

**PEMANFAATAN BEBERAPA BAHAN PELAPIS PADA UREA  
TERHADAP NITROGEN TERSEDIA DAN SIFAT KIMIA  
DI VERTISOL PASURUAN**

**Utilization of Several Urea Coatings on Available Nitrogen and Chemical  
Properties of Pasuruan Vertisol**

**Muhammad Salman\*, Retno Suntari**

Departemen Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran No.1 Malang 65145

\*Penulis korespondensi: salman.muh@gmail.com

**Abstrak**

Vertisol memiliki kandungan N total yang relatif rendah sampai dibutuhkan, sehingga mereka membutuhkan pupuk eksternal tambahan dalam jenis pupuk. Pelapisan merupakan salah satu metode pembuatan pupuk dalam jenis slow release. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh zeolit, sago, campuran kitosan, dan tepung kentang sebagai pelapis pupuk urea terhadap penyediaan N tersedia serta sifat kimia Vertisol Pasuruan. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan 6 perlakuan terdiri atas K (tanpa pelapisan), P1 (zeolit 10%), P2 (sago 2%), P3 (kitosan 3% : pati kentang 8%), P4 (zeolit 20%), P5 (sago 4%) dan P6 (kitosan 6% : pati kentang 6%) dengan 3 kali ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian beberapa bahan penyalut pada urea berpengaruh nyata terhadap laju pelepasan nitrogen berupa amonium dan nitrat pada minggu ke-1 sampai minggu ke-4. Perlakuan P6 (kitosan 6% : pati kentang 6%) menunjukkan hasil terendah pada laju pelepasan amonium sebesar 12,517 ppm yang dikategorikan tinggi dan nitrat sebesar 3,005 ppm yang dikategorikan rendah. Perlakuan pelapisan urea menghasilkan amonium dan nitrat yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan tanpa pelapisan. Aplikasi beberapa bahan pelapis pada urea berpengaruh nyata terhadap nilai pH tanah dan kapasitas tukar kation (KTK). Perlakuan P6 menunjukkan hasil tertinggi pada pH tanah sebesar 5,363 dan nilai KTK sebesar 41,878 me 100 g<sup>-1</sup>.

**Kata kunci :** *amonium, nitrat, pelapis, pelepasan lambat, urea, Vertisol*

**Abstract**

Vertisols have a comparatively low total N content till they are needed, so they need extra external fertilizers within the sort of fertilizers. The coating is one methodology for making fertilizer within the sort of slow-release. The aim of this study was to analyze the impact of zeolite, sago, a mixture of chitosan, and potato flour as a coating for urea fertilizer on the provision of available N and also the chemical properties of Pasuruan Vertisol. This study used a completely randomized design with 6 treatments consisted of K (no coating), P1 (zeolite 10%), P2 (sago 2%), P3 (chitosan 3% : potato starch 8%), P4 (zeolite 20%), P5 (sago 4%) and P6 (chitosan 6% : potato starch 6%) with 3 replicates. The results showed that the application of several coating materials on urea had a significant effect on the rate of nitrogen release in the form of ammonium and nitrate from week 1 to week 4. P6 (chitosan 6%: potato starch 6%) treatment showed the lowest results in the release rate of ammonium by 12.517 ppm, which was categorized as high and nitrate by 3.005 ppm, which was categorized as low. The urea coating treatment resulted in lower ammonium and nitrate than the uncoated treatment. The application of several coating materials on urea had a significant effect on the pH value of the soil and cation exchange capacity (CEC). The P6 treatment showed the highest result on the soil pH of 5.363 and CEC values of 41.878 me 100 g<sup>-1</sup>.

**Keywords :** *ammonium, coating, nitrate, slow release, urea, Vertisol*

## Pendahuluan

Pupuk merupakan salah satu sarana produksi terpenting dalam budidaya tanaman, sehingga ketersediaannya mutlak diperlukan. Konsumsi urea pada tingkat domestik cenderung meningkat dari tahun 2014 sebesar 6.742.366 ton hingga tahun 2019 sebesar 7.722.799 ton (Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan masyarakat akan pupuk urea semakin meningkat terutama pada lahan pertanian, diantaranya jenis Vertisol.

Vertisols merupakan tanah mineral yang berkembang dari batuan kapur, memiliki kapasitas tukar kation dan persentase kejenuhan basa yang tinggi. Kandungan bahan organik pada Vertisol umumnya antara 1,5-4% dengan pH berkisar 6,0-8,2, dan N-total 0,24% (Atmaja *et al.*, 2013). Vertisols memiliki kandungan N-total tanah rendah sampai sedang, sehingga diperlukan penambahan unsur hara dari luar dalam bentuk pupuk. Salah satu daerah yang memiliki ordo tanah Vertisol yaitu Kabupaten Pasuruan. Vertisols Pasuruan memiliki kandungan N-total sebesar 0,17%, KTK sebesar 50,84 me 100 g<sup>-1</sup>, dan pH sebesar 6,8 (Utomo *et al.*, 2016).

