



## Pengaruh Dosis Urea terhadap Jerapan Ammonium dan Nitrat pada Biochar Sekam

Kartika Ferina Chandra<sup>1</sup>, A.A. Istri Kesumadewi<sup>2\*</sup>, Ni Nengah Soniari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana,  
Jl. PB. Sudirman Denpasar Bali 80232, **Indonesia**

<sup>2</sup>Program Studi Magister Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana,  
Jl. PB. Sudirman Denpasar Bali 80232, **Indonesia**

\*Corresponding author: [aai-kesumadewi@live.com](mailto:aai-kesumadewi@live.com)

### ABSTRACT

**Effect of Urea Dosage on Ammonium and Nitrate Absorption by Rice Husk Biochar.** Biochar is a biological charcoal which is rich in carbon and functional groups, thus it capable to absorb nutrients including nitrate and soil ammonium which comes from ammonification and nitrification of urea. Activated rice husk biochar enriched with urea doses of 0:100, 50:50; 25:75 (percentage of biochar:urea; w/w) was tested for its ability to adsorb ammonium and nitrate through laboratory research. Each measurement was carried out weekly from 0-35 days with 3 replications. The results showed that the activated rice husk biochar able to absorb ammonium. Higher absorption was obtained in urea treatment with higher doses, namely 75 and 100% urea. A better incubation time to enrich rice husk biochar was 14 days for urea levels of 50 or 75%. The optimal ammonium uptake for the 50% urea + 50% rice husk biochar treatments were 489.83 mg.kg<sup>-1</sup> and 482.80 mg.kg<sup>-1</sup> for the 75% urea + 25% rice husk biochar treatment. The absorbed nitrate levels in the two treatments were 251.85 and 189.62 mg.kg<sup>-1</sup> respectively. These findings can be a reference for determining the time needed to enrich rice husk biochar with urea to reduce the potential loss of nitrogen from urea hydrolysis. It is recommended to study activation materials that are more environmental-sound and determine the optimal proportions of urea and biochar in biochar.

---

**Keywords:** *adsorption, ammonium, rice husk biochar, nitrate, urea*

### PENDAHULUAN

Urea adalah pupuk nitrogen (N) buatan dengan kadar N tertinggi (46%) dan paling banyak digunakan dalam budidaya tanaman. Nitrogen diserap tanaman dalam bentuk amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) dan nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Ammonium dan nitrat tanah berasal dari mineralisasi N-organik serta hidrolisis dan nitrifikasi pupuk N. Ammonium dijerap oleh koloid tanah sehingga tidak mudah hilang akibat pencucian dari daerah perakaran. Sebaliknya, nitrat menurut Muklis dan Fauzi

(2003) mudah hilang dari dalam solum tanah melalui pencucian/terlindi, atau diserap oleh mikroba tanah. Kehilangan N pupuk dari tanah menyebabkan efisiensi pupuk N menjadi rendah. Menurut Noeriwan dan Noeriza (2004) efisiensi pemupukan N umumnya di bawah 50% walaupun dengan pengelolaan yang baik. Oleh karena itu, peningkatan efisiensi pupuk N perlu dilakukan antara lain dengan formulasi pupuk dan teknologi pemupukan.

Teknologi pupuk sederhana sangat diperlukan untuk mencapai kemandirian pupuk ditingkat petani. Pemanfaatan bahan lokal dalam pembuatan pupuk sangat dianjurkan, misalnya *biochar*. *Biochar* merupakan arang hayati yang berasal dari pembakaran tidak sempurna (pirolisis) sisa-sisa hasil pertanian yang sukar melapuk. Teknologi "*Biochar*" merupakan teknologi kuno yang dimunculkan kembali (Ramadhani, 2016 disitir 2 Agustus 2023). *Biochar* mudah disiapkan oleh petani karena bahan bakunya tersedia dan mudah dibuat. Pemilihan bahan baku *biochar* ini didasarkan pada produksi sisa tanaman yang melimpah dan belum dimanfaatkan (Dermibas, 2004), di antaranya adalah sekam padi. Sekam sebagai limbah penggilingan padi jumlahnya mencapai 20-23% dari gabah.

