

Teknik Isotop ^{15}N untuk Mengevaluasi Pengaruh Biochar dan Bakteri Penambat Nitrogen terhadap Serapan Nitrogen Tanaman Padi Sawah

The Use of ^{15}N Isotope Technique to Evaluate the Impact of Biochar and Nitrogen Fixing Bacteria on Nitrogen Uptake by Rice

Taufiq Bachtiar, Nurrobifahmi, Ania Citraesmini, Anggi Nico Flatian

Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jln. Lebak Bulus Raya Pasar Jumat Kotak Pos 7002. JKSKL, Jakarta, 12070, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima: 04 Februari 2019
Direview: 06 Februari 2019
Disetujui: 01 September 2019

Kata kunci:

Biochar
Teknik Isotop ^{15}N
Bakteri Penambat N
Padi

Keywords:

Biochar
 ^{15}N isotope technique
Nitrogen fixing bacteria
Rice

Direview oleh:

Neneng Nurida, Wiwik
Hartatik, Linca Anggria

Abstrak. Penelitian ini dilakukan untuk menguji pengaruh dari biochar yang berasal dari cangkang kelapa sawit dan juga keefektifan bakteri penambat N pada tanaman padi sawah varietas MIRA 1, dengan menggunakan teknik isotop ^{15}N . Rancangan penelitian yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap dengan 3 ulangan. Perlakuan yang diberikan meliputi K0 = Kontrol; K1 = NPK; B1 = Biochar 2 t ha⁻¹; B2 = Biochar 4 t ha⁻¹; B3 = Biochar 2 t ha⁻¹ + NPK; B4 = Biochar 4 t ha⁻¹ + ½ NPK; B5 = Biochar 2 t ha⁻¹ + pupuk hayati ABC; B6 = Biochar 4 t ha⁻¹ + pupuk hayati ABC; B7 = Biochar 2 t ha⁻¹ + pupuk hayati ABC + ½ NPK; B8 = Biochar 4 t ha⁻¹ + pupuk hayati ABC + ½ NPK; B9 = pupuk hayati ABC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian perlakuan B8 (biochar 4 t ha⁻¹ disertai dengan pupuk hayati ABC dan NPK ½ rekomendasi) mampu memberikan nilai serapan N dan hasil tanaman tertinggi. Teknik ^{15}N menunjukkan bahwa sumbangan N tertinggi diperoleh dari perlakuan pupuk K1 (pemupukan NPK 100%). Biochar pada sawah memiliki efek pada peningkatan berat kering biji dan jerami, dan jika disertai dengan pupuk hayati, formula ABC + biochar dapat mengurangi penggunaan pupuk NPK hingga 50%.

Abstract. The aim of the research was to assess the impact of biochar derived from coconut shell and the effectivity of nitrogen fixing bacteria for the lowland rice, MIRA 1 variety, by using ^{15}N isotope technique. The research design was complete randomized design with 3 replications. The treatments included: K0 = control; K1 = NPK; B1 = Biochar 2 t ha⁻¹; B2 = Biochar 4 t ha⁻¹; B3 = Biochar 2 t ha⁻¹ + NPK; B4 = Biochar 4 t ha⁻¹ + ½ NPK; B5 = Biochar 2 t ha⁻¹ + Biofertilizer ABC; B6 = Biochar 4 t ha⁻¹ + Biofertilizer ABC; B7 = Biochar 2 t ha⁻¹ + Biofertilizer ABC + ½ NPK; B8 = Biochar 4 t ha⁻¹ + Biofertilizer ABC + ½ NPK; B9 = Biofertilizer ABC. The result shows that B8 treatment resulted in the highest nitrogen uptake and crop yield. The ^{15}N isotope technique showed that the highest nitrogen supply was derived from K1 treatment (100% NPK fertilizer application). Biochar on paddy fields has an effect on increasing dry weight of grain and dry weight of straw, and if accompanied by biofertilizer of ABC formula + biochar, it can reduce the use of NPK fertilizer by 50%.

