

PEMANFAATAN LEMPUNG TERMODIFIKASI SEBAGAI *CARRIER* UNSUR KALIUM DALAM FORMULASI PUPUK LEPAS LAMBAT

Putu Suarya*, Anak Agung Bawa Putra

Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Bukit Jimbaran,
Bali-Indonesia

*putusuarya@unud.ac.id

ABSTRAK: Pelapisan pupuk kalium dengan bentonit dilakukan untuk menghasilkan produk pupuk dengan sifat pelepasan yang lebih lambat, sehingga akan meningkatkan efektivitas dan efisiensi penggunaan pupuk kalium serta mengurangi pencemaran lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari proses pelapisan (*coating*) pupuk kalium butir dengan kalium dan bentonit sebagai pupuk lepas lambat. Sintesis pupuk *slow release fertilizer* (SRF) menggunakan metode pencampuran padat-cair dengan mengelusikan senyawa kalium ke dalam bentonit dengan mengkaji perbandingan bentonit dengan pupuk kalium. Bentonit yang digunakan adalah bentonit yang teraktivasi asam sulfat. Hasil penelitian menunjukkan bentonit yang teraktivasi asam sulfat 1,5 M memiliki karakter yang lebih baik dari bentonit alam. Luas permukaan meningkat dari 25,04 menjadi 48,77 m²/g, hasil uji XRD menunjukkan bahwa proses aktivasi mengakibatkan permukaan bentonit menjadi lebih bersih sehingga puncak-puncak yang dihasilkan menjadi lebih ramping dan intensitas lebih tinggi terutama pada $2\theta = 5-7$, keasaman permukaan meningkat dari 2,86 menjadi 7,23 mmol/g. Kondisi optimum campuran lempung-kalium adalah pada perbandingan lempung : kalium = 20:30. Proses pelepasan kalium pada SRF jauh lebih lambat dibanding pupuk KNO₃, pada minggu pertama pupuk KNO₃ sudah terlepas 100% sementara SRF baru terlepas 5 %, dan sampai pada minggu keenam SRF terlepas sampai 85 %.

Kata kunci: pupuk kalium; lempung termodifikasi; pupuk lepas lambat.

ABSTRACT: Coating of potassium fertilizer with bentonite was done to produce fertilizer products with slower release properties, so that it will increase the effectiveness and efficiency of potassium fertilizer use and reduce environmental pollution. This study aims to study the coating process of granular potassium fertilizer with potassium and bentonite as slow-release fertilizers. The synthesis of slow release fertilizer (SRF) fertilizer uses a solid-liquid mixing method by eluting potassium compounds into bentonite by examining the ratio of bentonite to potassium fertilizer. The bentonite used is bentonite activated with sulfuric acid. The results showed that bentonite activated with 1.5 M sulfuric acid has better characteristics than natural bentonite. The surface area increased from 25.04 to 48.77 m²/g, the XRD test results showed that the activation process resulted in the bentonite surface becoming cleaner so that the resulting peaks became slimmer and higher intensity especially at $2\theta = 5-7$, the surface acidity increased from 2.86 to 7.23 mmol/g. The optimum condition of the clay-potassium mixture is at a ratio of clay: potassium = 20:30. The process of releasing potassium in SRF is much slower than KNO₃ fertilizer, in the first week KNO₃ fertilizer has been released 100% while SRF has only released 5%, and by the sixth week SRF has been released up to 85%.

Keywords: potassium fertilizer; activated clay, slow release fertilizer.

1. PENDAHULUAN

Penelitian mengenai pupuk *slow release fertilizer* (SRF) telah banyak dilakukan di berbagai negara. Penelitian tentang SRF menggunakan *pidgeon magnesium* dari modifikasi kalium karbonat dalam sintesis pupuk SRF yang mengikat kalium telah dilaporkan [1]. Sintesis SRF berikutnya menggunakan *calcium chelation of lignin* dari *pulping spent liquor* untuk membuat pupuk SRF urea yang tahan air juga sudah dilaporkan [2]. Sedangkan, penelitian tentang SRF di Indonesia masih jarang dilakukan. Beberapa penelitian yang dilakukan di Indonesia berfokus pada pemanfaatan bahan – bahan yang bersifat adsorben seperti arang aktif, zeolit, dan bentonite sebagai campuran dalam pembuatan pupuk SRF [3]. Pelapisan Urea dengan Metode Slow Release Fertilizer menggunakan stearin-parafin belakangan ini sedang menjadi focus penelitian tentang SRF [4].

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari proses pelapisan (*coating*) pupuk kalium butir dengan kalium dan bentonit sebagai pupuk lepas lambat. Sintesis pupuk *slow release fertilizer* (SRF) menggunakan metode pencampuran padat-cair dengan mengelusikan senyawa kalium ke dalam bentonit dengan mengkaji perbandingan bentonit dengan pupuk kalium. Bentonit yang digunakan adalah bentonit yang teraktivasi asam sulfat.