Permasalahan yang terjadi di lapangan, yaitu kehilangan unsur hara pada waktu pemupukan N sehingga efisiensi penggunaan pupuk berkurang antara lain disebabkan oleh denitrifikasi, volatilisasi, dan tercuci (*leaching*) oleh aliran air. Kehilangan nitrogen karena denitrifikasi mencapai 30-40%, volatilisasi sekitar 10-20%, *leaching* berkisar 44%, dan karena erosi mencapai 45% (Hamzah *et al.*, 2018). Peningkatan efisiensi pemupukan urea dapat dilakukan dengan memperlambat pelepasan untuk mengurangi kehilangan nitrogen yaitu dengan membuat pupuk dalam bentuk *slow release*. Pupuk *slow release* dibuat dengan melapisi pupuk konvensional dengan bahan pelapis yang mampu memperlambat tingkat kelarutannya.

Beberapa macam pelapis yang telah diteliti, yaitu zeolit, tepung sagu, asam humat, asam akrilat, abu terbang batubara, campuran kitosan, dan tepung kentang (Nainggolan *et al.*, 2009; Waluyo, 2009; Rekso dan Karo, 2013; Yerizam *et al.*, 2017; Himmah *et al.*, 2018; Rengga *et al.*, 2019). Zeolit merupakan salah satu bahan pelapis yang dapat mengikat nitrogen sementara. Zeolit memiliki nilai KTK yang tinggi (120-180 me 100 g<sup>-1</sup>) yang berguna sebagai pengadsorpsi, pengikat dan penukar kation (Nainggolan *et al.*, 2009). Kitosan merupakan material yang berasal dari udang dan kepiting yang digunakan sebagai pelapis pupuk karena mampu

menahan air yang menyebabkan unsur hara nitrogen terlepas dari pupuk. Penggunaan tepung kentang sebagai pelapis pupuk mampu mengadsorpsi air lebih tinggi dibandingkan dengan kitosan sehingga campuran antara kitosan dan tepung mampu menghambat pelepasan unsur hara dari pupuk (Rengga *et al.*, 2019). Sagu memiliki potensi tinggi sebagai bahan pelapis untuk membuat pupuk menjadi lepas lambat. Pupuk NPK dengan pelapis sagu dapat menghambat pelepasan unsur hara dan mampu menghambat unsur hara tercuci oleh aliran air. Sagu mengandung amilopektin dalam pati sekitar 70-80% dan mempunyai berat molekul lebih besar dari amilosa serta tidak larut dalam air (Himmah *et al.*, 2018).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh zeolit, sagu, campuran kitosan dan tepung kentang sebagai pelapis pupuk urea terhadap pelepasan N tersedia dan sifat kimia pada Vertisols Pasuruan.

## Bahan dan Metode

### *Tempat dan waktu penelitian*

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April hingga Desember 2021, Kegiatan penelitian ini dilakukan di *Screen House*, Tulusrejo, Kota Malang untuk penelitian inkubasi dan untuk analisis sifat kimia tanah dilakukan di Laboratorium Kimia, Universitas Muhammadiyah Malang.

### *Rancangan percobaan*

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan, yaitu K (tanpa pelapis), P1 (zeolit 10%), P2 (sagu 2%), P3 (kitosan 3% : tepung kentang 8%), P4 (zeolit 20%), P5 (sagu 4%), dan P6 (kitosan 6% : tepung kentang 16%) dengan 3 ulangan. Analisis data menggunakan analisis ragam dengan uji taraf 5%, dan uji lanjut DMRT (*Duncan Multiple Range Test*). Selanjutnya dilakukan analisis korelasi dan regresi. Parameter yang diamati adalah pH (H<sub>2</sub>O), kapasitas tukar kation (KTK), amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), dan Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

### *Pelaksanaan*

#### *Pengambilan sampel tanah*

Sampel Vertisol diambil dari Desa Gerungan, Kecamatan Kraton, Kabupaten Pasuruan dan digunakan sebagai bahan media inkubasi. Ordo Vertisol diperoleh dari Peta Tanah Tinjau Provinsi Jawa Timur skala 1 : 250.000, yaitu pada jenis tanah Grumusol Hitam atau Vertisol. Sampel tanah diambil di lahan sawah dengan tanaman padi yang

sudah dipanen pada kedalaman 0-20 cm. Sampel tanah yang diambil merupakan tanah komposit dari tempat yang sudah ditentukan dengan pola diagonal. Kemudian tanah tanah dikeringanginkan dan dihancurkan. Setelah itu, tanah yang lolos ayakan 2 mm ditimbang sebesar 500 g untuk setiap *polybag*.

