

PENGARUH PVA (POLIVINIL ALKOHOL) PADA PEMBUATAN PUPUK UREA SLOW RELEASE FERTILIZER PADA MATRIKS KITOSAN TERMODIFIKASI

THE EFFECT OF PVA (POLYVINYL ALCOHOL) ON THE PRODUCTION OF UREA SLOW RELEASE FERTILIZER ON MODIFIED CHITOSAN MATRIX

Betari Marena^a dan Sari Edi Cahyaningrum*

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences

Universitas Negeri Surabaya

Jl. Ketintang, Surabaya (60231), Telp. 031-8298761

** Corresponding author, email: saricahyaningrum@unesa.ac.id*

Abstrak. *Slow Release Fertilizer dapat dibuat dengan bahan organik maupun anorganik. Pada beberapa penelitian telah digunakan kitosan sebagai matriks SRF termodifikasi. Kitosan dapat dikombinasikan dengan bahan lain seperti PVA untuk meningkatkan sifat mekaniknya. Pada penelitian ini dibuat SRF dengan bahan kitosan-PVA-Urea-Ca dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi penyerapan pupuk urea oleh tanaman. Metode yang digunakan dalam yaitu metode casting, larutan membran akan dituangkan ke dalam cawan petri dan pelarut nya akan diuapkan sehingga dapat dihasilkan membran SRF kering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan PVA maka dapat meningkatkan derajat swelling nya, dan elastisitasnya, serta dapat menurunkan porositasnya sehingga dapat meningkatkan efisiensi penyerapan urea oleh tanaman.*

Kata kunci : SRF, Kitosan, PVA, Membran

Abstract. *Slow Release Fertilizer can be made with organic or inorganic materials. In several studies, many have used chitosan as a modified SRF matrix. In this study, SRF was made with chitosan-PVA-Urea-Ca materials with the aim of increasing the efficiency of urea fertilizer absorption by plants. The method used in this is the casting method, the membrane solution will be poured into a petri dish and the solvent will be evaporated so that a dry SRF membrane can be produced. The results of the study showed that the more PVA added, the degree of swelling and elasticity can be increased, and the porosity can be reduced so that it can increase the efficiency of urea absorption by plants.*

Key words: SRF, Chitosan, PVA, Membrane

PENDAHULUAN

Salah satu pupuk anorganik yang sering digunakan dalam bidang pertanian yaitu pupuk urea dengan kandungan unsur nitrogen 46% yang memiliki peran dalam pembentukan dan pertumbuhan bagian-bagian tanaman seperti pembentukan klorofil, mempercepat pertumbuhan daun, batang, dan akar [1]. Namun, pupuk urea memiliki efisiensi penggunaan pupuk yang rendah karena pelepasan unsur nitrogen ke dalam tanah terjadi dengan cepat, sehingga kadar nitrogen yang diserap oleh akar tanaman tidak maksimal [2]. Unsur nitrogen yang tidak diserap secara maksimal tersebut akan berpindah ke air dan tanah

yang ada disekitarnya sehingga akan mencemari air dan tanah [3].

Pencemaran air dan tanah oleh efisiensi urea yang rendah dapat diatasi dengan melapisi butiran pupuk urea secara fisik dengan bahan organik/anorganik yang memiliki sifat hidrofobik yang berfungsi sebagai dinding atau penghalang difusi [4], sehingga pupuk urea dapat diserap secara maksimal dan dapat memasok nutrisi ke tanaman secara perlahan. Melapisi pupuk urea secara fisik dapat disebut dengan *Slow Release Fertilizer* (SRF). SRF dapat melepaskan unsur dalam pupuk secara bertahap dan dapat menyesuaikan serta memenuhi permintaan nutrisi selama pertumbuhan tanaman. Penggunaan metode

SRF ini dirancang untuk menjadi penghalang fisik bagi transportasi nutrisi dengan bahan yang digunakan dapat menahan air untuk berdifusi, sehingga dapat mengurangi emisi penggunaan pupuk urea yang akan disertai dengan peningkatan pemanfaatan nutrisi oleh tanaman [5]. SRF dapat dibuat dari biopolimer yang dikombinasikan dengan material komposit lainnya, karena biopolimer dapat digunakan sebagai matriks penghalang sehingga dapat memperpanjang waktu pelepasan pupuk [6].