Pendahuluan

Nitrogen (N) adalah unsur hara esensial yang penting bagi tanaman. Unsur N merupakan salah satu nutrisi penting bagi tanaman. Kehadiran N dalam tanah untuk produksi pertanian mutlak diperlukan sehingga harus selalu diberikan dalam bentuk pupuk. Nitrogen adalah faktor penting nutrisi dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Gu *et al.* 2018). Nitrogen berada dalam jaringan tanaman pada kelimpahan relatif tertinggi dari nutrisi mineral esensial yang terdiri dari 1% hingga 5% dari bahan kering tanaman. Tumbuhan menggunakan N untuk membentuk asam amino, yang selanjutnya dimasukkan ke dalam protein dan asam nukleat (DNA dan RNA). Nitrogen juga merupakan komponen integral klorofil, pigmen penyerap cahaya yang diperlukan untuk

fotosintesis (McGrath *et al.* 2014) N diserap dan dimanfaatkan oleh akar tanaman dalam bentuk organik Ammonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-) (Liu *et al.* 2017; Tang *et al.* 2015). Input N yang berlebihan dalam ekosistem pertanian intensif telah menghasilkan penurunan efisiensi penggunaan N (EPN), serta peningkatan kehilangan N terhadap lingkungan, mencemari sistem air dan air melalui penguapan amonia (NH_3), penguapan permukaan, pencucian, dan denitrifikasi (Zhao, *et al.* 2015; Li *et al.* 2018; Uusheimo *et al.* 2018).

Upaya meningkatkan ketersediaan N dalam tanah, dapat dilakukan dengan mengatur pola tanam, kalsifikasi, penambahan bahan organik, pemanfaatan mikroorganisme, sehingga tanaman dapat lebih efisien menyerap pemanfaatan N mikroorganisme. Biochar adalah residu padat yang diperoleh dari termolisis (pirolisis) bahan

* Corresponding author: taufiqarkanbara@gmail.com

organik, berbagai bahan baku biomassa termasuk limbah lignoselulosa. Biochar bermuatan negatif, sehingga berkontribusi pada adsorpsi elektrostatik kation (Zbigniew *et al.* 2018; Munera-Echeverri *et al.* 2018). Biochar mampu meningkatkan produksi tanaman melalui perbaikan sifat kimia, fisika (Atkinson *et al.* 2010; Novak *et al.* 2009), dan mikrobiologi tanah (Ducey *et al.* 2013) karena biochar adalah karbon hitam yang berasal dari bahan organik, yang telah melalui proses pirolisis, sehingga kaya akan karbon yang dapat digunakan sebagai pembenah tanah (Lehmann *et al.* 2011; Wardle *et al.* 2008).

Berdasarkan penelitian (Chen *et al.* 2018) biochar dapat menjadi bahan tambahan yang efektif untuk mengurangi serapan logam berat Cd, Pb, Cu dan Zn dalam jaringan tanaman. Biochar dapat meningkatkan kapasitas pertukaran kation (KTK) dari 10,8 cmol (+) kg⁻¹ karbon menjadi 119,6 cmol (+) kg⁻¹ (Munera-Echeverri *et al.* 2018). Biochar telah terbukti secara efisien meretensi amonium (NH₄⁺) melalui pertukaran kation (Liang *et al.* 2006). Dalam penelitian Karhu *et al.* 2011 melaporkan bahwa penambahan 9 t ha⁻¹ biochar di lahan pertanian Finlandia Selatan dapat meningkatkan serapan CH₄, namun tidak ada perbedaan signifikan secara statistik pada emisi CO₂ dan N₂O antara tanah yang diberi biochar dengan kontrol.

Penambahan biochar sebesar 15% dapat mengurangi kehilangan N sebesar 27% (Wang *et al.* 2016). Biochar yang dibuat dari jerami gandum melalui pirolisis pada suhu 400 °C dalam tekanan atmosfer mampu menahan N sebanyak 45,23% (Tan *et al.* 2018). Mikroorganisme berperan penting dalam siklus N alami. Beberapa spesies rhizobacteria mampu mengikat N dalam bentuk yang dapat diserap oleh tanaman di tanah dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Bakteri pengikat N di tanah dan rhizosfer umumnya ada, tetapi populasinya harus ditingkatkan sehingga jumlahnya ideal dalam menjalankan fungsi pengambilan N. Azotobacter dapat meningkatkan N yang tersedia dengan cara fiksasi N (Rodrigues *et al.* 2018). Penggunaan kombinasi PGPR dan bakteri penambat N meningkatkan pertumbuhan akar gandum dan meningkatkan tanaman dan membantu mengurangi kerugian N dari ekosistem pertanian (Dal Cortivo *et al.* 2017).

Berdasarkan penelitian (Saxena *et al.* 2017) menunjukkan bahwa perlakuan tanah + biochar + *Bacillus sp.*, memberikan jumlah bakteri pelarut fosfat tertinggi yang dihasilkan di rhizosfer tanaman, persen kandungan N dalam pucuk, dan meningkatkan pertumbuhan kacang *French (Phaseolus vulgaris)*. Penelitian Abdulrahman *et al.* 2016 menunjukkan bahwa aplikasi biochar dari tandan kosong (EFB) pada 5 t ha⁻¹ atau 0,25% dengan bakteri penambat N Sb16 dan 10 t ha⁻¹

atau 0,5% tanpa inokulasi bakteri meningkatkan pertumbuhan jagung.