#### *Pelapisan pupuk urea*

Pelapisan pupuk urea dilakukan dengan melapisi pupuk urea dengan berbagai macam pelapis sesuai perlakuannya. Pelapisan dengan zeolit dilakukan dengan metode pencampuran padat-cair. Zeolit dihaluskan terlebih dahulu dan diayak dengan ayakan 2 mm kemudian diukur dosis tiap perlakuannya, yaitu 10% (P1) dan 20% (P4). Zeolit dipersiapkan terlebih dahulu sesuai dengan perlakuannya, yaitu 10 g dan 20 g kemudian mencampurkan 10 mL molase sebagai perekat dalam 100 mL air dan diaduk hingga homogen. Setelah itu, larutan pelapis dicampurkan pada 100 g pupuk urea dengan cara disemprotkan menggunakan *sprayer*. Setelah itu, pupuk dikeringkan dalam suhu ruangan. Persiapan bahan pelapis sagu, dan kitosan + tepung kentang dilakukan dengan mencampurkan bahan dengan air kemudian diaduk hingga homogen. Dosis pelapis sagu tiap perlakuannya yaitu 2 % w/v (P2), dan 4% w/v (P5). Sagu dipersiapkan terlebih dahulu sesuai dengan perlakuannya, yaitu 0,6 g dan 1,2 g kemudian dilarutkan dalam 30 mL air dan diaduk hingga homogen. Kemudian larutan pelapis terlebih dahulu dipanaskan agar menjadi gelatin. Setelah itu, larutan pelapis dicampurkan pada 100 g pupuk urea. Proses pelapisan pupuk dengan kitosan + tepung kentang sama dengan pelapis sagu. Kitosan dan tepung kentang diukur terlebih dahulu sesuai dengan perlakuannya, yaitu 3% w/v : 8% w/v (P3) dan 6 % w/v : 16% w/v (P6). Kitosan yang disiapkan 0,3 g dan 0,6 g kemudian dilarutkan dalam 10 mL air dan diaduk hingga homogen. Tepung kentang yang disiapkan 0,7 g dan 1,4 g kemudian dilarutkan dalam 8,75 mL air dan diaduk hingga homogen. Kemudian kedua larutan pelapis terlebih dahulu dipanaskan agar menjadi gelatin. Kedua larutan tersebut dicampur dan diaduk kembali hingga homogen. Larutan pelapis yang sudah dicampurkan pada 100 g pupuk urea. Setelah itu, pupuk dikeringkan dalam suhu ruangan..

#### *Aplikasi pupuk dan inkubasi*

Kegiatan penelitian ini dilakukan aplikasi pupuk urea terlapis dengan cara mencampurkan pupuk dengan tanah menggunakan wadah kaleng agar

dapat homogen secara keseluruhan. Kemudian campuran pupuk urea terlapis dan tanah seberat 500 g dimasukkan ke dalam *polybag*, lalu disiram sampai kapasitas lapangan. Setelah penyiraman, *polybag* ditutup dengan plastik dan direkatkan dengan karet. Sampel tanah kemudian di inkubasi di *Screen House*, Tulusrejo, Kota Malang. Dilakukan penyiraman dengan air 125 mL setiap 2 hari. Tujuan perlakuan inkubasi adalah agar dapat mengukur kandungan unsur hara yang dilepaskan oleh pupuk secara bertahap. Inkubasi dilakukan selama 1 bulan atau 4 Minggu Setelah Inkubasi (MSI). Setiap sampel tanah yang akan dianalisis, dikeluarkan dari tempat inkubasi dan dilakukan analisis di laboratorium kimia.

#### *Analisis sifat kimia tanah*

Kegiatan analisis sifat kimia tanah dilakukan di Laboratorium Kimia, Universitas Muhammadiyah Malang meliputi pH (H<sub>2</sub>O), KTK, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Sampel tanah diambil pada 1, 2, 3, dan 4 MSI untuk analisis NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dengan metode Titimetri (N-NH<sub>4</sub> dan N-NO<sub>3</sub>). Sampel tanah diambil pada 1 dan 4 MSI untuk analisis pH (pH H<sub>2</sub>O) dan KTK (NH<sub>4</sub>OAc 1M pH 7).

#### *Analisis data*

Analisis data yang dilakukan setelah penelitian menggunakan analisis ragam dengan uji taraf 5% menggunakan *software* Microsoft excel 2013 dan Genstat 17 untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan terhadap parameter pengamatan. Apabila perlakuan berpengaruh nyata terhadap parameter pengamatan maka dilakukan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Setelah itu dilakukan analisis korelasi dan regresi untuk mengetahui hubungan antar parameter dan pengaruhnya. Uji korelasi dilakukan untuk mengetahui tingkat hubungan antar perlakuan, sedangkan uji regresi untuk mengetahui besar pengaruh dari hubungan antar perlakuan.