*Biochar* memiliki sifat stabil dan banyak gugus fungsional sehingga menurut (Kimetu dan Lehman, 2010) *biochar* dapat menyerap unsur hara, termasuk nitrat, ammonium, fosfat, dan kalium, serta mengurangi kehilangan N dari dalam tanah. *Biochar* mampu mempertukarkan kation karena memiliki karakteristik luas permukaan yang tinggi (*high surface area*), volume yang tinggi (*high volume*), pori mikro (*micropores*), pori makro (*macropores*) serta mengikat air (Anggono, 2015). Penggunaan *biochar* sebagai pembenah tanah berpotensi meningkatkan pH dan KTK tanah (Liang et al., 2006).

Beberapa penelitian mengkonfirmasi pengaruh positif *biochar* terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. Menurut Islami et al., (2011) pemberian *biochar* yang berbahan *Farm Yard Manure* (FYM) sebanyak 15 t/ha secara signifikan mampu meningkatkan produktivitas ketela pohon yang di tumpangsari dengan kacang tanah yang mencapai 21,44 t/ha dibandingkan dengan kontrol yang menghasilkan produktivitas ketela pohon sebesar 18,44 t/ha. Xu et al., (2011) menyatakan, bahwa

pemberian 24 t/ha *biochar* batang jagung pada tanah asam meningkatkan biomassa padi sebesar 74%. Pemberian 5% *biochar* sekam padi pada media semai tanaman jabon berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman jabon (18,31%-28,36%) dan meningkatkan berat basah akar, berat kering tanaman dan berat pucuk (Supriyanto dan Fidryaningsih, 2011). Dampak positif *biochar* mungkin dapat ditingkatkan bila diperkaya dengan pupuk sehingga akan menyediakan lebih banyak unsur hara. Kami menduga pengkayaan *biochar* sekam padi dapat dilakukan dengan urea untuk mencegah kehilangan N dalam bentuk ammonium dan nitrat tetapi perlu diketahui waktu inkubasi yang optimal.

## BAHAN DAN METODE

### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian, Universitas Udayana Denpasar. Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Tanah dan Lingkungan Universitas Udayana.

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat tulis, kertas label, kamera, Kon-Tiki, sekop, ember, erlenmeyer, kertas saring Sartorius No. 393, alat-alat gelas, oven, spektrofotometer, mesin kocok, pH meter, timbangan digital, vortex mixer dan botol sampel kaca. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *biochar* sekam padi, urea, aquades, larutan  $\text{CaCl}_2$  1 M teknis, larutan HCl 0,05 M p.a., larutan  $\text{KNO}_3$ , larutan  $\text{CuSO}_4$ , larutan  $\text{N}_2\text{H}_6\text{SO}_4$  (hydrazine sulfat), larutan  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$  (aseton), larutan  $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$  (sulfanilamida), dan larutan N-(1-Naphthyl)ethylenediamine dihydrochloride, larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , larutan KCl 1 M, larutan sodium salisilat, larutan sodium sitrat, larutan sodium tatarat, larutan sodium nitroprusida, larutan NaClO 5%, asam sulfat pekat, campuran selen, asam borat 1%, asam

sulfat 0,05 N, natrium hidroksida 30%, indikator N, buret, kalium bikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) 1 N, asam sulfat, asam fosfat, DPA, ferro sulfat, amonium asetat 1 N pH 7, alkohol 96%, NaOH 50%, indikator Conway, parafin cair, dan asam sulfat 0,1 N.

### Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu penyiapan alat dan bahan *biochar* sekam padi, penelitian utama, pengukuran parameter dan analisis data. Penyiapan *biochar* dilakukan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Udayana berdasarkan Schmidt dan Taylor (2014) menggunakan tungku pembakar (kiln) model Kon-Tiki yang berbentuk kerucut dengan diameter 150 cm, kedalaman 90 cm, dan volume sekitar 827 liter. Bahan baku yang telah dikeringkan kemudian dibakar ke dalam tungku Kon-Tiki dengan sistem pembakaran yang dilakukan dari atas bahan baku untuk mendapatkan efek pyrolysis atau kondisi pembakaran minim/tanpa oksigen. Metode ini memungkinkan terjadinya pembakaran dengan sedikit asap (*smokeless*) sehingga bahan-bahan pencemar dapat diminimalisir.