Telah banyak penelitian yang mengkaji efek dari biochar sebagai bahan pembenah tanah, namun masih sedikit penelitian yang menghubungkan biochar dengan mikroorganisme penambat N yang bermanfaat bagi tanaman. Penelitian ini dilakukan untuk menguji pengaruh dari biochar dengan dosis yang berbeda dan juga keefektifan bakteri penambat N pada tanaman padi sawah varietas MIRA 1. Penggunaan teknik nuklir dalam melacak pergerakan unsur hara dalam sistem biologis sudah terbukti efektif, oleh karena penggunaan teknik ¹⁵N dalam penelitian ini ditujukan untuk melacak sumbangan N berasal dari tanah, berasal dari biochar, dan berasal dari pupuk hayati yang mengandung bakteri penambat N dari udara.

Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan pada rumah kaca Kebun Percobaan PAIR BATAN, Jakarta Selatan pada bulan Februari sampai dengan Mei 2016. Jenis tanah yang digunakan adalah Latosol yang berasal dari Jasinga Bogor dengan karakteristik seperti tertera pada Tabel 1. Biochar yang digunakan adalah biochar tandan kelapa sawit yang diproduksi melalui pembakaran tanpa oksigen (pirolisis) selama 3,5 jam dengan temperatur 400-600° C.

Sebelum diaplikasikan sifat-sifat dari biochar asal cangkang kelapa sawit dianalisis di laboratorium tanah BBSDLP Balai Penelitian Tanah. pH (H₂O), kadar air (%) dengan gravimetri, C-organik (%) dengan Walkey and Black, N total (%) dengan Kjeldahl, kandungan P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, S masing-masing dalam persen (%), Fe (ppm), Ca, Mg, K, Na, KTK dalam cmol (+) kg⁻¹.

Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan rancangan acak lengkap dengan 3 ulangan. Perlakuan yang diberikan meliputi K0 = kontrol; K1 = NPK; B1 = Biochar 2 t ha⁻¹; B2 = Biochar 4 t ha⁻¹; B3 = Biochar 2 t ha⁻¹ + NPK; B4 = Biochar 4 t ha⁻¹ + ½ NPK; B5 = Biochar 2 t ha⁻¹ + pupuk hayati ABC; B6 = Biochar 4 t ha⁻¹ + pupuk hayati ABC; B7 = Biochar 2 t ha⁻¹ + pupuk hayati ABC + ½ NPK; B8 = Biochar 4 t ha⁻¹ + pupuk hayati ABC + ½ NPK; B9 = pupuk hayati ABC. Formula biochar diberikan dengan cara disebar di permukaan tanah dalam pot. Pot diisi oleh tanah yang telah dikeringanginkan seberat 6 kg untuk masing-masing pot. Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini sebagai indikator adalah padi varietas Mira I hasil mutasi radiasi BATAN. Sejumlah 5 benih ditanam dalam setiap pot yang kemudian djarangkan pada 1 minggu setelah tanam. Pemberian ¹⁵N dalam bentuk (NH₄)₂SO₄ (10,27% ¹⁵N)

dilakukan setelah penjarangan dengan dosis 100 mg pot^{-1} . Pupuk anorganik yang diberikan adalah 200 kg ha^{-1} SP-36 dan 100 kg ha^{-1} KCl.

Parameter yang diukur adalah N total dengan metode Kjeldahl, sumbangan N dari tiap perlakuan dengan metode pengenceran ^{15}N , pH H_2O (elektroda gelas), C organik (Walkley and Black), K total (HCl 25%), P tersedia (Bray 2), dan kapasitas tukar kation atau KTK (NH_4^+ Acetat 1 N, pH 7). Data sifat tanah dan tanaman dianalisis secara statistik dengan menggunakan analysis of variance (ANOVA) dengan selang kepercayaan 95% dan diuji untuk melihat pengaruh beda nyata dilakukan uji jarak berganda Duncan (DMRT= Duncan multiple range test) pada taraf 5%.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Biochar

Hasil analisis contoh biochar asal cangkang kelapa sawit pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa biochar memiliki karakteristik kimia yang khas dengan kandungan C-organik yang relatif tinggi yaitu 52,12%.