## **Hasil dan Pembahasan**

### *Pelepasan nitrogen dalam bentuk amonium*

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa aplikasi pelapis pada urea berpengaruh nyata pada pelepasan nitrogen dalam bentuk amonium (Tabel 1). Hasil dari pelepasan amonium pada 1 MSI sampai 4 MSI menunjukkan hasil terendah pada perlakuan P6 yaitu berturut-turut sebesar, 9,597 ppm, 13,067 ppm, 10,588 ppm, dan 12,517 ppm yang tergolong tinggi menurut Balai Penelitian

Tanah (2009). Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi dosis pelapis yang digunakan pada urea semakin rendah pelepasan amonium. Perlakuan Kontrol menunjukkan penurunan amonium yang dilepaskan selama masa inkubasi. Hal ini karena nitrogen pada Vertisol terjerap dalam interlayer, yaitu merupakan ruang antara dua lembaran tetrahedral dengan octahedral (2:1) yang mempunyai diameter sama dengan diameter nitrogen, sehingga nitrogen akan terjerap di dalamnya yang menyebabkan Vertisol menjadi kekurangan nitrogen (Ome *et al.*, 2012). Menurut

Sigunga *et al.* (2008), karakteristik Vertisol untuk menjerap ion bermuatan positif dan melepas ion ion negatif membuat amonium tidak langsung terlepas dan mengalami nitrifikasi. Perlakuan P6 menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya dan mengalami peningkatan serta penurunan amonium selama masa inkubasi. Hal ini sejalan dengan penelitian Hartatik *et al.* (2020) yang menunjukkan hasil amonium yang dilepaskan urea dengan pelapis campuran kitosan meningkat dan kemudian menurun. Meningkatnya dosis mampu menghambat pelepasan dari amonium.

Tabel 1. Pelepasan nitrogen dalam bentuk amonium selama inkubasi.

| Perlakuan | Amonium (ppm) |     |          |     |          |     |          |     |
|-----------|---------------|-----|----------|-----|----------|-----|----------|-----|
|           | 1 MSI         | -%  | 2 MSI    | -%  | 3 MSI    | -%  | 4 MSI    | -%  |
| Kontrol   | 49,536 g      |     | 48,708 g |     | 46,707 g |     | 35,851 e |     |
| P1        | 42,485 f      | 17  | 40,483 f | 20  | 38,472 f | 21  | 31,632 d | 13  |
| P2        | 37,077 e      | 34  | 34,962 e | 39  | 33,083 e | 41  | 26,817 c | 34  |
| P3        | 31,501 d      | 57  | 29,716 d | 64  | 27,550 d | 70  | 24,443 c | 47  |
| P4        | 28,137 c      | 76  | 24,583 c | 98  | 23,568 c | 98  | 20,133 b | 78  |
| P5        | 23,970 b      | 107 | 20,667 b | 136 | 18,945 b | 147 | 18,182 b | 97  |
| P6        | 9,597 a       | 416 | 13,067 a | 273 | 10,588 a | 341 | 12,517 a | 186 |

Keterangan : Bilangan yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada uji DMRT 5%. Kontrol = urea tanpa pelapis, P1 = zeolit 10%, P2 = sagu 2%, P3 = kitosan 3% dan tepung kentang 8%, P4 = zeolit 20%, P5 = sagu 4% , P6 = kitosan 6% dan tepung kentang 16%. -% = persentase penurunan perlakuan amonium aplikasi pelapis dibandingkan dengan Kontrol. MSI = Minggu Setelah Inkubasi.

Hasil penelitian Maharani *et al.* (2018) menunjukkan hasil peningkatan dosis pelapis campuran kitosan yang mampu menahan amonium yang dilepaskan lebih tinggi dibandingkan dengan dosis kitosan yang lebih rendah.

#### **Pelepasan nitrogen dalam bentuk nitrat**

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa aplikasi pelapis pada urea berpengaruh nyata pada pelepasan nitrogen dalam bentuk nitrat (Tabel 2). Hasil dari pelepasan nitrat pada 1 MSI sampai 4 MSI menunjukkan pada perlakuan terendah pada perlakuan P6 yaitu berturut-turut sebesar; 4,451 ppm yang tergolong sedang, 3,521 ppm, 3,024 ppm, dan 3,005 ppm yang tergolong rendah menurut Balai Penelitian Tanah (2009). Selama masa inkubasi menunjukkan nitrat yang dilepaskan menurun seiring dengan masa inkubasi.

Hasil inkubasi tiap perlakuan urea dengan pelapis menunjukkan jumlah nitrat yang dilepaskan lebih rendah seiring dengan peningkatan dosis pelapis dibandingkan dengan kontrol. Peningkatan dosis pelapis pada perlakuan P4, P5, dan P6 menunjukkan peningkatan nitrat yang lebih rendah dibandingkan dengan kontrol pada tiap MSI. Hal ini

sejalan dengan hasil penelitian Hartatik *et al.* (2020) yang menunjukkan hasil urea dengan pelapis zeolit dan urea dengan pelapis campuran kitosan menurun tiap peningkatan dosis pelapis yang diberikan. Campuran tepung kentang dan kitosan merupakan biopolimer pencampur untuk memperbaiki sifat fisik karena adanya ikatan hidrogen yang dimiliki pati dalam amilosa dan amilopektin (Nasution, 2017). Semakin lama masa inkubasi maka nitrat yang dilepaskan semakin tinggi. Hasil penelitian Kavitha *et al.* (2022) juga menunjukkan nitrat yang dilepaskan menurun seiring dengan penambahan dosis pelapis sagu pada urea.