Salah satu biopolimer yang banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang yaitu kitosan. Kitosan bersifat serbaguna sebagai material fungsional yang dapat membentuk komposit dengan material lainnya [7]. Selain itu, kitosan juga memiliki sifat hidrofobik dan dapat membentuk film. Sifat tersebut dapat menjadi dinding atau penghalang difusi yang baik, namun kitosan memiliki sifat mekanis yang lemah, sehingga perlu adanya penambahan material lain yang akan memberikan sifat fungsional tambahan [8]. Berdasarkan penelitian [9] kitosan dikombinasikan dengan *montmorillonite* yang dapat meningkatkan persen *release*-nya jika dibandingkan dengan kitosan saja, namun *montmorillonite* yang termasuk mineral tanah liat dalam keadaan tertentu dapat mengalami kompaksi yang dapat mengurangi permeabilitasnya. Oleh karena itu, perlu adanya bahan lain yang dikombinasikan dengan kitosan. Salah satu bahan yang dapat digunakan yaitu *polyvinyl alcohol* (PVA), karena PVA memiliki sifat hidrofilik yang unggul dengan adanya gugus $-OH$ sehingga PVA dapat meningkatkan daya serap air [10]. Berdasarkan penelitian [11] semakin bertambahnya konsentrasi PVA maka derajat swelling yang dihasilkan juga akan semakin bertambah karena gugus hidrofilik yang dimiliki PVA akan membentuk ikatan hidrogen dengan gugus polimer lain, sehingga molekul air mudah untuk menembus pori-pori. Kombinasi antara kitosan dan PVA paling direkomendasikan untuk meningkatkan kemampuan membentuk film. Ketika dua polimer tersebut dicampur maka ikatan hidrogen akan terbentuk diantara gugus fungsionalnya yaitu $-NH_2$ dan $-OH$ di kedua polimer, sehingga menghasilkan peningkatan sifat mekanik matriks [8].

Menurut Vo et al., (2021) [12] kombinasi antara kitosan dan PVA dengan agen taut silang akan menghasilkan SRF yang memiliki kemampuan pelepasan urea yang rendah.

Sehingga Penambahan agen taut silang tidak disarankan dalam matriks kitosan-PVA, oleh karena itu perlu ditambahkan bahan lain yang berfungsi untuk meningkatkan kekuatan ikatan namun tetap dapat melepaskan pupuk secara terkendali. Bahan tersebut secara keberadaannya berlimpah dengan sifat tidak beracun dan mempunyai stabilitas tinggi sehingga cocok untuk aplikasi pada lingkungan. Bahan yang bisa digunakan tersebut yaitu $CaCO_3$ [13]. Menurut Stanley et al., (2020) [14] penambahan material Ca dalam kombinasi PVA-alginat dapat menurunkan sifat hidrofilitasnya karena Ca akan teraglomerasi, sehingga dapat bertindak sebagai penghalang untuk mengurangi laju difusi air, pelarutan matriks dan pelepasan urea. Hal tersebut dapat terjadi karena $CaCO_3$ akan terionisasi menjadi ion Ca^{2+} , kemudian ion Ca^{2+} akan dapat membentuk kompleks dengan kitosan karena adanya keterikatan antara kitosan dengan ion Ca^{2+} [15]. Kombinasi antara kitosan-asam suksinat-Ca juga telah diteliti oleh [16] bahwasannya membran kitosan termodifikasi asam suksinat dengan Ca dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan meningkatnya daya release membrannya.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka perlu dilakukan pembuatan pupuk SRF untuk meningkatkan daya serap nitrogen dari pupuk urea.

METODE PENELITIAN

Bahan

Beberapa bahan yang digunakan pada penelitian aquadest, asam asetat glasial 1% (v/v), kitosan 1% (w/v), PVA, $CaCO_3$, Urea, *para*-Dimethylaminobenzaldehyde (p-DAB), NaOH.

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah: gelas kimia, gelas ukur, pipet tetes, pipet volume, bulb pipet, labu ukur 100 ml, labu ukur 500 ml, neraca analitik, magnetic stirrer, spatula, batang pengaduk, cawan petri, botol vial, pot tanaman.

Prosedur Penelitian

Pembuatan Larutan Asam Asetat Glasial

Pembuatan asam asetat glasial 1% (v/v) dilakukan dengan cara mencampurkan 10,2 ml asam asetat glasial dan ditambahkan dengan

aqudest dalam labu ukur 1000 ml hingga tanda batas.

Pembuatan Larutan Kitosan 1% (w/v)

Kitosan ditimbang sebanyak 1 gram, kemudian dilarutkan dalam larutan asam asetat 1% (v/v) sebanyak 100 ml dengan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dalam suhu ruang selama 24 jam hingga larut dengan sempurna.

Pembuatan Larutan PVA 1% (w/v)

PVA ditimbang sebanyak 1 gram dilarutkan dalam aquadest 100 ml dengan suhu 60°C sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 300 rpm selama 2 jam hingga larut.