Tabel 1. Hasil analisis biochar asal cangkang kelapa sawit

Table 1. Analysis of biochar from palm shell

Parameter	Nilai
pH H_2O (1:5)	6,78
Kadar Air (%)	6,24
C-Organik (%)	52,12
N (%)	0,72
P_2O_5 Total (%)	0,14
K_2O total (%)	0,20
CaO (%)	0,78
MgO (%)	0,10
S (%)	0,01
Fe (ppm)	1818
Ca (cmol(+) kg^{-1})	4,90
Mg (cmol (+) kg^{-1})	0,38
K (cmol (+) kg^{-1})	0,59
Na (cmol (+) kg^{-1})	0,11
KTK (cmol (+) kg^{-1})	1,45

Kandungan C-organik yang tinggi ini berasal dari materi organik berupa cangkang kelapa sawit yang telah mengalami pirolisis. Nilai pH pada biochar tergantung pada temperatur pirolisis dan umur bahan arang yang digunakan setelah proses pirolisis. Nilai pH arang berada pada kisaran pH 11 apabila arang masih segar (belum terlapuk) dan temperatur pirolisis lebih tinggi dari $450\text{-}500^\circ \text{C}$.

Nilai pH pada tanah akan menentukan tingkat kelarutan unsur hara dalam tanah sehingga pemberian biochar diharapkan tidak akan memberikan perubahan signifikan terhadap nilai pH tanah yang netral. Kandungan

pH pada biochar cangkang kelapa sawit berdasarkan pH H_2O menunjukkan nilai yang netral yaitu 6,78, sehingga biochar cangkang kelapa sawit yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan pembenah tanah karena tidak akan menyebabkan gangguan terhadap pertumbuhan tanaman.

Kandungan N total pada biochar cangkang kelapa sawit hanya 0,72%, sehingga apabila biochar diaplikasikan pada tanah sebanyak 2 t ha^{-1} dan 4 t ha^{-1} maka tanah masing-masing hanya akan mendapatkan penambahan 14,4 kg N dan 28,8 kg N dalam setiap ha tanah. Hal ini tentu sangat rendah jika dibandingkan dengan kebutuhan N tanaman padi dalam setiap hektarnya per musim tanam. Untuk tanaman padi biasanya diperlukan sekitar 300 kg urea atau setara dengan 138 kg N ha^{-1} dalam setiap musim tanamnya. Bahkan pada kondisi tanah yang kurang subur diperlukan penambahan N dalam jumlah yang lebih besar lagi.

Pemberian biochar mungkin akan efektif jika diberikan pada tanaman dengan kebutuhan penambahan N yang rendah seperti pada tanaman kedelai. Sama halnya dengan kandungan P_2O_5 dan K_2O pada biochar cangkang kelapa sawit yang masing-masing hanya sekitar 0,14 % dan 0,2%, sangat rendah jika dibandingkan dengan pupuk kimia yang biasa diaplikasikan yaitu sekitar 36% P_2O_5 dalam pupuk SP-36 dan 60% K_2O dalam pupuk KCl.

Hal ini menggambarkan bahwa secara kimia kandungan unsur hara makro yang relatif rendah dalam biochar cangkang kelapa sawit sehingga tidak memungkinkan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dalam jangka waktu yang relatif singkat. Keunggulan biochar selama ini adalah kemampuannya sebagai pembenah tanah yang dapat memperbaiki sifat fisik tanah sehingga diduga dapat mempengaruhi sifat tanah lainnya.

Hasil Tanaman Padi Sawah

Hasil analisis statistik pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pemberian biochar dan pupuk hayati berpengaruh nyata terhadap berat kering gabah (BKG) dan berat kering jerami (BKJ). Peningkatan tertinggi pada BKG diperoleh pada pemberian perlakuan biochar sebanyak 4 t ha^{-1} disertai dengan $\frac{1}{2}$ dosis pupuk NPK dengan peningkatan sebesar 6,95% dari perlakuan NPK.

Hasil pengaruh positif biochar terhadap produksi gabah dan jerami gabah diduga disebabkan karena pengaruh langsung dari sifat kimia dan fisik dari biochar. Meskipun memiliki kandungan kimia dengan unsur hara yang rendah, namun biochar tetap mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman. Hal ini sesuai dengan penelitian Putri *et al.* (2017) yang menunjukkan pemberian biochar dengan unsur hara yang rendah tetap dapat

memperbaiki ketersediaan unsur hara dalam tanah Ultisols dan meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Biochar diduga membantu meningkatkan penyerapan unsur hara yang ada dalam tanah dengan cara mempertahankan unsur hara di daerah perakaran tanaman. Kehilangan unsur hara dalam tanah merupakan salah satu penyebab tanaman tidak mampu tumbuh dan berkembang secara optimal.