Hasil nitrat yang dilepaskan disebabkan oleh bahan pelapis biodegradable yaitu, tepung kentang, kitosan, dan sagu mampu menstimulasi aktivitas mikroorganisme. Menurut Mizuta *et al.* (2015), respirasi tanah meningkat ketika menggunakan tepung yang menunjukkan adanya peningkatan aktivitas mikroorganisme. Mikroorganisme dalam tanah dapat mempengaruhi degradasi pelapis pupuk dengan menjadikannya sumber nutrisi. Menurut Kavitha *et al.* (2022), amonium dan nitrat yang dilepaskan disebabkan oleh rendahnya kehilangan NH<sub>3</sub> melalui volatilisasi.

Tabel 2. Rata-rata pelepasan nitrogen dalam bentuk nitrat selama inkubasi.

| Perlakuan | Nitrat (ppm) |     |          |     |          |     |          |     |
|-----------|--------------|-----|----------|-----|----------|-----|----------|-----|
|           | 1 MSI        | -%  | 2 MSI    | -%  | 3 MSI    | -%  | 4 MSI    | -%  |
| Kontrol   | 13,533 d     |     | 12,051 e |     | 11,055 e |     | 9,040 e  |     |
| P1        | 12,476 d     | 8   | 10,493 d | 15  | 9,621 d  | 15  | 8,454 de | 7   |
| P2        | 12,021 d     | 13  | 9,488 d  | 27  | 9,019 d  | 23  | 6,952 cd | 30  |
| P3        | 9,504 c      | 42  | 7,554 c  | 60  | 7,513 c  | 47  | 5,539 d  | 63  |
| P4        | 8,540 bc     | 58  | 6,523 bc | 85  | 6,521 c  | 70  | 6,482 cd | 39  |
| P5        | 6,990 b      | 94  | 5,543 b  | 117 | 4,985 b  | 122 | 4,547 de | 99  |
| P6        | 4,541 a      | 198 | 3,521 a  | 242 | 3,024 a  | 266 | 3,005 e  | 201 |

Keterangan : Bilangan yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada uji DMRT 5%. Kontrol = urea tanpa pelapis, P1 = zeolit 10%, P2 = sagu 2%, P3 = kitosan 3% dan tepung kentang 8%, P4 = zeolit 20%, P5 = sagu 4% , P6 = kitosan 6% dan tepung kentang 16%. -% = persentase penurunan perlakuan nitrat aplikasi pelapis dibandingkan dengan Kontrol. MSI = Minggu Setelah Inkubasi.

Kemampuan fisik pelapis pada urea mampu mengurangi kehilangan  $\text{NH}_3$  melalui volatilisasi dibandingkan dengan urea tanpa pelapis yang kemudian  $\text{NH}_3$  diubah menjadi amonium dan mengalami nitrifikasi untuk menghasilkan nitrat.

#### Kapasitas tukar kation tanah

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa aplikasi pelapis pada urea berpengaruh nyata pada nilai KTK (Tabel 3). Hasil nilai KTK pada berbagai perlakuan menunjukkan bahwa nilai KTK tertinggi pada perlakuan P6 pada 1 MSI dan 4 MSI dengan nilai berturut-turut yaitu, 3,292 me  $100 \text{ g}^{-1}$  yang tergolong tinggi dan 41,878 me  $100 \text{ g}^{-1}$  yang tergolong sangat tinggi (Balai Penelitian Tanah, 2009). Nilai KTK pada berbagai perlakuan meningkat sejalan dengan masa inkubasi tetapi pada perlakuan Kontrol mengalami penurunan nilai KTK. Nilai KTK mengalami penurunan bila

dibandingkan dengan analisis awal, yaitu sebesar 50,84 me  $100 \text{ g}^{-1}$ . Menurunnya nilai KTK dibandingkan dengan analisis awal karena menurunnya pH tanah menjadi masam dibandingkan dengan analisis awal. Pengaruh nilai pH tanah terhadap KTK karena perubahan muatan partikel akibat ion  $\text{H}^+$ . Menurut Sparks (2003), ion  $\text{H}^+$  pada tanah dengan pH rendah membuat muatan pada permukaan partikel liat pada tanah menjadi muatan positif. Fraksi liat pada Vertisols mengandung muatan negatif yang menyebabkan terjadinya reaksi pertukaran kation. Asal muatan negatif didapatkan dari substitusi isomorfik dan disosiasi dari gugus hidroksil yang terbuka.  $\text{OH}^-$  pada tepi kristal yang terbuka dapat bermuatan negatif.  $\text{H}^+$  dari  $\text{OH}^-$  terurai dan permukaan liat menjadi bermuatan negatif, ketika pH tanah tinggi muatan ini disebut muatan tergantung pH (Tan, 1991).

