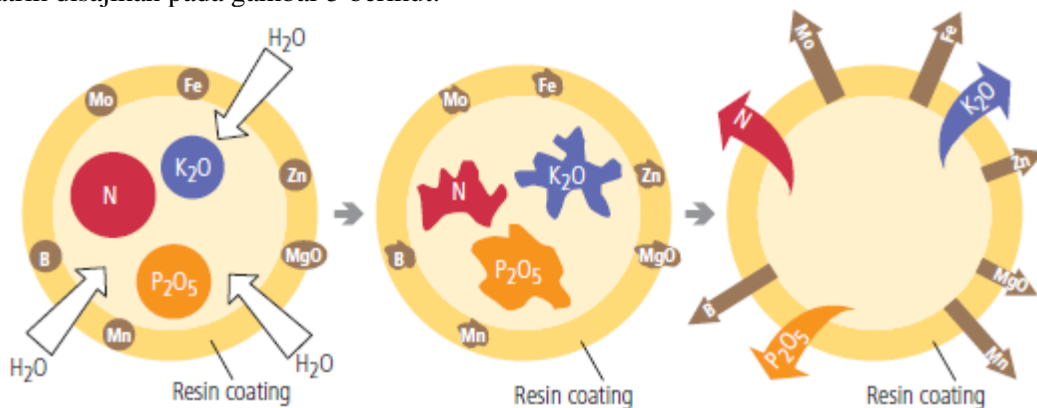


dari biokomposit. Kemampuan biokomposit lumpur PDAM-alginat dalam melepaskan urea yang terenkapsulasi disajikan pada Gambar 4 berikut.



**Gambar 4.** Kadar urea yang direlease dari urea SRF

Berdasarkan dari gambar diatas, persentase urea yang dirilis paling pada variasi konsentrasi 20% selama 72 jam dan urea yang paling kecil dirilis diperoleh variasi konsentrasi 20% selama 24 jam. Dari data diatas, dapat dilihat bahwa urea yang terenkapsulasi oleh biokomposit lumpur PDAM-alginat sebanyak 30% memiliki persentase pelepasan urea paling sedikit dibandingkan dengan variasi konsentrasi yang lainnya. Pola rilis yang paling lambat ini menunjukkan bahwa urea SRF pada konsentrasi 30% merupakan yang paling baik dalam menahan pelepasan urea dari biokomposit lumpur PDAM-alginat. Hal ini dimungkinkan karena pada titik tertentu, ion  $\text{NH}_4^+$  dari hasil pelepasan urea akan bersifat stabil dan menyebabkan konsentrasi atau kelarutan ammonium dalam air memiliki nilai tertentu (Styana, 2010). Pada saat konsentrasi ammonium di dalam fase cair sudah mencapai konsentrasi setimbangnya, namun masih terjadi transfer massa  $\text{NH}_4^+$  dari fase padat ke fase cair, maka akan diikuti dengan transfer massa sebaliknya (adsorpsi) dari fase cair ke fase padatan. Pola pelepasan urea dari suatu matrik disajikan pada gambar 5 berikut:



**Gambar 5.** Mekanisme kerja pupuk lepas lambat (Hähndel, BASF, 1997)

Berdasarkan pola pelepasan urea tersebut, dapat dikatakan bahwa enkapsulasi urea menggunakan biokomposit lumpur PDAM-alginat dapat dijadikan sebagai pupuk lepas-lambat dengan mekanisme halangan fisik yang menghambat pupuk untuk mengalami kontak langsung dengan air serta terjadinya pengikatan ion oleh biokomposit. Mekanisme pelepasan urea SRF pada penelitian diawali dengan biokomposit lumpur PDAM-alginat pelan-pelan mengembang oleh air dan kemudian membentuk hidrogel sehingga menyebabkan urea larut. Tahap selanjutnya urea secara pelan terlepas melalui perubahan dinamik dari air dengan biokomposit lumpur PDAM-alginat dan menyebabkan urea mendifusi keluar dari komposit.

### KESIMPULAN

Uji pelepasan nitrogen pada komposit lumpur PDAM-alginat dengan konsentrasi 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% selama 72 jam berturut-turut sebesar 12,80%, 19,33%, 4,00%, 8,39% dan 6,20%. Pelepasan urea paling baik diperoleh pada komposisi urea 30% dengan persentase pelepasan urea sebesar 4% selama 72 jam. Enkapsulasi urea menggunakan biokomposit lumpur PDAM-alginat dapat dijadikan sebagai pupuk lepas lambat.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada DRPM dikti yang telah mendanai penelitian ini melalui Pedanaan Penelitian Dasar dan Pembinaan/Kapasitas tahun Anggaran 2021.

### 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.
- Azizah A, Irwan A, Sunardi. 2012. Sintesis dan karakterisasi polimer superabsorben berbasis selulosa dari tanaman purun tikus (*Eleocharis dulcis*) tercangkok akril amida (AAM). *Sains dan Terapan Kimia*, 6(1), 59-70.
- 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.
- Faisol, W., Rubiyanto, D., Chuenchom L., and Is Fatimah. 2019. Alginate-Modified Saponite And Study For Ureaslow Released Fertilizer Application, *Rasayan J. Chem.*, 12(4), 1792-1802(2019) <http://dx.doi.org/10.31788/RJC.2019.1245386>
- García, M.C.; Díez, J.A.; Vallejo, A.; García, L.; Cartagena, M.C. 1996. Use of Kraft Pine Lignin in Controlled Release Fertilizer Formulations, *Industrial Engineering Chemical Research*, 35, 245–249.
- Hähndel, R. (BASF). 1997. Reply to the request on controlled-release fertilizers. Personal communication.