Tabel 2. Pengaruh perlakuan terhadap berat kering gabah dan berat kering tanaman padi (g pot⁻¹)

Table 2. Effect of treatments on dry weight of grain and dry weight of rice plants (g pot⁻¹)

Perlakuan	Berat kering (g pot ⁻¹)	
	Gabah	Jerami
Kontrol	18,23 a	18,30 a
NPK	26,90 def	30,63 f
Biochar 2 t ha ⁻¹	23,37 bcd	25,63 cde
Biochar 4 t ha ⁻¹	22,73 bc	25,23 cde
Biochar 2 t ha ⁻¹ + 1/2 NPK	26,37 def	28,00 ef
Biochar 4 t ha ⁻¹ + 1/2 NPK	28,77 f	29,63 f
Biochar 2 t ha ⁻¹ + ABC	22,47 bc	23,27 bcd
Biochar 4 t ha ⁻¹ + ABC	21,90 b	22,70 bc
Biochar 2 t ha ⁻¹ + ABC + 1/2 NPK	22,20 b	22,10 b
Biochar 4 t ha ⁻¹ + ABC + 1/2 NPK	23,57 bcd	21,27 b
Pupuk hayati ABC	25,50 cde	25,93 de

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata menurut uji DMRT 5%.

Serapan N Total Gabah dan Jerami

Data pada tabel 3 menunjukkan bahwa serapan N pada jerami jauh lebih rendah dari pada serapan N pada gabah. Hal ini menunjukkan bahwa serapan N pada jerami sebagian besar telah didistribusikan ke gabah. Hasil uji statistik pada tabel 3 menunjukkan bahwa pemberian perlakuan memberikan perbedaan yang nyata terhadap serapan N baik pada jerami maupun gabah. Serapan N pada jerami yang tertinggi diperoleh pada perlakuan pupuk rekomendasi NPK sebagai kontrol positif dari percobaan ini.

Sementara pemberian biochar dapat memberikan pengaruh nyata pada jerami dengan kombinasi biochar dosis 4 t ha⁻¹ dengan formula pupuk hayati dan atau NPK. Pemberian biochar dengan jumlah 2 t ha⁻¹ dan 4 t ha⁻¹ tanpa disertai penambahan pupuk tidak dapat meningkatkan serapan N pada jerami. Hal ini menjelaskan bahwa biochar tidak dapat meningkatkan N secara langsung, kandungan N yang ada di dalam biochar yang

digunakan sangat rendah yang berkisar hanya 0,72%.

Biochar memberikan pengaruh dalam meningkatkan serapan N pada jerami pada jumlah 4 t ha⁻¹ dengan pemberian pupuk hayati dan pemberian 50% dosis pupuk NPK. Kombinasi biochar dengan pemberian pupuk NPK dosis 50% berpengaruh nyata terhadap serapan N pada gabah. Meskipun biochar memiliki kandungan hara N yang relatif kecil, namun, biochar tetap mampu meningkatkan serapan N gabah secara nyata.

Tabel 3. Pengaruh perlakuan terhadap serapan N gabah dan jerami

Table 3. Effect of treatment on Grain and Straw N uptake

Perlakuan	Serapan N (mg N pot ⁻¹)	
	Jerami	Biji
Kontrol	0,10 a	0,22 a
NPK	0,16 d	0,33 c
Biochar 2 t ha ⁻¹	0,11 a	0,23 ab
Biochar 4 t ha ⁻¹	0,11 a	0,23 ab
Biochar 2 t ha ⁻¹ + 1/2 NPK	0,13 a	0,29 bc
Biochar 4 t ha ⁻¹ + 1/2 NPK	0,14 a	0,32 c
Biochar 2 t ha ⁻¹ + ABC	0,11 a	0,23 ab
Biochar 4 t ha ⁻¹ + ABC	0,13 b	0,24 ab
Biochar 2 t ha ⁻¹ + ABC + 1/2 NPK	0,16 d	0,24 ab
Biochar 4 t ha ⁻¹ + ABC + 1/2 NPK	0,17 d	0,29 bc
Pupuk hayati ABC	0,12 a	0,23 ab

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata menurut uji DMRT 5%.

Hal ini diduga karena biochar memiliki sifat fisik yang baik yang diantaranya kemampuan menahan air yang tinggi. Urea merupakan jenis pupuk anorganik yang cepat tersedia bagi tanaman, namun memiliki kekurangan yaitu mudah tercuci oleh air dan mudah menguap sehingga tingkat efisiensinya rendah. Oleh karena itu serapan N pada tanaman seringkali rendah. Sifat biochar yang memiliki kemampuan menahan air yang tinggi, menyebabkan biochar mampu mempertahankan N yang ada di dalam tanah melalui mekanisme pengikatan dengan air, sehingga N tidak mudah tercuci dan hilang.