Pembuatan Larutan NaOH 1M

NaOH ditimbang sebanyak 4 gram kemudian dilarutkan dengan aquades secukupnya dan diaduk hingga homogen. Kemudian larutan NaOH dimasukkan ke labu ukur 100 ml dan ditambahkan aquades hingga tanda batas.

Pembuatan Membran

Pupuk berbentuk membran dibuat dengan mencampurkan larutan PVA dengan larutan kitosan dengan variasi 1:2, 1:1, dan 2:1 (v/v) yang diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dalam suhu 60°C dengan kecepatan 300 rpm selama 24 jam. Campuran larutan tersebut yang sudah homogen kemudian disonikasi selama 20 menit dengan suhu 60°C.

Setelah itu dalam larutan tersebut dicampurkan CaCO_3 sebanyak 0,01 gram dan urea 0,2 gram dan diaduk selama 2 jam hingga homogen. Campuran larutan tersebut yang sudah homogen kemudian disonikasi selama 15 menit dengan suhu 30°C. Selanjutnya larutan yang sudah tersedia diambil sebanyak 10 ml kemudian dicetak dalam cawan petri dan dikeringkan dalam suhu 65°C hingga kering.

Membran yang telah kering dan terbentuk kemudian direndam menggunakan larutan NaOH 1M hingga membran dapat dilepaskan dari cawan petri, kemudian membran dibilas dengan aquades hingga pH nya netral.

Karakterisasi Membran

Uji Daya Serap Air (*Swelling*)

Ditimbang berat kering membran menggunakan neraca analitik yang selanjutnya direndam dalam

10 mL aquadest selama 6 jam pada suhu ruang. Membran yang sudah direndam kemudian dikeringkan dengan tissue dan ditimbang sebagai berat basah. Berikut merupakan persamaan derajat *swelling* :

$$WA = \frac{W_s}{W_d} \times 100$$

Keterangan:

WA : Derajat *swelling*

W_s : Berat basah

W_d : Berat kering

Uji Porositas

Ditimbang berat kering membran kemudian merendam membran dalam 10 mL air selama 6 jam, membran yang telah direndam ditimbang sebagai berat basah kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 100°C sampai membran kering dan ditimbang sebagai berat kering setelah di oven. Porositas membran dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\varepsilon = \frac{\omega W - \omega d}{\rho \times a \times l}$$

Keterangan:

ε : persen porositas

ωW : berat kering

ωd : berat kering

ρ : berat jenis air

a : luas permukaan

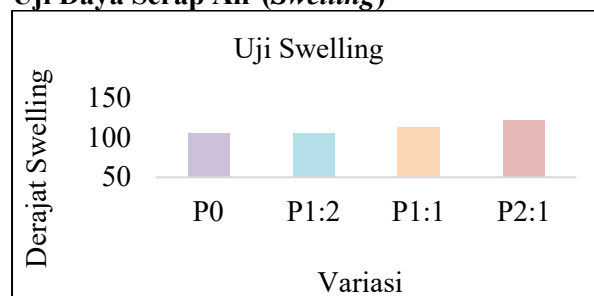
l : ketebalan

Uji Pelepasan Nitrogen

Uji pelepasan nitrogen dilakukan dengan menimbang membran dengan berat yang sama yang kemudian direndam dalam aquadest sebanyak 100 ml. Hasil rendaman tersebut diuji dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui kadar urea. Perendaman diuji pada hari ke 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, dan 40 dengan menggunakan reagen DMAB.

HASIL DAN PEMBAHASAN

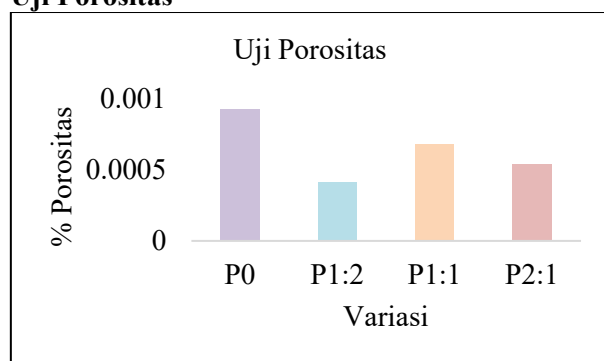
Uji Daya Serap Air (*Swelling*)



Gambar 1. Diagram Derajat Swelling

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin banyak PVA yang terdapat dalam komposisi membran SRF menghasilkan derajat swelling paling tinggi, hal ini disebabkan oleh PVA memiliki sifat hidrofilik dari gugus -OH nya sehingga semakin bertambahnya konsentrasi PVA maka derajat *swelling* nya semakin besar [17].