2. PERCOBAAN

2.1 Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan meliputi bentonit, pupuk KNO_3 , akuades, H_2SO_4 1,5 mol/L, asam sulfat pekat (H_2SO_4 ; 98%), asam asetat (CH_3COOH) 2%, campuran selen, asam borat 1%, asam sulfat 0,05 ek/L, NaOH 30%,

Peralatan yang digunakan adalah: *Magnetic stirrer*, (*Cimarec Thermo Scientific*), , oven, ayakan 100 mesh, kertas, AAS (*Absorption Atomic Spektrofotometer*), dan XRD (*X Ray Diffraction*)

2.2 Metode

Aktivasi bentonite

Sebanyak 200 gram bentonit dimasukkan ke dalam 1000 mL larutan H_2SO_4 1,5 M sambil diaduk dengan pengaduk magnet. Aktivasi dilakukan selama 24 jam, kemudian disaring dan dicuci dengan air panas (sampai uji negatif terhadap larutan $BaCl_2$), Padatan bentonit selanjutnya dikeringkan dalam oven pada temperatur 100 °C selama 6 jam, kemudian didinginkan dalam desikator agar memperoleh massa konstan. Selanjutnya bentonit tersebut digerus, diayak menggunakan ayakan ukuran 100 mesh. Selanjutnya sampel bentonit dilakukan uji keasaman permukaan metode titrasi asam basa; luas permukaan dengan metode dengan metode metilen blu dan peningkatan basal spasing dengan XRD. [5]

Sintesis *Slow Release Fertilizer* (SRF) bentonit-Kalium

Proses sintesis pupuk *slow release fertilizer* (SRF) menggunakan metode pencampuran padat-cair dengan mengelusikan senyawa senyawa kalium ke dalam bentonit yang telah di aktivasi. komposisi massa lempung dibuat tetap sebanyak 20 g dan komposisi massa senyawa kalium dibuat bervariasi sebesar 10,20,30,40,50 g yang dilarutkan ke dalam aquades sebanyak 100 mL. Selanjutnya campuran dikeringkan pada suhu ± 100 °C dalam oven, kemudian diberi kode S_{SRF10} ; S_{SRF20} ; S_{SRF30} ; S_{SRF40} ; dan S_{SRF50} . Kadar kalium pada SRF diuji dengan Spektrofotometer Serapan Atom. Karakter SRF yang dihasilkan diuji menggunakan FTIR dan XRD, hasilnya dibandingkan dengan karakter bentonite.

Uji Pelepasan *Slow Release Fertilizer* (SRF) Lempung-Kalium Hasil Sintesis

Uji pelepasan kalium pada SRF dilakukan dengan metode statis. Pupuk SRF hasil sintesis direndam dalam akuades yang dianggap sebagai pH tanah normal. kemudian, waktu pelepasan dihitung selama 6 minggu. Pelepasan Kalium

dianalisa pada minggu ke I, II, III, IV, V dan VI.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakterisasi Bentonit

Penentuan keasaman permukaan dengan metode titrasi asam basa

Nilai keasaman permukaan ditunjukkan pada Tabel 1. Keasaman permukaan bentonit tanpa aktivasi adalah 2,86 mmol/g dan meningkat menjadi 7,23 mmol/g. Peningkatan keasaman permukaan bentonit disebabkan oleh terjadinya pembentukan situs aktif pada antar lapis bentonit. Pelarutan pengotor organik pada bentonite dan penggantian ion logam oleh ion H^+ pada antar lapis bentonit membantu terbentuknya asam Bronsted dan asam Lewis.

Tabel 1 Nilai Keasaman Permukaan Bentonit (K_a)

Jenis adsorben	K_a (mmol/g)	Situs Asam (10^{21} atom/g)
S0	2,86	1,72
SA	7,23	4,35

Keterangan :S0 = bentonit alam
SA = bentonit teraktivasi H_2SO_4

Tabel 2 Nilai Luas Permukaan Spesifik Bentonit

Sampel	Luas Permukaan ($S\ m^2/g$)
S0	25,04
SA	48,77

Penentuan luas permukaan dengan metilen biru

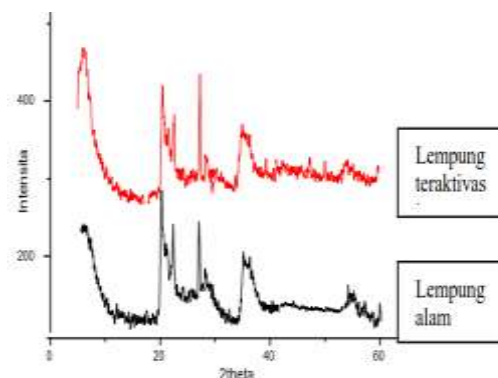
Hasil pengukuran luas permukaan ditunjukkan pada Tabel 2. Hasil ini menunjukkan bentonit yang teraktivasi H_2SO_4 1,5 M dan memiliki luas permukaan yang lebih tinggi dari pada bentonit tanpa