Penelitian (Abel *et al.* 2013) menyimpulkan bahwa penambahan biochar pada tanah berpasir, selain mampu menurunkan kepadatan tanah dan menambah total volume pori juga dapat meningkatkan kadar air tanah. Utomo *et al.* (2011) menunjukkan dalam penelitiannya bahwa biochar mampu menurunkan kehilangan N dalam tanah akibat pencucian.

Tabel 4. Kontribusi perlakuan terhadap serapan N pada biji dengan teknik isotop ^{15}N

Table 4. Contribution of treatment to N uptake in grain with ^{15}N Isotope Technique

Perlakuan	^{15}N (%) yang diserap tanaman	Kontribusi N berasal dari perlakuan (%)	Kontribusi N berasal dari tanah (%)
Kontrol	19,49 e	0,00 a	100 e
NPK	9,22 a	2,52 a	47,48 a
Biochar 2 t ha ⁻¹	18,36 e	5,81 ab	94,18 de
Biochar 4 t ha ⁻¹	18,25 e	6,45 b	93,55 d
Biochar 2 t ha ⁻¹ + 1/2 NPK	16,14 d	17,08 c	82,91 c
Biochar 4 t ha ⁻¹ + 1/2 NPK	15,39 d	20,93 c	79,07 c
Biochar 2 t ha ⁻¹ + ABC	12,88 c	35,76 d	64,24 b
Biochar 4 t ha ⁻¹ + ABC	13,07 c	34,70 d	65,29 b
Biochar 2 t ha ⁻¹ + ABC + 1/2 NPK	9,64 a	50,69 e	49,30 a
Biochar 4 t ha ⁻¹ + ABC + 1/2 NPK	11,53 b	40,81 d	59,19 b
Pupuk hayati ABC	16,01 d	17,86 c	82,14 c

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata menurut uji DMRT 5%.

Tabel 5. Kontribusi perlakuan terhadap serapan N pada jerami dengan teknik isotop ^{15}N

Table 5. Contribution of treatment to N uptake in straw with ^{15}N Isotope Technique

Perlakuan	^{15}N (%) yang diserap tanaman	Kontribusi N berasal dari perlakuan (%)	Kontribusi N berasal dari tanah (%)
Kontrol	20,91 f	0,00 a	100 d
NPK	6,43 a	78,59 d	21,41 a
Biochar 2 t ha ⁻¹	17,50 de	42,59 b	57,41 c
Biochar 4 t ha ⁻¹	12,30 bc	60,33 c	39,67 b
Biochar 2 t ha ⁻¹ + 1/2 NPK	15,36 cde	49,06 bc	50,93 bc
Biochar 4 t ha ⁻¹ + 1/2 NPK	14,25 bcd	53,06 bc	46,94 bc
Biochar 2 t ha ⁻¹ + ABC	17,34 de	42,74 b	57,25 c
Biochar 4 t ha ⁻¹ + ABC	11,70 b	60,56 c	39,44 b
Biochar 2 t ha ⁻¹ + ABC + 1/2 NPK	18,15 ef	39,98 b	60,02 c
Biochar 4 t ha ⁻¹ + ABC + 1/2 NPK	16,55 de	45,68 bc	54,32 bc
Pupuk hayati ABC	13,16 bc	56,22 bc	43,77 bc

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata menurut uji DMRT 5%.

Kontribusi perlakuan terhadap serapan N pada biji dengan teknik isotop ^{15}N

Data tabel 4 menunjukkan pengaruh perlakuan biochar, NPK, pupuk hayati, dan kombinasi ketiganya terhadap kontribusi serapan N pada gabah yang ditentukan dengan teknik ^{15}N . Pemberian perlakuan berpengaruh nyata terhadap kandungan rata-rata persen ^{15}N dalam gabah tanaman padi dengan penyerapan terendah diperoleh pada perlakuan NPK, namun nilainya tidak berbeda nyata dengan perlakuan 2 t ha⁻¹ biochar + ABC + ½ dosis rekomendasi pupuk NPK. Semakin rendah rata-rata persen ^{15}N dalam gabah tanaman, maka semakin tinggi pengaruh perlakuan terhadap serapan N dalam gabah. Nilai persentase ^{15}N ini sejalan dengan persen kontribusi

perlakuan pada serapan N gabah. Hal ini memperlihatkan bahwa kontribusi tertinggi diperoleh pada perlakuan NPK dan perlakuan 2 t ha⁻¹ biochar + ABC + ½ rekomendasi NPK.