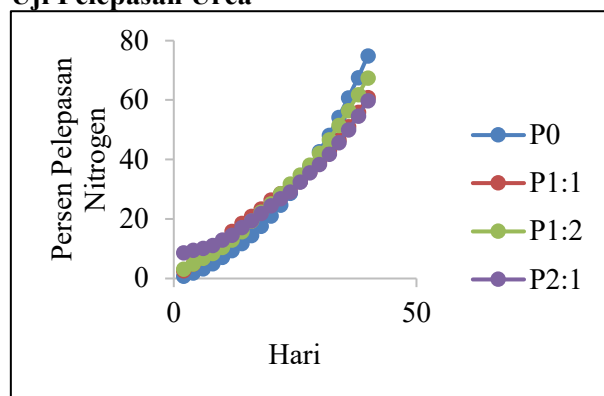
Uji Porositas



Gambar 2. Diagram % Porositas

Berdasarkan diagram pada Gambar 2 semakin tinggi konsentrasi PVA maka terjadi penurunan nilai porositas, hal ini dapat disebabkan oleh penambahan PVA dalam matriks SRF kitosan termodifikasi dapat mengisi pori pada membrane sehingga penambahan konsentrasi PVA dapat mengurangi ukuran dan jumlah pori, sehingga dapat menurunkan porositasnya [18].

Uji Pelepasan Urea



Gambar 3. Grafik Pelepasan Nitrogen

Tabel 1. Pelepasan Nitrogen

Hari	% Pelepasan Nitrogen			
	P 0	P 1:1	P 1:2	P 2:1
2	0.75	2.67	3.15	8.62
4	1.862	4.89	4.94	9.51
6	3.24	7.06	6.87	10.19

Hari	% Pelepasan Nitrogen			
	P 0	P 1:1	P 1:2	P 2:1
8	5.02	9.77	8.47	11.15
10	7.13	11.96	10.53	13.00
12	9.45	15.85	12.98	14.62
14	11.76	18.59	15.81	17.18
16	14.49	20.87	19.31	19.45
18	17.57	23.37	22.32	21.85
20	21.00	26.45	25.13	24.51
22	24.69	28.59	28.54	26.83
24	28.63	30.65	31.77	29.13
26	32.72	32.63	34.77	32.48
28	37.52	35.93	38.11	35.53
30	42.63	39.26	42.17	38.36
32	48.17	42.85	46.67	42.77
34	54.16	46.59	51.47	45.69
36	60.74	51.07	56.51	50.02
38	67.58	55.88	61.88	54.69
40	74.91	60.90	67.48	59.81

Berdasarkan grafik pada Gambar 3 dan Tabel 1 dapat dilihat bahwa membran tanpa PVA menghasilkan pelepasan nitrogen paling tinggi, hal ini dapat disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi PVA yang ditambahkan maka dapat menurunkan porositas, sehingga berpengaruh pada pelepasan nitrogennya. Jika porositas membran semakin turun maka nitrogen di dalam urea yang dilepaskan juga akan semakin sedikit karena ukuran pori yang kecil yang jumlah pori yang lebih sedikit dapat menurunkan pelepasan nitrogen pada membran SRF.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dengan adanya penambahan PVA pada SRF matriks kitosan termodifikasi membuat kenaikan terhadap derajat *swelling* nya, menjadi lebih elastis, dan tidak terlalu berpori karena terjadi penurunan porositas, sehingga pelepasan nitrogennya juga akan semakin turun sejalan dengan kenaikan konsentrasi PVA nya.

DAFTAR PUSTAKA

1. L. Saputri, E. D. Hastuti and R. Budihastuti, "Respon Pemberian Pupuk Urea dan Pupuk Kandang Sapi Terhadap Pertumbuhan dan