Sampel yang digunakan adalah sampel komposit dari dua lot sampel *biochar* sekam padi yang berbeda. Masing-masing lot kemudian ditimbang menjadi 5 bagian dengan berat yang sama dan masing-masing diberi label. Setelah itu dibuat lotre untuk menentukan sampel yang akan diambil dan ditimbang serta dibagi 5 bagian lagi dengan berat yang sama. Tahapan tersebut diulang pada lot lain sehingga mendapatkan 1 sampel yang mewakili 1 lot tersebut. Bagian yang terpilih pada kloter terakhir diambil sebagai unit sampel. Sampel yang didapat dari dua lot kemudian dicampur untuk menjadi sampel komposit. Sampel disimpan dalam pot kaca agar sampel *biochar* terlindungi dari berbagai paparan baik dalam bentuk gas maupun cairan, sebelum sampel digunakan

atau diperlakukan. Karakteristik awal *biochar* yang diukur adalah pH, N total, P-tersedia, K-dapat ditukar, penjerapan nitrat dan KTK sesuai dengan prosedur Petunjuk Teknis Balai Penelitian Tanah (2009).

Aktivasi *biochar* dengan asam dilakukan sesuai modifikasi metode Fidel *et al* (2016). Pengasaman dilakukan untuk menurunkan pH sehingga penjerapan nitrat lebih maksimal (Jassal *et al.*, 2015). Pencucian menggunakan larutan 0.05 M HCl selama 24 jam, lalu *biochar* dibilas dengan cara dikocok bersama dengan larutan  $CaCl_2$  1 M sebanyak dua kali dan dengan dilanjutkan dengan aquades sebanyak dua kali dengan masing-masing tahapan pengocokan dilakukan selama 15 menit. Tahap selanjutnya *biochar* disaring menggunakan kain kasa dan dikeringanginkan pada suhu kamar. *Biochar* kering kemudian disimpan dalam toples kaca dan diberi label.

*Biochar* sekam padi diperkaya pupuk urea dengan dosis 0% urea + 100% *biochar* (0 g urea + 10g *biochar*; U1), 75% urea + 25% *biochar* (7,5 g urea+ 25 g *biochar*; U2), dan 50% urea + 50% *biochar* (5 g urea+ 5 g *biochar*). Pengkayaan dilakukan dengan merendam *biochar* di dalam larutan pupuk urea selama 35 hari. Setelah itu, dikeringkan dalam oven pada suhu  $\leq 50^\circ C$  selama 24 jam. *Biochar* kering disimpan dalam botol kaca kedap udara pada suhu ruang minimal satu hari.

Pengukuran kadar ammonium dilakukan dengan metode nitroprussida (Keeney dan Nelson, 1982) dan pengukuran nitrat dilakukan dengan metode Sawicki dan Scarincelli (1971). Pada tahap ini diukur kemampuan *biochar* sekam padi dalam menyerap nitrat dan ammonium yang berasal dari pupuk urea. Sejumlah 20 mL sampel filtrat digunakan untuk menganalisis kadar ammonium bebas. Pengukuran kedua yang dilakukan adalah pelepasan nitrat ( $NO_3^-$ ) dan ammonium ( $NH_4^+$ ) yang dijerap oleh

*biochar*. Pelepasan amonium dan nitrat dilakukan dengan cara mengekstraksi campuran *biochar* sekam padi dan sampel tanah kering angin menggunakan KCl 1 M dengan perbandingan 1:10 (m:V) dan dikocok selama 15 menit. Larutan ekstraksi yang sudah dikocok kemudian didiamkan selama 15 menit untuk diambil sebanyak 20 mL dan disaring sesuai dengan rentang waktu yang telah ditentukan lalu disimpan di lemari pendingin sebelum dianalisis.