Tabel 3. Kapasitas tukar kation tanah selama inkubasi.

| Perlakuan | KTK (me $100 \text{ g}^{-1}$ ) |       |           |       |
|-----------|--------------------------------|-------|-----------|-------|
|           | 1 MSI                          | +%    | 4 MSI     | +%    |
| Kontrol   | 13,244 a                       |       | 11,904 a  |       |
| P1        | 19,331 b                       | 46    | 20,448 b  | 71,8  |
| P2        | 22,488 c                       | 69,8  | 23,936 c  | 101,1 |
| P3        | 27,082 d                       | 104,5 | 32,671 d  | 174,5 |
| P4        | 30,600 e                       | 131   | 36,663 e  | 208,0 |
| P5        | 34,175 f                       | 158   | 38,799 ef | 225,9 |
| P6        | 37,292 f                       | 181,6 | 41,878 f  | 251,8 |

Keterangan : Bilangan yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada uji DMRT 5%. Kontrol = urea tanpa pelapis, P1 = zeolit 10%, P2 = sagu 2%, P3 = kitosan 3% dan tepung kentang 8%, P4 = zeolit 20%, P5 = sagu 4% , P6 = kitosan 6% dan tepung kentang 16%. +% = persentase peningkatan KTK perlakuan aplikasi pelapis dibandingkan dengan Kontrol. MSI = Minggu Setelah Inkubasi.

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Vertisol Pasuruan didominasi oleh fraksi liat (57%) yang memungkinkan terjadinya proses substitusi

isomorfik pada liat tipe 2:1.  $\text{Si}^{4+}$  dalam lapisan tetrahedral dapat digantikan oleh  $\text{Al}^{3+}$  atau  $\text{Al}^{3+}$  dalam oktahedral dapat digantikan oleh  $\text{Mg}^{2+}$ .

Peningkatan pH tanah pada perlakuan aplikasi pelapis urea di 4 MSI juga mempengaruhi meningkatnya KTK. Menurut Korb *et al.* (2005), peningkatan nilai pH tanah membuat ion OH<sup>-</sup> menggantikan ion H<sup>+</sup> dari gugus OH dalam muatan partikel liat. Akibatnya muatan pada partikel liat semakin negatif dan meningkatkan daya jerap terhadap kation.

**pH tanah**

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa aplikasi pelapis pada urea tidak berpengaruh nyata pada pH tanah 1 MSI dan berpengaruh nyata 4 MSI (Tabel 4). Hasil analisis pH tanah pada berbagai perlakuan menunjukkan nilai pH tanah tertinggi pada perlakuan P6 di 4 MSI dengan nilai 5,363 yang tergolong masam menurut Balai Penelitian Tanah (2009). Nilai pH tanah pada berbagai perlakuan meningkat sejalan dengan masa inkubasi tetapi pada perlakuan Kontrol mengalami penurunan nilai pH tanah pada 4 MSI. Nilai pH tanah mengalami penurunan bila dibandingkan dengan analisis awal yaitu 6,8.

Tabel 4. pH tanah selama inkubasi.

| Perlakuan | pH H <sub>2</sub> O |          |      |
|-----------|---------------------|----------|------|
|           | 1 MSI (tn)          | 4 MSI    | +%   |
| Kontrol   | 5,060               | 5,040 a  |      |
| P1        | 5,093               | 5,127 ab | 1,73 |
| P2        | 5,133               | 5,177 bc | 2,72 |
| P3        | 5,130               | 5,270 cd | 4,56 |
| P4        | 5,133               | 5,293 d  | 5,02 |
| P5        | 5,170               | 5,320 d  | 5,56 |
| P6        | 5,187               | 5,363 d  | 6,41 |

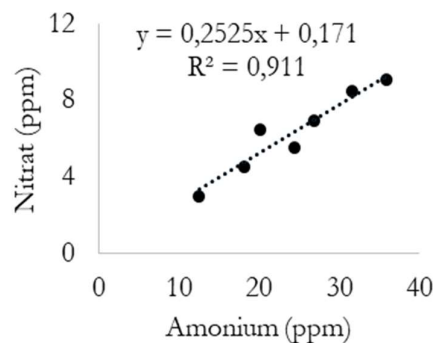
Keterangan : Bilangan yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada uji DMRT (Duncan Multiple Range Test) 5%. Kontrol = urea tanpa pelapis, P1 = zeolit 10%, P2 = sagu 2%, P3 = kitosan 3% dan tepung kentang 8%, P4 = zeolit 20%, P5 = sagu 4% , P6 = kitosan 6% dan tepung kentang 16%. +% = persentase peningkatan pH perlakuan aplikasi pelapis dibandingkan dengan Kontrol. MSI = Minggu Setelah Inkubasi.