- Kandungan Minyak Atsiri Tanaman Jahe Merah," *Jurnal Biologi*, pp. 1 - 7, 2018.
2. S. Swify, R. Mažeika, J. Baltrusaitis, D. Drapanauskaite and K. Barčauskaite, "Review: Modified Urea Fertilizers and Their Effects on Improving Nitrogen Use Efficiency (NUE)," *Sustainability*, vol. 16, no. 188, pp. 1-20, 2024.
3. D. Kurniadie, E. N. Dida and Solihin, "A Review of Synthetic and Earth's Resource-Based Slow-Release Fertilizers and Their Potential Role in Reducing Groundwater Pollution," *Indonesian Journal of Geology and Mining*, vol. 32, no. 1, pp. 27-36, 2022.
4. P. Vejan, T. Khadiran, R. Abdullah and N. Ahmad, "Controlled Release Fertilizer: A Review on Developments, Applications and Potential in Agriculture," *Journal Controlled Release*, pp. 321-334, 2021.
5. C. J. Ransom, V. D. Jolley, T. A. Blair, L. E. Sutton and B. G. Hopkins, "Nitrogen Release Rates from Slow and Controlled-Release Fertilizers Influenced by Placement and Temperature," *Plos ONE*, pp. 1-21, 2020.
6. A. Firmanda, F. Fahma, K. Syamsu, M. Mahardika, L. Suryanegara, A. Munif, M. Gozan, K. Wood, R. Hidayat and D. Yulia, "Biopolymer-based slow/controlled-release fertilizer (SRF/CRF): Nutrient release mechanism and agricultural sustainability," *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 12, pp. 1-19, 2024.
7. S. S. Vedula and G. V. Yadav, "Chitosan-based membranes preparation and applications: Challenges and opportunities," *Journal of the Indian Chemical Society*, vol. 98, pp. 1-14, 2021.
8. E. M. Ahmed, H. Isawi, M. Morsy, M. H. Hemida and H. Moustafa, "Effective Nanomembranes from Chitosan/PVA Blend Decorated Graphene Oxide With Gum Rosin and Silver Nanoparticles for Removal of Heavy Metals and Microbes from Water Resources," *Surfaces and Interfaces*, pp. 1 - 19, 2023.
9. Z. Dou, M. Farias, W. Chen, D. He, Y. Hu and X. Xie, "Highly Degradable Chitosan-Montmorillonite (MMT) Nano-Composite Hydrogel for Controlled Fertilizer Release," *Front Environ*, vol. 17, no. 53, 2023.
10. Z. Mu, W. Zhang, D.-F. Chai, Q. Lv, X. Tan, R. Yuan and G. Dong, "Preparation and characterization of slow-release urea fertilizer encapsulated by a blend of starch derivative and polyvinyl alcohol with desirable biodegradability and availability," *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 271, pp. 2-11, 2024.
11. R. F. Maulidina, D. Pujiani and Haryanto, "The Effect of The Addition Of Polyvinyl Alcohol (PVA) Concentrations on the Characteristics of The Carboxymethyl Cellulose (CMC)-Poly (Acrylic Acid) Hydrogel Superabsorbent as a Planting Medium," *Chemica : Jurnal Teknik Kimia*, vol. 9, no. 2, pp. 60-66, 2022.
12. P. T. Vo, H. T. Nguyen, H. T. Trinh, V. M. Nguyen, A. T. Le, H. Q. Tran and T. T. T. Nguyen, "The Nitrogen Slow-Release Fertilizer Based on Urea Incorporating Chitosan and Poly Vinyl Alcohol Blend," *Environmental Technology and Innovation*, pp. 1 - 13, 2021.
13. P. Yukhajon, T. Somboon and S. Sansuk, "Fabrication of Porous Phosphate/Carbonate Composites: Smart Fertilizer with Bimodal Controlled-Release Kinetics and Glyphosate Adsorption Ability," *ACS Omega*, pp. 15625 - 15636, 2022.
14. N. Stanley and B. Mahanty, "Preparation and Characterization of Biogenic CaCO₃ Reinforced Polyvinyl Alcohol-Alginate Hydrogel as Controlled-Release Urea Formulation," *Polymer Bulletin*, vol. 77, pp. 529-540, 2020.
15. H. Baykara, A. Riofrio, N. G. Troncoso, M. Cornejo, K. T. Ayala, J. F. Rada and J. Caceres, "Chitosan-Cement Composite Mortars: Exploring Interactions, Structural Evolution, Environmental Footprint and Mechanical Performance," *ACS Omega*, pp. 24978-24986, 2024.
16. R. A. Lusiana, P. W. Mariyono, H. Muhtar, S. E. Cahyaningrum and L. Efiyanti, "Environmentally friendly slow-release urea fertilizer based on modified chitosan membrane," *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, pp. 2-10, 2024.
17. H. Hosseinzadeh, "Synthesis and swelling properties of a poly(vinyl alcohol)-

- basedsuperabsorbing hydrogel," *Current Chemistry Letters* , vol. 2, pp. 153-158, 2013.
18. A. L. R. Sari, d. Sulaiman and S. M. Ulva, "Karakterisasi Membran Kitosan Kulit Udan-PVA dengan Variasi Karbon Aktif sebagai Filter Air," *Jurnal Literasi Pendidikan Fisika*, vol. 5, no. 2, pp. 198-210, 2024.