Pengukuran absorbansi ammonium dan nitrat dilakukan pada alat spektrofotometer kemudian dikonversi menjadi satuan mg/kg. Konsentrasi  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{NO}_3^-$  dalam masing-masing sampel ditentukan dengan perhitungan berikut:

$$M = \frac{C.V.F}{B} \quad (1)$$

$$\text{mg/kg} = \frac{\frac{\text{mg}}{\text{L}} \cdot L \cdot x \text{ pengenceran}}{\text{kg}} \quad (2)$$

Keterangan:

M = konsentrasi unsur dalam sampel (mg/kg)

C = konsentrasi berdasarkan nilai absorbansi (mg/L)

V = volume awal larutan (L)

F = faktor pengenceran

B = berat sampel (g)

Data penelitian dianalisis menggunakan instrumen statistik dan disajikan dalam grafik dan tabel dengan melihat perbandingan data yang disajikan dalam bentuk grafik. Analisis data dalam penelitian ini dihitung menggunakan program Ms Office Excell 2013 berdasarkan modul analisis statistik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik *biochar* sekam padi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1. *Biochar* sekam padi yang tidak diaktivasi memiliki pH yang tergolong netral cenderung basa dengan nilai 7,55 yang sesuai

dengan penelitian Jassal et al. (2015). Aktivasi kimia terhadap *biochar* arang sekam padi menurunkan pH *biochar* menjadi 6,65. Penurunan pH *biochar* sekam padi setelah proses aktivasi menunjukkan bahwa proses tersebut dapat mengurangi alkalinitas pada *biochar*. Penurunan alkalinitas *biochar* ditujukan untuk mengurangi potensi volatilisasi urea dalam bentuk amonia sehingga mencegah berkurangnya jumlah ammonium yang dijerap oleh *biochar*. Sifat kimia *biochar* sekam padi yang tidak diaktivasi memiliki nilai N- total 2,5%, konsentrasi P-tersedia sebesar 775,3 mg/kg, konsentrasi K-tersedia sebesar 62,16 meq/100 g dan nilai KTK sebesar 26 mg/kg.

*Biochar* sekam padi diperkaya dengan Urea pada komposisi 0; 75; 50; dan 100 % (b/b) melalui perendaman selama 35 hari. Jerapan ammonium terukur sejak minggu pertama pengkayaan dengan kadar amminum yang dilepaskan lebih tinggi pada kombinasi perlakuan urea dan *biochar* dibandingkan perlakuan tunggal *biochar* maupun urea (Gambar 1). Filtrat *biochar* sekam padi memiliki kadar ammonium bebas terendah sejak awal sampai akhir inkubasi dibandingkan Urea maupun perlakuan inkubasinya. *Biochar* sekam padi mengandung 2,5% N yang berpotensi untuk termineralisasi dan teramonifikasi untuk membentuk ammonium dalam periode waktu inkubasi namun, proses tersebut nampaknya tidak terjadi. Oleh karena tidak adanya suplai Urea pada perlakuan 100% *biochar* maka ammonium yang dilepaskan berasal dari kandungan N-total *biochar* dengan kadar relatif tetap dengan pola jerapan mengikuti persamaan regresi polinomial dan rumus persamaan regresi sebagai berikut:  $y = 2.8148x^3 - 27.734x^2 + 80.951x - 42.833$  ( $R^2 = 0.9146$ ).

Pelepasan ammonium pada perlakuan 100% urea dimulai minggu pertama sebesar 60,95 mg.kg<sup>-1</sup> dan meningkat secara linier sampai pada hari ke 35 dengan pelepasan amonium sebesar 219,4 mg.kg<sup>-1</sup> dengan

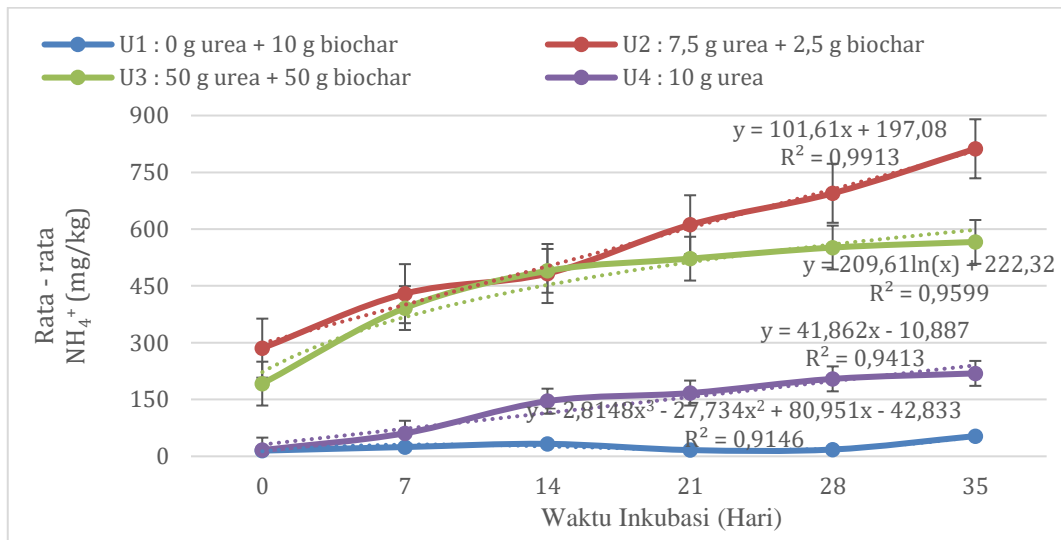
mengikuti persamaan regresi berikut:  $y = 41.862x - 10.887$  ( $R^2 = 0.9413$ ). Peningkatan kadar ammonium yang dilepaskan