aktivasi. Luas permukaan pada bentonit setelah diaktivasi meningkat dikarenakan adanya pembukaan pori bentonit karena penambahan asam sulfat dapat melepaskan pengotor-pengotor lainnya dari kisi-kisi struktur [6]

Karakterisasi Bentonit dengan XRD

Proses aktivasi bentonite menggunakan larutan asam H_2SO_4 1,5 M selama 24 jam untuk menghomogenkan kation pada bentonit sehingga meningkatkan situs aktif terhadap permukaan lempung bentonit meningkatkan jarak antral lapisan. Karakterisasi dengan menggunakan XRD bertujuan untuk mengetahui jarak antar lapis (*basal spacing*) dan kristalinitas dari lempung bentonit. Pada Gambar 1 terlihat perbedaan difraktogram bentonite alam dan bentonit teraktivasi H_2SO_4 1,5 M.

Berdasarkan Gambar 1, terlihat adanya perubahan intensitas dari difraktogram terutama pada $2\theta = 5-7$ yang merupakan ciri khas dari bentonit. Setelah bentonit diaktivasi dengan asam sulfat 1,5 M terjadi peningkatan intensitas yang menunjukkan bahwa proses aktivasi mengakibatkan permukaan bentonit menjadi lebih bersih sehingga puncak-puncak yang dihasilkan menjadi lebih ramping [6]



Gambar 1. Difraktogram bentonit alam dan bentonit teraktivasi H_2SO_4

Analisis kadar kalium *Slow Release Fertilizer* (SRF) dengan metode SSA

Hasil pengukuran kalium menggunakan metode Spektrofotometri

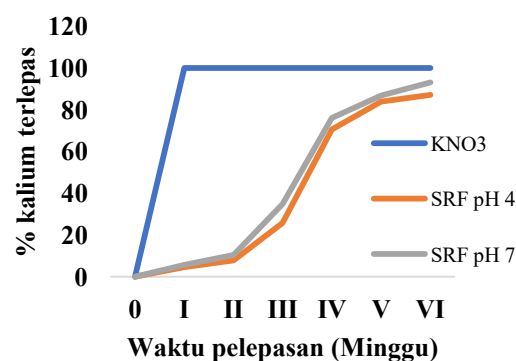
Serapan Atom, menunjukkan pada bentonit, SRF_{20:10}, SRF_{20:20}, SRF_{20:30}, SRF_{20:40}, dan SRF_{20:50} terukur kadar kalium ditampilkan pada Tabel 3. Dari hasil dapat disimpulkan bahwa bentonit secara alami sudah mengandung kalium sebesar 0,15 %. Kadar kalium tertinggi pada perbandingan bentonit 20 : 30 (SRF_{20:30}), sedangkan pada SRF_{20:40} dan SRF_{20:50} terjadi penurunan kadar kalium yang kemungkinan diakibatkan jenuhnya permukaan bentonit sehingga bentonite tidak mampu lagi menyerap kalium. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum campuran bentonit-kalium adalah pada perbandingan 20:30.[7]

Tabel 3. Kadar Kalium Pada Sampel SRF Pada Berbagai Variasi Konsentrasi

Sampel	Kalium (%)
Bentonit	0.15
SRF _{20:10}	5.45
SRF _{20:20}	9.87
SRF _{20:30}	13.34
SRF _{20:40}	12.99
SRF _{20:50}	13.10

Pola pelepasan kalium

Uji pelepasan kalium dilakukan pada pupuk KNO₃ dan SRF_{20:30} yang bertujuan untuk membandingkan pelepasan kalium pada pupuk KNO₃ dibandingkan dengan SRF pada pH 4 dan 7. Dari hasil uji pelepasan kalium pada SRF_{20:30} dan pupuk KNO₃ dapat dilihat pada Gambar 2. Pola pada Gambar 2 terlihat bahwa pelepasan kalium untuk pupuk KNO₃ pada minggu pertama terlepas 100 %. Hal ini menunjukkan pupuk KNO₃ sangat mudah larut dalam air sedangkan pada pupuk SRF pada minggu pertama hanya terlepas sekitar 5 %. Proses pengikatan kalium pada struktur bentonit mengakibatkan pelepasan kalium menjadi sangat lambat.



