

Serapan Nitrogen pada Pertumbuhan Padi (*Oryza Sativa* L.) dengan Pemberian Biochar di Lahan Rawa Lebak

Nitrogen Uptake in Growth of Rice (*Oryza Sativa* L.) by Applying Biochar in Peat Swamp

Adinda Ridho Tirta Saputra¹, Laila Rahmawati^{2*)}, Dedik Budianta², Satria Jaya Priatna²

¹Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya

²Pascasarjana Universitas Sriwijaya, Palembang 30139, Indonesia

^{*)}Corresponding author: Tel./Faks. +6281326642321

email: laila.rahmawati@student.pps.unsri.ac.id/laila.rahmawati53@gmail.com

ABSTRACT

The potential area of peat swamp in North-Sumatera Island is 10.19 million hectares which has been developed approximately 0,73 million hectares for cultivation, whereas 9,46 million hectares of that area has not been optimized yet. Therefore, the areas have enormous potential for increasing the agricultural production, in particularly is rice. The increase of rice production is influenced by absorption of nutrients such as Nitrogen, Phosphor, and Calcium so its important to know the uptake of Nitrogen as a nutrient in growth of rice. Utilization of biochar (husk, wood, and coconut shell) and anorganic fertilizers (urea, SP 36, and KCl) are used to increase the nutrient content of the soil. The results of this research using experimental design with a factorial randomized block design, the results showed that there was an increase of nutrients nitrogen absorbed by rice plant. The increase has been showed in the combination of husk biochar with anorganic fertilizers (B1P1) which the uptake of land total-Nitrogen reach about 0.33% and the uptake of Nitrogen in rice plants is about 3.34 gram per terrace which have been optimal growth when it is compared with another.

Key words : Peat Swamp, Biochar, Nitrogen, Rice Plants

ABSTRAK

Potensi lahan rawa lebak di Sumatera Selatan seluas $10,19 \times 10^6$ hektar. Lahan rawa lebak telah dimanfaatkan untuk budidaya tanaman padi seluas $0,73 \times 10^6$ hektar sedangkan $9,46 \times 10^6$ hektar nya lagi belum dimanfaatkan secara optimum. Oleh karena itu, lahan rawa lebak memiliki potensi untuk dikembangkan untuk meningkatkan produksi pertanian, khususnya tanaman padi. Tingginya hasil produksi padi dipengaruhi oleh penyerapan unsur hara seperti Nitrogen, Fosfor dan Kalium sehingga penting untuk mengetahui serapan nitrogen sebagai salah satu unsur hara dalam pertumbuhan tanaman padi. Pemanfaatan biochar (sekam, kayu, dan tempurung kelapa) dan pupuk anorganik (urea, SP 36, dan KCl) digunakan untuk meningkatkan kandungan nutrisi tanah. Hasil uji menggunakan rancangan acak kelompok factorial yang hasilnya menunjukkan bahwa terdapat peningkatan unsur hara Nitrogen dalam tanah dan yang diserap oleh tanaman padi. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa pada kombinasi biochar sekam padi dengan pupuk anorganik (B1P1) memperoleh hasil serapan N-Total tanah yang paling tinggi sebesar 0,33% dengan serapan Nitrogen tanaman padi sebanyak 3,34 gram per petak dan memiliki pertumbuhan tanaman padi yang optimal dibandingkan dengan perlakuan yang lain.

Kata kunci : Rawa lebak, Biochar, Nitrogen, Padi.

PENDAHULUAN

Luas lahan rawa lebak di Pulau Sumatera lebih kurang seluas 10,19 juta ha dan yang sudah dimanfaatkan seluas 0,73 juta hasedangkan lahan rawa lebak yang belum dimanfaatkan sekitar 9,46 juta ha. Oleh karena itu lahan rawa lebak sangat potensial untuk dikembangkan dalam upaya peningkatan produksi tanaman pertanian, khususnya tanaman padi (Balittra, 2011). Salah satu upaya peningkatan hasil produksi tanaman padi yakni dengan memperbaiki sistem budidayanya, yakni pemupukan. Pemberian pupuk ke dalam tanah akan menambah satu atau lebih unsur hara tanah dan ini akan mengubah keseimbangan hara lainnya (Silalahi *et al.*, 2006). Hara nitrogen (N), fosfor (P) dan kalium (K) merupakan unsur utama yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman padi. Nitrogen mempunyai peran penting bagi tanaman padi yaitu: mendorong pertumbuhan tanaman yang cepat dan memperbaiki tingkat hasil dan kualitas gabah melalui peningkatan jumlah anakan, pengembangan luas daun, pembentukan gabah, pengisian gabah, dan sintesis protein. Ada tiga hal yang menyebabkan hilangnya nitrogen dari tanah yaitu nitrogen dapat hilang karena tercuci bersama air draenase, penguapan dan diserap oleh tanaman. Keberadaan nitrogen pada tanah sawah sangat mempengaruhi pertumbuhan vegetatif tanaman padi sawah (Patti *et al.*, 2013). Alternatif upaya untuk meningkatkan efisiensi pemupukan N antara lain adalah dengan menggunakan biochar. Biochar dapat berfungsi sebagai pembenah tanah, meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan memasok sejumlah nutrisi yang berguna serta meningkatkan sifat fisik dan biologi tanah (Lehmann & Rondon, 2006). Selain itu pula diketahui bahwa keberadaan biochar di dalam tanah dapat digunakan sebagai habitat fungi dan mikroba tanah lainnya (Saito & Marumoto, 2002). Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Nanggroe Aceh Darussalam (2007) telah meneliti salah satu teknologi untuk pemenuhan hara bagi tanaman yang sudah dianggap teknologi kuno dimunculkan kembali yaitu biochar. Aplikasi biochar dalam usaha tani padi yang telah diberikan biochar pada lahan sawah untuk pertanaman padi dapat meningkatkan efisiensi pemupukan, hal ini karena biochar dapat menghemat kebutuhan pupuk dengan produktivitas padi tetap tinggi. Tujuan dari penelitian mengetahui serapan N dan pertumbuhan tanaman padi rawa lebak yang akan di aplikasikan kombinasi biochar, dan pupuk anorganik dan mengetahui jenis kombinasi biochar, dan pupuk anorganik yang tepat untuk budidaya tanaman padi rawa lebak.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Pemulutan, Desa Pelabuhan Dalam, Kabupaten Ogan Ilir pada bulan Agustus 2014 sampai Desember 2014. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial. Faktor I: sumber jenis bahan biochar yaitu; tanpa biochar (B_0), biochar sekam padi (B_1), biochar kayu (B_2), biochar tempurung kelapa (B_3) dan Faktor II: pupuk kimia yaitu: tanpa pupuk kimia (P_0), pupuk kimia (urea, SP-36, dan KCL) masing-masing diberikan 10 ton ha⁻¹ setara dengan 6 kg petakan⁻¹. Percobaan penentuan kisaran dosis biochar berdasarkan penelitian Mawardiana *et al.*, (2013).