Kombinasi perlakuan antara biochar, pupuk hayati, dan ½ rekomendasi pupuk NPK mampu menunjukkan kontribusi pada serapan N pada gabah yang nilainya tidak berbeda nyata dengan pemberian NPK. Dalam penelitian ini ditunjukkan bahwa aplikasi biochar dan pupuk hayati secara bersama-sama mampu mengurangi NPK sebanyak 50%.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa peranan biochar secara langsung dalam menyumbangkan N pada tanaman sangat kecil, sehingga pemberian biochar akan lebih baik jika digabungkan dengan pupuk hayati dan

pupuk anorganik. Hal ini mengindikasikan bahwa biochar lebih berperan dalam mengurangi kehilangan N dalam tanah, akibat pencucian dari pada menyumbangkan N secara langsung. Menurut penelitian Zheng *et al.* (2013) menunjukkan bahwa pencucian N-NO₃ pada tanah yang diberi biochar dan dipupuk oleh ammonium nitrat dan nitrat secara signifikan berkurang. Adanya peningkatan *water holding capacity* (WHC) dapat menyebabkan menurunnya kehilangan N dalam tanah akibat pencucian.

Kontribusi Perlakuan terhadap Serapan N pada Jerami dengan Teknik Isotop ¹⁵N

Data tabel 5 menunjukkan persen serapan ¹⁵N pada kontrol lebih tinggi dari pada perlakuan lainnya, karena N yang diberikan pada kontrol hanya berasal dari pupuk ¹⁵N. Sama halnya pada serapan gabah, kontribusi perlakuan terhadap serapan N jerami paling banyak yaitu diberikan pada perlakuan NPK.

Hasil persentase kontribusi perlakuan terhadap N jerami pada tabel 5, berbeda dengan hasil persentase kontribusi perlakuan terhadap N gabah. Hal ini disebabkan karena adanya proses distribusi hara N dari jerami ke gabah. Semua perlakuan berpengaruh secara nyata dalam menyumbangkan N ke dalam jerami. Namun perlakuan pemberian 4 t ha⁻¹ biochar dan perlakuan pemberian biochar 4 t ha⁻¹ disertai pupuk hayati ABC memberikan pengaruh tertinggi setelah NPK penuh.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian biochar pada tanah mampu meningkatkan serapan N pada jerami dan gabah secara nyata. Berdasarkan hasil perunutan dengan isotop ¹⁵N diketahui bahwa hanya sedikit kontribusi biochar secara langsung terhadap serapan N pada gabah. Kemampuan biochar dalam menahan kehilangan N dalam tanah diduga menjadi penyebab bahwa biochar dapat meningkatkan serapan N pada tanaman padi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian biochar pada tanah sawah berpengaruh dalam meningkatkan berat kering gabah dan berat kering jerami.

Ucapan Terimakasih

Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Ibu Halimah, Bapak Sudono Slamet SP, dan Bapak Munata yang memberikan asisten dalam seluruh proses penelitian di bidang eksperimental dan laboratorium BATAN Pasar Jumat Lebak Bulus. Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada Ibu Prof. Elsje Sisworo M.Si., dan Bapak Haryanto M.Sc., yang memberikan komentar dan

diskusi selama proses penulisan.