Penurunan nilai pH tanah pada perlakuan Kontrol urea tanpa pelapis dan dibandingkan dengan analisis awal disebabkan oleh penguraian urea yang terjadi. Menurut Stein dan Klotz (2016) penguraian urea menjadi amonium dan kemudian nitrat dinyatakan dalam bentuk  $CO(NH_2)_2 + 2H_2O \rightarrow (NH_4)2CO_3 + 4O_2 \rightarrow 2H^+ + 2NO_3^- + CO_2 + 3H_2O$  yang menghasilkan ion H<sup>+</sup> dan menurunkan nilai pH tanah. Proses nitrifikasi oleh bakteri Nitrosomonas dan Nitrobakter mampu

melepaskan ion H<sup>+</sup>. Hal ini sejalan dengan penelitian Agustin dan Suntari (2018) yang menunjukkan hasil penurunan nilai pH dengan perlakuan pupuk urea. Hal ini dipengaruhi oleh aktivitas bakteri Nitrosomonas dan Nitrobakter pada proses nitrifikasi. Kemasaman tanah dapat dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme dalam penyediaan nitrat sehingga dapat menurunkan pH tanah.

**Hubungan antara amonium dan nitrat**

Hubungan antara amonium dan nitrat pada 1 MSI sampai 4 MSI menunjukkan hasil korelasi yang sangat kuat (Gambar 1). Ketersediaan nitrat berhubungan dengan ketersediaan amonium di tanah, jika ketersediaan amonium tinggi maka nitrat akan mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan amonium merupakan bahan untuk proses nitrifikasi. Menurut Stein dan Klotz (2016), nitrifikasi merupakan proses pengubahan amonium secara biologis menjadi nitrit oleh bakteri Nitrosomonas dan kemudian diubah kembali menjadi nitrat oleh bakteri Nitrobakter. Sehingga peningkatan nitrat dipengaruhi oleh ketersediaan amonium untuk melakukan proses nitrifikasi.

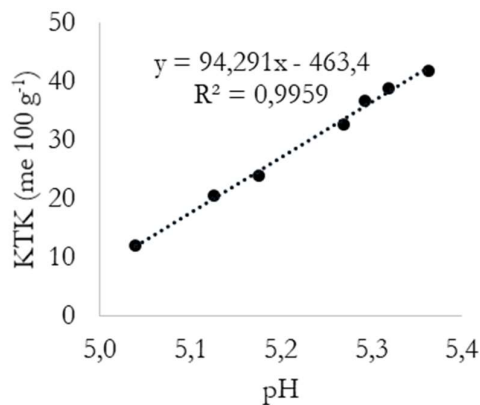


Gambar 1. Hubungan amonium dan nitrat.

**Hubungan antara pH dan kapasitas tukar kation tanah**

Hubungan antara pH tanah dan KTK menunjukkan nilai koefisien determinasi tinggi (Gambar 2). Hal ini terjadi karenapeningkatan pH tanah akan sejalan dengan peningkatan nilai KTK tanah. Menurut Sonon *et al.* (2017), nilai KTK terendah berada pada tanah dengan pH antara 3,5 dan 4,0 dalam kategori sangat masam. Nilai KTK meningkat seiring dengan peningkatan nilai pH tanah. Pengaruh nilai pH tanah terhadap KTK juga karena perubahan muatan partikel akibat ion H<sup>+</sup> ataupun ion OH<sup>-</sup>. Menurut Sparks (2003), ion H<sup>+</sup> pada tanah dengan pH rendah membuat muatan

pada permukaan partikel liat pada tanah menjadi muatan positif. Nilai KTK meningkat seiring dengan peningkatan nilai pH tanah karena ion OH<sup>-</sup> meningkatkan muatan negatif pada permukaan partikel liat pada tanah. Menurut Korb *et al.* (2005), peningkatan nilai pH tanah membuat ion OH<sup>-</sup> menggantikan ion H<sup>+</sup> dari gugus OH dalam muatan partikel liat. Akibatnya muatan pada partikel liat semakin negatif dan meningkatkan daya jerap terhadap kation. Asal muatan negatif didapatkan dari substitusi isomorfik dan disosiasi dari gugus hidroksil yang terbuka. OH<sup>-</sup> pada tepi kristal yang terbuka dapat bermuatan negatif. H<sup>+</sup> dari OH<sup>-</sup> terurai dan permukaan liat menjadi bermuatan negatif, ketika pH tanah tinggi muatan ini disebut muatan tergantung pH (Tan, 1991).



Gambar 2. Hubungan pH tanah dan KTK tanah.

## Kesimpulan

Perlakuan P6 (kitosan 6% dan tepung kentang 16%) menunjukkan hasil amonium terendah berturut-turut sebesar ; 9,597 ppm, 13,067 ppm, 10,588 ppm, dan 12,517 ppm yang tergolong tinggi. Perlakuan P6 (kitosan 6% dan tepung kentang 16%) menunjukkan hasil nitrat terendah berturut-turut sebesar ; 4,451 ppm yang tergolong sedang, 3,521 ppm, 3,024 ppm, dan 3,005 ppm yang tergolong rendah. Perlakuan P6 (kitosan 6% dan tepung kentang 16%) menunjukkan hasil tertinggi, yaitu 41,878 me 100 g<sup>-1</sup> untuk KTK dan 5,363 untuk nilai pH tanah. Perlakuan urea dengan aplikasi pelapis mampu menahan pelepasan amonium dan nitrat serta meningkatkan pH dan KTK dibandingkan Kontrol (urea tanpa pelapis).