mengindikasikan proses hidrolisis Urea selama periode inkubasi.

Tabel 1. Karakteristik Biochar Sekam Padi

Karakteristik	Nilai
pH-H <sub>2</sub> O	
Tidak diaktivasi	7,55
Dengan aktivasi	6,65
Diperkaya dengan urea	8,18
N-Total (%)	2,5
P-Tersedia (mg/kg)	775,3
K-Tersedia (meq/100 g)	62,16
KTK (meq/100 g)	26

Keterangan: KTK: Kapasitas Tukar Kation



Gambar 1. Kadar Ammonium Biochar Sekam Padi diperkaya Urea

Jerapan ammonium lebih besar pada perlakuan kombinasi antara biochar sekam padi dan urea dengan kadar pelepasan lebih tinggi pada proporsi 75% urea + 25% biochar sekam padi (Gambar 1). Pola jerapan amonium pada perlakuan 100% dan 75% urea adalah linier dengan rumus regresi untuk perlakuan 75% urea adalah  $y = 101.61x + 197.08$  ( $R^2 = 0.9913$ ). Sebagai perbandingan, pola jerapan ammonium dari perlakuan 50% urea dan 50% adalah

logaritmik dengan persamaan  $y = 209.61\ln(x) + 222.32$  ( $R^2 = 0.9599$ ). Perbedaan order pada persamaan regresi antara perlakuan dengan kadar urea lebih tinggi  $\geq 75\%$  menunjukkan superioritas pengaruh dosis urea sedangkan perlakuan biochar menunjukkan adanya pengaruh tambahan dari komponen lain yang terkandung di dalam biochar sehingga pola jerapan amonium tidak selalu liner dengan berjalannya waktu. Efek tahanan oleh gugus

fungsional biochar merupakan salah satu faktor pendukung sesuai dengan pendapat Kimetu dan Lehman (2010).

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa hidrolisis urea tidak hanya dipengaruhi oleh dosis urea tetapi juga oleh dosis *biochar*, yang secara detail dipaparkan sebagai berikut. Dalam Gambar 1 mengindikasikan pembentukan amonium lebih cepat dan lebih tinggi pada perlakuan kombinasi urea + *biochar* dibandingkan dengan perlakuan tunggal urea atau *biochar*. Konsentrasi  $\text{NH}_4^+$  yang terkandung dalam larutan urea mengalami peningkatan secara logaritmik pada hari ke-0 hingga hari ke-35 yang kemudian mengalami kenaikan secara perlahan hingga mencapai angka 812,17 mg/kg pada dosis 75% urea di hari ke 35. Pola tersebut menunjukkan bahwa urea membutuhkan waktu untuk terpecah menjadi ion-ion  $\text{NH}_4^+$ . Dosis 0 g urea pada hari ke 0-7 memiliki kadar  $\text{NH}_4^+$  terendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya yaitu 15,00 -24,50 mg/kg. Hal tersebut menunjukkan nitrogen dalam bentuk  $\text{NH}_4^+$  terasosiasi cukup banyak dalam partikel *biochar* sekam padi pada dosis U1. Pembentukan dan peningkatan kadar residu  $\text{NH}_4^+$  di dalam larutan urea yang ditambahkan *biochar* sekam padi disebabkan oleh aktivitas urease karena penambahan *biochar*. Hari efektif untuk perendaman adalah 14 karena dengan penambahan waktu perendaman menyebabkan pelepasan kembali amonium yang sudah dijerap. Disisi lain, proporsi 75% urea terlihat melebihi kapasitas jerapan biochar sehingga menyebabkan peningkatan kadar amonium secara eksponensial setelah inkubasi minggu ke 2. Jerapan amonium optimal untuk perlakuan 50% urea + 50% biochar sekam padi adalah 489,83 mg.kg<sup>-1</sup> dan 482,80 mg.kg<sup>-1</sup> untuk perlakuan 75% urea + 25% biochar sekam padi.