Daftar Pustaka

- Abdulrahman DK, Othman R, Saud H M. 2016. Effects of empty fruit bunch biochar and nitrogen-fixing bacteria on soil properties and growth of sweet corn. *Malaysian Journal of Soil Science*. 20: 177–194.
- Abel S, Peters A, Trinks S, Schonsky H, Facklam M, Wessolek G. 2013. Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of sandy soil. *Geoderma*. 202–203: 183–191.
- Atkinson CJ, Fitzgerald JD, Hipps NA. 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils : a review. *Plant and Soil*. 337: 1–18.
- Chen D, Liu X, Bian R, Cheng K, Zhang X, Zheng J, Li L. 2018. Effects of biochar on availability and plant uptake of heavy metals – A meta-analysis. *Journal of Environmental Management*. 222: 76–85.
- Dal Cortivo C, Barion G, Visioli G, Mattarozzi M, Mosca G, Vamerali T. 2017. Increased root growth and nitrogen accumulation in common wheat following PGPR inoculation: Assessment of plant-microbe interactions by ESEM. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 247: 396–408.
- Ducey TF, Ippolito JA, Cantrell KB, Novak JM, Lentz RD. 2013. Addition of activated switchgrass biochar to an aridic subsoil increases microbial nitrogen cycling gene abundances. *Applied Soil Ecology*. 65: 65–72.
- Gu J, Li Z, Mao Y, Struik PC, Zhang H, Liu L, Yang J. 2018. Roles of nitrogen and cytokinin signals in root and shoot communications in maximizing of plant productivity and their agronomic applications. *Plant Science*. 274: 320–331.
- Karhu K, Mattila T, Bergströma I, Regina K. 2011. Biochar addition to agricultural soil increased CH₄ uptake and water holding capacity – Results from a short-term pilot field study. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 140: 309–313.
- Lehmann J, Rillig MC, Thies J, Masiello CA, Hockaday WC, Crowley D. 2011. Soil biology and biochemistry biochar effects on soil biota e a review. *Soil Biology and Biochemistry* 43(9): 1812–1836.
- Li P, Lu J, Wang Y, Wang S, Hussain S, Ren T, Li X. 2018. Nitrogen losses, use efficiency, and productivity of early rice under controlled-release urea. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 251: 78–87.
- Liang B, Lehmann J, Solomon D, Kinyangi J, Grossman J, Skjemstad JO, Neves EG. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Science Society of America*. 70(5): 1719–1730.
- Liu MY, Burgos A, Zhang Q, Tang D, Shi Y, Ma L, Ruan J. 2017. Analyses of transcriptome profiles and selected metabolites unravel the metabolic response to NH₄⁺ and NO₃⁻ as signaling molecules in tea plant (*Camellia sinensis* L.). *Scientia Horticulturae*. 218(3): 293–303.

- McGrath JM, Spargo J, Penn CJ. 2014. Soil fertility and plant nutrition. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*. 5: 166–184.
- Munera-Echeverri JL, Martinsen V, Strand LT, Zivanovic V, Cornelissen G, Mulder J. 2018. Cation exchange capacity of biochar: an urgent method modification. *Science of the Total Environment*. 642: 190–197.
- Novak JM, Busscher WJ, Laird DL, Ahmedna M, Watts DW, Niandou MAS. 2009. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal plain soil. *Soil Science*. 174(2): 105–112.
- Putri VI, Mukhlis M, Hidayat B. 2017. Pemberian beberapa jenis biochar untuk memperbaiki sifat kimia tanah ultisoldan pertumbuhan tanaman jagung. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*. 107: 824–828
- Rodrigues MÂ, Ladeira LC, Arrobas M. 2018. Azotobacter-enriched organic manures to increase nitrogen fixation and crop productivity. *European Journal of Agronomy*. 93:88–94.
- Saxena J, Rana G, Pandey M. 2013. Impact of addition of biochar along with *bacillus* sp. on growth and yield of french beans. *Scientia Horticulturae*. 162: 351–356.
- Tan Z, Ye Z, Zhang L, Huang, Q. 2018. Application of the ^{15}N tracer method to study the effect of pyrolysis temperature and atmosphere on the distribution of biochar nitrogen in the biomass–biochar–plant system. *Science of the Total Environment*. 622–623: 79–87.
- Tang Y, Gao F, Yu Q, Guo S, Li F. 2015. The uptake kinetics of NH_4^+ and NO_3^- by lettuce seedlings under hypobaric and hypoxic conditions. *Scientia Horticulturae*. 197(3): 236–243.
- Utomo WH, Soehono LA, Guritno B. 2011. Effect of biochar on the release and loss of nitrogen from urea fertilization. *Journal of Agriculture and Food Technology*. 1(7): 127–132.
- Uusheimo S, TOLONEN T, Aalto SL, Arvola L. 2018. Mitigating agricultural nitrogen load with constructed ponds in northern latitudes: A field study on sedimental denitrification rates. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 261: 71–79.
- Wang X, Zhao Y, Wang H, Zhao X, Cui H, Wei Z. 2017. Reducing nitrogen loss and phytotoxicity during beer vinasse composting with biochar addition. *Waste Management*. 61: 150–156.
- Wardle DA, Nilsson MC, Zackrisson O. 2008. Fire-derived charcoal causes loss of forest humus. *Science*. 320: 629.
- Zbigniew Q, Zarzycki R, Kobyłcki R, Mariola S. 2018. Ecohydrology and hydrobiology biochar – potential tool to combat climate change and drought. *Ecohydrology and Hydrobiology*. 18(4): 441–453.
- Zhao X, Wang S, Xing G. 2015. Maintaining rice yield and reducing N pollution by substituting winter legume for wheat in a heavily-fertilized rice-based cropping system of southeast China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 202: 79–89.
- Zheng H, Wang Z, Deng X, Herbert S, Xing B. 2013. Geoderma Impacts of adding biochar on nitrogen retention and bioavailability in agricultural soil. *Geoderma*. 206: 32–39.