- Irwan A., Sunardi, Annisa S. 2013. Polimer superabsorben berbasis akrilamida (AAM) tercampok pati bonggol pisang (*Musa paradisiacal*). *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. (h. 45-53). Lampung.
- Li A, Zhang J, Wang A. 2007. Utilization of starch and clay for the preparation of superabsorbent composite. *Bioresource Technology*, 98, 327–332.
- Li J, Lu J, Li Y. 2009. Carboxymethylcellulose/Bentonite composite gels: water sorption behavior and controlled release of herbicide. *Journal of Applied Polymer Science*, 112, 261–268.
- Lubkowski, K. 2016. Environmental impact of fertilizer use and slow release of mineral nutrients as a response to this challenge. *Polish Journal of Chemical Technology*, 18(1), 72-79.
- Maulinda, R., Damayani, M., dan Joy, B. 2017. Pengaruh Pupuk Kombinasi Urea–Zeolit - Arang Aktif (UZAA) terhadap pH, Eh, Amonium dan Nitrat pada Tanah Sawah Rancaekek, Kabupaten Bandung, *Soilrens*, Volume 15(2):1-8.
- Mayori E., Nadia A, Fauziah A, Sunardi. 2017. Karakterisasi Biokomposit Alginat-Pati-Kaolin sebagai Kandidat *Slow-Release* Pupuk Urea. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah April 2018*, Banjarmasin, Indonesia. Halaman 191-195
- Meyer, R.C., A.R .Winter and H.H Weister. 1959. Edible protective coatings for extending the self life of poultry. *Food Technology*, 13: 146- 148.
- Nainggolan, Ganda Darmono., Suwardi., dan Darmawan. 2009. Pola pelepasan nitrogen dari pupuk tersedia lambat (*slow release fertilizer*) urea-zeolit-asam humat. *Prosiding Seminar Nasional Zeolit IV Bandung: 2-4 November 2009*.
- Ni B, Liu M, Lu S, Xie L, Wang Y. 2010. Multifunctional slow-release organic-inorganic compound fertilizer. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58:12373–12378.
- Posey, T and Hester, R.D. 1991. Developing a Biodegradable Film for Controlled Release of Fertilizer. *Plastics Engineering*, 50(1), 19–21
- Saleh, M., Zulmanwardi, dan Pasanda, O.S. 2018. Pembuatan Pupuk SRF (*slow release fertilizer*) dengan Menggunakan Polimer Amilum, *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M)*, Jakarta, Indonesia. 80-85.
- Savana, R.T., dan Maharani, D.K. 2017. Analisis Komposisi Unsur Pupuk Lepas Lambat Kitosan-Silika-Glutaraldehyd, *Unesa Journal of Chemistry*. Vol. 7, No. 1:21-24.
- Scott, R.P.W. 1993. *Silica Gel and Properties and Use in Lc*, John Willey & Son, Toronto.



- Styana UIF. 2010. Penggunaan metode *coating* campuran zeolit dan pati untuk meningkatkan keterikatan nitrogen dan kekuatan pada pupuk granul [tesis]. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Sunardi, Irwan A, Latifah A, Istikowati WT, Haris A. 2017. Kajian pengaruh jumlah agen pengikat silang terhadap karakteristik superabsorben asam akrilat terangkai selulosa dari alang-alang (*Imperata cylindrica*). *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 11(1),15 – 23.
- Swantomo, D., Rochmadi, Basuki, K. T., and Sudiyo, R. 2014. Effect of Silica Fillers on Characterization of Cellulose-Acrylamide Hydrogels Matrices as Controlled Release Agents for Urea Fertilizers. *Indo. J. Chem*, Vol. 14 (2): pp.116-121.
- Tangboriboorant, P.; Sirichaiwat, C. 1996. Urea Fertilizer Encapsulation Using Natural Rubber Latex. *Plastics, Rubber and Composites Processing and Applications*, 25(7), 340–346.
- Tao S, Liu J, Jin K, Qiu X, Zhang Y, Ren X, Hu S. 2011. Preparation and characterization of triple polymer-coated controlled-release urea with water-retention property and enhanced durability. *Journal of Applied Polymer Science*, 120, 2103–2111.
- Tomaszewska M, Jarosiewicz A. 2004. Polysulfone coating with starch addition in CRF formulation. *Desalination*, 163, 247-252
- Wen P, Wu Z, He Y, Han Y, Tong Y. 2015. 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.
- Wu L, Liu M. 2008. Preparation and properties of chitosan-coated npk compound fertilizer with controlled-release and water retention. *Carbohydrate polymers*, 72, 240–247.
- Zou, H. Y. Ling, X. Dang, N. Yu, Y. Ling Zhang, Y, Long Zhang, and J. Dong. 2015. Solubility Characteristics and Slow-Release Mechanism of Nitrogen from Organik-Inorganik Compound Coated Urea. *Hindawi Publishing Corporation International Journal of Photoenergy*. Volume 2015:139-145.