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Kimia, Universitas Muhammadiyah Malang, dan

Departemen Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya atas fasilitas untuk pelaksanaan penelitian.

## Daftar Pustaka

- Agustin, S.E. dan Suntari, R. 2018. Pengaruh aplikasi urea dan kompos terhadap sifat kimia tanah serta pertumbuhan jagung (*Zea mays* L.) pada tanah terdampak erupsi Gunung Kelud. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 5(1):775-783.
- Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia. 2020. Supply and Demand 2014-2019.
- Atmaja, I.W.D., Saridevi, G.A.A.R. dan Mega, I.M. 2013. Perbedaan sifat biologi tanah pada beberapa tipe penggunaan lahan di tanah Andisol, Inceptisol, dan Vertisol. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika* 2(4):214-223.
- Balai Penelitian Tanah. 2009. Petunjuk Teknis : Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. pp 211-212.
- Hamzah, M., Eryati, K., Hidayat, A.S. dan Kurniawati, F. 2018. Karakteristik pelepasan hara N pupuk yang terlapis lateks-chitosan. *Jurnal Kimia* 12(1):79-86.
- Hartatik, W., Mardiyati, E., Wibowo, H., Sukarto, A. dan Yusron. 2020. Formulasi dan pola kelarutan N pupuk urea-zeolit lepas lambat. *Jurnal Tanah dan Iklim* 44(1):61-70.
- Himmah, N.I.F., Djajakirana, G. dan Darmawan. 2018. Nutrient release performance of starch coated NPK fertilizers and their effects on corn growth. *Journal of Soil Science and Agroclimatology* 15(2):104-114.
- Kavitha, R., Latifah, O., Ahmed, O.H., Primus, W.C. and Susilawati, K. 2022. Rejected sago starch as a coating material to mitigate urea-nitrogen emission. *Agronomy* 14(4):941.
- Korb, N., Jones, C. and Jacobsen, J. 2005. Potassium cycling, testing, and fertilizer recommendations. *Nutrient Management* 5:1-11.
- Maharani, D.K., Dwiningsih, D., Savana, R.T. and Andika, P.M.V. 2018. Usage of zeolite and chitosan composites as slow release fertilizer. *Atlantis Highlights in Engineering* 1:179-182.
- Mizuta, K., Taguchi, S. and Sato, S. 2015. Soil aggregate formation and stability induced by starch and cellulose. *Soil Biology and Biochemistry* 87(2015):90-96.
- Nainggolan, G.D., Suwardi, dan Darmawan. 2009. Pola pelepasan nitrogen dari pupuk tersedia lambat (slow release fertilizer) urea-zeolit-asam humat. *Jurnal Zeolit Indonesia* 8(2):89-96.
- Nasution, A.A. 2017. Kitosan. *Balai Proteksi Tanaman Perkebunan*. <http://balaipontianak.ditjenbun.pertanian.go.id/web/page/title/189/kitosan>.
- Ome, A.J., Mella, W.I.I. dan Pian, M. 2012. Kandungan C-organik tanah dan total nitrogen pada tanah Vertisol yang telah dibakar dan tidak dibakar. *Agrica* 5(1):67-76.

- Rekso, G.T. dan Karo, A.K. 2013. Karakterisasi kopolimerisasi radiasi pati dan asam akrilat sebagai bahan pelapis pupuk. *Jurnal Sains Material Indonesia* 15(1):45-50.
- Rengga, W.D.P., Mubarak, M.A. and Cahyarini, N.S. 2019. Phosphate release from slow release fertilizer using a mixture of chitosan and potato flour as a coating. *Jurnal Bahan Alam Terbaharukan* 8(1):34-40.
- Sigunga, D.O., Janssen, B.H. and Oenema, O. 2008. Effects of fertilizer nitrogen on short-term nitrogen loss in bypass flow in a Vertisol. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 39:2534-2549.
- Sonon, L.S., Kissel, D.E. and Saha, U. 2017. Cation Exchange Capacity and Base Saturation. University of Georgia. pp 1-4.
- Sparks, D.L. 2003. Ion exchange process. *Environmental Soil Chemistry* 187-205.
- Stein, L.Y. and Klotz, M.G. 2016. The nitrogen cycle. *Current Biology* 26(3):94-98.
- Tan, K.H. 1991. *Dasar-Dasar Kimia Tanah*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Utomo, D.H., Sholihah, N.A. dan Juarti. 2016. Sifat fisik kimia tanah ordo Vertisol pada penggunaan lahan pertanian. *Jurnal Pendidikan Geografi* 21(3):1-11.
- Waluyo, P. 2009. Slow release fertilizer sebagai dasar perumusan SNI pupuk urea berpelepasan diperlambat. *Jurnal Standardisasi* 11(2):143-152.
- Yerizam, M., Purnamasari, I., Hasan, A. dan Junaidi, R. 2017. modifikasi urea menjadi pupuk lepas lambat menggunakan fly ash batubara dan NaOH sebagai binder. *Jurnal Teknik Kimia* 23(4):226-229.