Pembentukan  $\text{NH}_4^+$  pada larutan pengkayaan dipengaruhi oleh nilai pH.

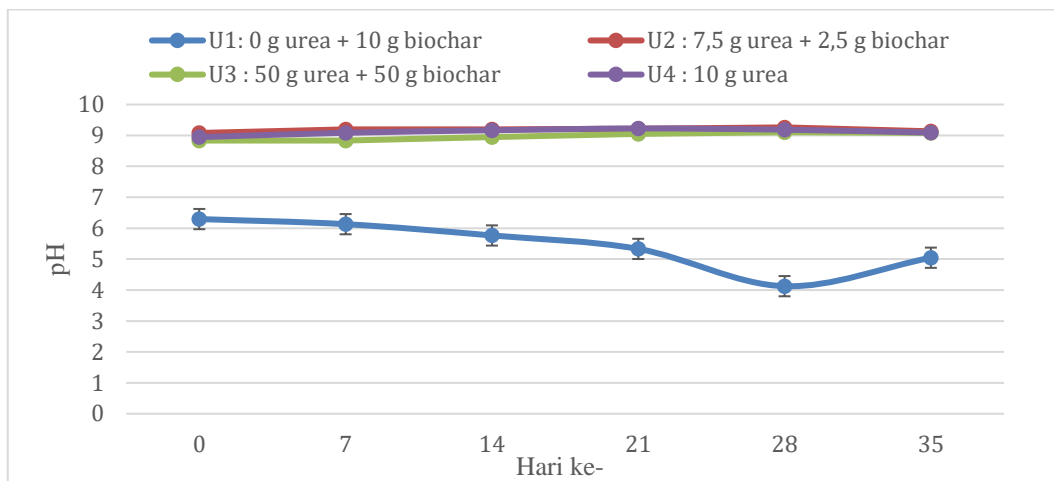
Semakin tinggi pH larutan maka N dalam bentuk  $\text{NH}_4^+$  akan menurun karena adanya perubahan bentuk menjadi  $\text{NH}_3$  dalam bentuk gas (volatilisasi). Pembentukan N dalam bentuk  $\text{NH}_3$  akan mendominasi jika nilai pH larutan berada di atas 9,2 (Schwenke dan McMullen, 2009). Nilai pH pada *biochar* ditunjukkan pada Gambar 4.2 cenderung stabil pada U2, U3 dan U4 dengan kisaran nilai pH 8,84 hingga 9,17 pada semua perlakuan dosis sehingga diduga tidak terjadi dominansi pembentukan  $\text{NH}_3$ . Berbeda dengan perlakuan U1 yang mengalami penurunan pH pada hari ke 28 sampai mencapai nilai rata-rata 4,13.

Nitrat merupakan ion yang terbentuk dalam proses nitrifikasi ammonium. Kadar nitrat yang terbentuk di dalam larutan pengkayaan dalam penelitian ini disajikan dalam Gambar 3. *Biochar* sekam padi memiliki kadar ammonium yang lebih rendah dibandingkan urea. Namun, *biochar* meningkatkan nitrifikasi urea sejak awal inkubasi dengan peningkatan tertinggi terdapat pada perlakuan 75% urea dan 25% *biochar* (U2). Laju nitrifikasi yang terjadi terlihat linier dan konstan sejak awal inkubasi walaupun produksi ammonium meningkat (Gambar 1-2). Kondisi tersebut mengindikasikan adanya penjerapan nitrat yang terbentuk oleh *biochar*. Penjerapan  $\text{NO}_3^-$  secara konstan pada *biochar* terukur pada perlakuan U1, U3 dan U4 serta berfluktuasi pada partikel U2 pada hari ke-14.