Gambar 2. Grafik pola pelepasan kalium pada pupuk KNO₃ dan dari SRF pada pH 4 dan pH 7

Untuk pelepasan pada SRF dari minggu pertama hingga minggu ke keenam terjadi kenaikan pelepasan kalium, yang mana kenaikan pelepasan ini terjadi pelepasan sangat lambat terjadi sampai minggu kedua berkisar 15 % . pada minggu tiga dan keempat terjadi pelepasan lebih cepat, minggu ketiga mencapai 50 % dan pada minggu keempat mencapai 75 %. Dari minggu keempat hingga minggu keenam pelepasan menjadi lebih lambat lagi dengan pelepasan pada minggu kelima mencapai 80 % dan minggu keenam mencapai 85 %. Bervariasinya pelepasan kalium setiap minggu yang teramati menunjukkan ikatan antara bentonit dengan kalium dalam formulasi SRF ini terjadi secara bervariasi. Dengan variasi ikatan ini menjadikan formulasi SRF dapat digunakan sebagai pupuk untuk menyediakan unsur hara dengan keunggulan dari segi efisiensi penggunaan pupuk.

Pengaruh pH terhadap proses pelepasan kalium menunjukkan kecenderungan yang sama dari minggu I sampai minggu VI. Pada pH 4 menunjukkan proses pelepasan yang lebih lambat dibandingkan pH 7. Proses pelepasan kalium dalam tanah berair sangat dipengaruhi oleh pH, pada pH asam akan terjadi persaingan pelarutan ion K⁺ dengan ion H⁺, dengan demikian proses pelepasan kalium pH asam akan lebih lambat dibandingkan pH netral [8]

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Aktivasi bentonit dengan asam sulfat 1,5 M mampu memperbaiki karakter bentonit dalam hal peningkatan luas permukaan dari 25,04 menjadi 48,77 m²/g; menjadi lebih terbuka porinya dilihat dari peningkatan 2θ pada 5 – 7 yang merupakan penciri bentonite dan peningkatan situs asam dari 2,86 menjadi 7,23 mmol/g.
2. Formulasi campuran bentonite dengan pupuk KNO₃ yang optimum adalah pada perbandingan bentonite : pupuk KNO₃ = 20 : 30.
3. Pelepasan kalium pada SRF jauh lebih lambat dibandingkan pupuk KNO₃, pada pupuk KNO₃ pada minggu pertama teramati 100 % terlepas sementara pada pupuk SRF hanya 5 %, dan samapi minggu ke VI baru terlepas 85 %.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas terlaksananya penelitian ini kepada Menteri Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah memberi dana penelitian melalui Program Penelitian Unggulan Program Studi tahun 2021.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Li Y., Cheng F., 2016. Synthesis of a novel slow-release potassium fertilizer from modified Pidgeon magnesium slag by potassium carbonates. *Journal of The Air and Waste Management Association*, 66(6): 758-767
- [2] Sipponen M.K., Rojas O.J., Pihlajaniemi V., Lintinen K., Osterberg M. 2017. Calcium chelation of lignin from pulping spent liquor for water-resistant slow-release urea fertilizer systems, *ACS Publication*, 5(1): 1054 – 1061
- [3] Pangestu K.R., Suarya P., Widhihati I.A.G. 2023. Sintesis dan karakterisasi SRF menggunakan

campuran urea dan lempung bentonite, *Jurnal Kimia (Journal of Chemistry)*, 17 (1): 1 – 7

- [4] Febrianti, Arrozi N., Fitria I. N., 2024. Karakterisasi Pelapisan Urea dengan Metode Slow Release Fertilizer Menggunakan Stearin-Parafin, *Jurnal Ilmiah Respati*, 15 (1), 1 – 14,
- [5] Darmadinata M., Jumaeri, Sulistyaningsih T. 2019. Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi Asam Sulfat sebagai Adsorben Anion Fosfat dalam Air, *Indonesian Journal of Chemical Science*, 8 (1): 1 – 8.
- [6] Bairam H., Ustunisik G., Onal M., Sarikaya Y., 2021. Optimization of bleaching power by sulfuric acid activation of bentonite. *J. Clay mineral*, 56 (1), 148 – 155
- [7] Suarya P., Sudiarta I. W., Krisjayanto H. 2023. Pattern of Potassium Release from Slow Release fertilizer Potassium Sulfat-Bentonit Fertilizer, *Jurnal Ilmu Pendidikan Indonesia*, 11 (1): 34 – 41,
- [8] R. Borges, V. Prevot, C. Forano, and F. Wypych. 2017. Design and Kinetic Study of Sustainable Potential Slow-Release Fertilizer Obtained by Mechanochemical Activation of Clay Minerals and Potassium Monohydrogen Phosphate. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 56 (3): 708–716,