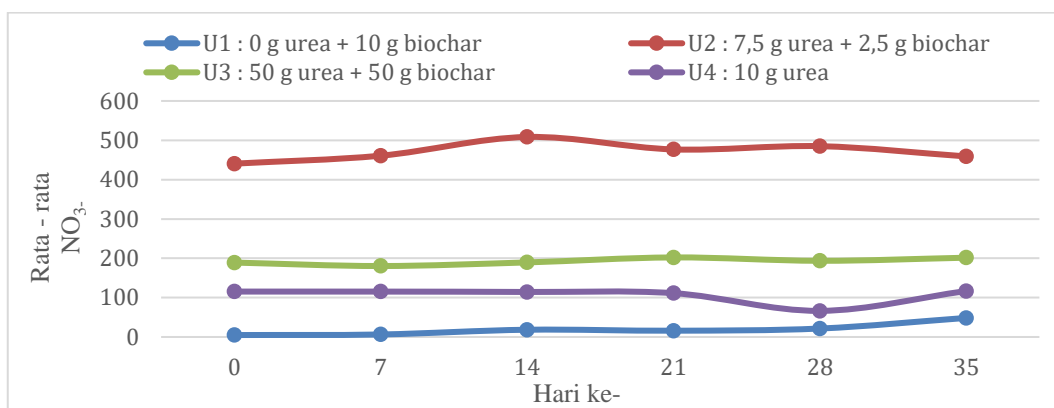
Peningkatan kadar  $\text{NO}_3^-$  tertinggi tercatat pada perlakuan U2 pada hari ke -14 yaitu 508,48 mg/kg sedangkan kadar  $\text{NO}_3^-$  terendah tercatat pada perlakuan U1 yaitu pada hari ke 0-21 dengan nilai 5,00 hingga 18,00 mg/kg. Kadar  $\text{NO}_3^-$  cenderung menurun pada U4 hari ke-28 dengan nilai 66,47 dan pada U2 pada hari ke-21 dan ke-35 dengan nilai rata-rata 476,85 mg/kg dan 459,04 mg/kg. Pada seluruh perlakuan diduga terjadi hambatan nitrifikasi karena pengaruh toksik ammonium terhadap

mikroba nitrifikasi pada kadar ammonium yang tinggi sesuai dengan pendapat Paśmionka *et al.* (2023). Dengan mempertimbangkan waktu inkubasi terbaik untuk jerapan ammonium adalah pada hari ke

14, maka diperoleh kadar nitrat terjerap pada perlakuan 50% urea + 50% biochar sekam padi dan 75% urea + 25 % sekam padi adalah berturut-turut adalah 251,85 dan 189,62 mg.kg<sup>-1</sup>.



Gambar 2. Nilai pH *Biochar* Sekam Padi Diperkaya Urea



Gambar 3. Kadar Nitrat *Biochar* Sekam Padi Diperkaya Urea

**SIMPULAN**

Biochar sekam padi yang diaktivasi menunjukkan kemampuan menyerap amonium. Jerapan lebih tinggi diperoleh pada perlakuan urea dengan dosis lebih tinggi yaitu 75 dan 100 % urea. Waktu inkubasi yang lebih baik untuk memperkaya biochar sekam padi adalah 14 hari untuk

kadar urea 50 maupun 75 %. Jerapan ammonium optimal untuk perlakuan 50% urea + 50% biochar sekam padi adalah 489,83 mg.kg<sup>-1</sup> dan 482,80 mg.kg<sup>-1</sup> untuk perlakuan 75% urea + 25% biochar sekam padi. Kadar nitrat terjerap pada kedua perlakuan tersebut berturut-turut adalah 251,85 dan 189,62 mg.kg<sup>-1</sup>. Supaya petani dapat menerapkan teknologi pupuk ini maka

disarankan untuk mengkaji bahan aktivasi yang lebih ramah lingkungan serta penetapan proporsi urea dan biochar yang optimal dalam pengkayaan biochar.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Dekan Fakultas Pertanian, Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat serta Rektor Universitas Udayana atas fasilitasi yang diberikan selama pelaksanaan penelitian. Penelitian ini dibiayai dengan dana DIPA PNPB Universitas Udayana TA-2021 dengan surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Penelitian Nomor B/25-2/UN14.4.A/PT.01.05/2021 tertanggal 3 Mei 2021.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anggono, R. C. W. 2015. Pengaruh Dosis Biochar Terhadap Kalium Tanah pada Sistem Pertanian Organik. *Skripsi*. Fakultas Pertanian dan Bisnis, Universitas Kristen Satya Wacana. Salatiga
- Balai Penelitian Tanah. 2009. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Dermibas, A. 2004. Effects of temperature and particle size on biochar yield from pyrolysis of agricultural residues. *J. of Analytical and Application Pyrolysis* 72(2): 243-248
- Fidel, Rivka B. 2016. *Sorption of Ammonium and Nitrate to biochars: Mechanism and impacts of production parameters*. The University of Arizona.
- Islami T, Bambang G, Nur B dan Agus S. 2011. Biochar for sustaining productivity of cassava based cropping system in the degraded lands of East Java Indonesia. *Journal of Tropical Agriculture*, 49 (1-2): 40-6
- Jassal, Rachhpal S. Mark S Johnson, Marina Molodovskaya, T Andrew Blac., Ashlee Jollymore, and Kelly Sveinson 2015. Nitrogen enrichment potential of biochar in relation to pyrolysis temperature and feedstock quality. *Journal of Environmental Management* 152: 140–144.
- Keeney, D.R. and Nelson, D.W. 1982 Nitrogen Inorganic Forms. In Page, A.L., et al., (Eds)., *Methods of Soil Analysis*, Part 2, Agronomy Monograph No. 9, ASA and SSSA, Madison, 643-698.
- Khan, Z., K. Zhang, M.N. Khan, J. Bi, K. Zhu, L. Luo, dan L. Hu. 2022. How Biochar Affects Nitrogen Assimilation and Dynamics by Interacting Soil and Plant Enzymatic Activities: Quantitative Assessment of 2 Years Potted Study in a Rapeseed-Soil System. *Frontiers in Plant Science* 13, 481. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.853449>
- Kimetu, J.M. and Lehmann, J. 2010. Stability and Stabilisation of Biochar and Green Manure in Soil with Different Organic Carbon Contents. *Australian Journal of Soil Research*, 48, 577-585. <https://doi.org/10.1071/SR10036>
- Liang, B., J. Lehmann, D. Solomon, J. Kinyangi, J. Grossman, B. O’Neill, J.O. Skjemstad, J. Theis, F.J. Luizao, J. Petersen, dan E.G. Neves. 2006. Black carbon increases Cation Exchange Capacity in Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70:1719-1730.
- Mukhlis dan Fauzi. 2003. *Pergerakan Unsur Hara Nitrogen Dalam Tanah*. Ilmu Tanah FP - USU, Medan.
- Noeriwan, & Noeriza. 2004. *Teknik pelaksanaan pengaruh aplikasi pupuk nitrogen terhadap populasi tiga jenis gulma*. Buletin Teknik Pertanian, 9(2), 91-97.
- Ramadhani Kurnia Adhi. (2 Agustus 2023). *Citing Internet sources URL* <https://sites.google.com/site/bbpbpinang/artikel-1/biocharsangpembenahanah>
- Sawicki, C.R., & Scaringelli, F.P. 1971. Colorimetric determination of nitrate after hydrazine reduction to nitrite. *Microchemical Journal*, 16, 657-672.
- Schwenke, G., dan G. McMullen, (7 April



- 2022). *Citing Internet sources*. URL <https://grdc.com.au/resources-and-publications/grdc-update-papers/tab-content/grdc-update-papers/2009/09/nitrogen-volatilisation-from-northern-cropping-soils>.
- Schmidt H. P. and P. Taylor. 2014. Kon-Tiki Flame Cap Pyrolysis for The Democratization of Biochar Production. *The Biochar-Journal*, 14 - 24 p
- Supriyanto dan F. Fidryaningsih. 2010. Pemanfaatan Arang Sekam untuk Memperbaiki Semai Jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb) Miq) pada Media Subsoil. *Jurnal Silviculture Tropika* 1(1):24-28.
- Xu, Zhang. 2011. *Biochar oldification increased rice growth*. Institute of Soil Science, CAS, Nanjing: China