Dari hasil rancangan penelitian didapatkan 8 (delapan) kombinasi perlakuan dengan 3 (tiga) ulangan. Petak perlakuan yang diperlukan di lapangan adalah 24 (dua puluh empat) petak berukuran 3 m x 2 m dengan jarak tanam 20 cm x 20 cm, masing-masing sebanyak tiga ulangan. Setiap petak perlakuan terdapat 150 tanaman dan untuk contoh tanaman sebagai pengamatan adalah 3 tanaman. Data disajikan dalam bentuk tabel, data pengamatan dianalisis statistik dengan uji F (ANOVA) dan apabila terdapat perbedaan yang nyata dilanjutkan dengan uji BNT. Analisis tanah dan jaringan tanaman dilakukan di

Laboratorium Kimia, Fisika, Biologi dan Kesuburan Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya Indralaya.

HASIL

1. Karakteristik Tanah Pada Lokasi Penelitian

Berikut merupakan hasil analisis awal tanah yang digunakan dalam penelitian:

Tabel 1. Analisis Tanah Awal

Jenis Analisis	Satuan	Tanah	
		Hasil*	Kriteria**
pH H ₂ O	-	3,70	Sangat Masam
pH KCl	-	3,51	Masam
C-Organik	%	1,85	Rendah
N-Total	%	0,17	Rendah
P-Bray I	µg/g	5,40	Sangat Rendah
K-dd	CMol (+) / Kg	0,51	Sedang
Na	CMol (+) / Kg	0,44	Sedang
Ca	CMol (+) / Kg	3,00	Rendah
Mg	CMol (+) / Kg	0,53	Rendah
KTK	CMol (+) / Kg	17,40	Sedang
Al-dd	CMol (+) / Kg	1,44	-
H-dd	CMol (+) / Kg	0,40	-
Tekstur			Liat (<i>Clay</i>)
Pasir	%	20,36	
Debu	%	33,96	
Liat	%	45,68	

Keterangan :

*) Data berdasarkan hasil analisis di Laboratorium Kimia, Biologi, dan Kesuburan Tanah Jurusan Tanah, 2014.

***) Kriteria Berdasarkan Pusat Penelitian Tanah 1983.

Berdasarkan Tabel 1, tanah penelitian memiliki tekstur liat dengan tingkat kesuburan yang rendah karena K-dd, Na, dan KTK tergolong sedang, kandungan yang lainnya tergolong rendah bahkan sampai sangat rendah yang dapat menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan tanaman padi. Tanah rawa lebak yang digunakan pada penelitian ini mempunyai tingkat kesuburan yang sangat rendah dan pH yang sangat masam maka dari itu dilakukan pemberian biochar yang terbuat dari sekam padi, kayu dan tempurung kelapa. Biochar ini diharapkan mampu meningkatkan serapan unsur hara tanah rawa lebak, sehingga dapat meningkatkan ketersediaan hara N, P, K, Ca, Mg yang rendah. Berikut merupakan hasil analisis karakteristik biochar yang digunakan.

Berdasarkan Tabel 2, analisis biochar sekam padi memiliki kandungan pH yang masam dengan nilai 5,0, kandungan C-Organik, P, K, Ca, dan KTK yang sangat tinggi dengan nilai C-Organik 14,71%, P 75,30µg/g, K 9,59 CMol (+)/Kg, Ca 28,80 CMol (+)/Kg dan KTK 52,20 CMol (+)/Kg dan N-Total yang tinggi dengan nilai 0,60%. Analisis biochar kayu memiliki kandungan pH yang alkalis dengan nilai 8,70, kandungan P, K, Ca yang sangat tinggi dengan nilai P 71, 55µg/g, K 4,79%, Ca 11,95 CMol (+)/Kg, memiliki kandungan KTK yang tinggi dengan nilai KTK 26,10 CMol (+)/Kg, memiliki kandungan N-Total yang sedang dengan nilai 0,22% dan memiliki kandungan C-Organik yang rendah dengan nilai 1,60%. Sedangkan untuk biochar tempurung kelapa memiliki kandungan pH yang netral dengan nilai 7,20, memiliki kandungan P, K, Ca yang sangat tinggi dengan

nilai P 73,05 μ g/g, K 14,38%, Ca 3,20 CMol (+)/Kg, memiliki kandungan C-Organik yang tinggi dengan nilai 3,55%, memiliki kandungan N-Total yang sedang dengan nilai 0,33%, dan memiliki kandungan KTK dengan nilai 26,10 CMol (+)/Kg.

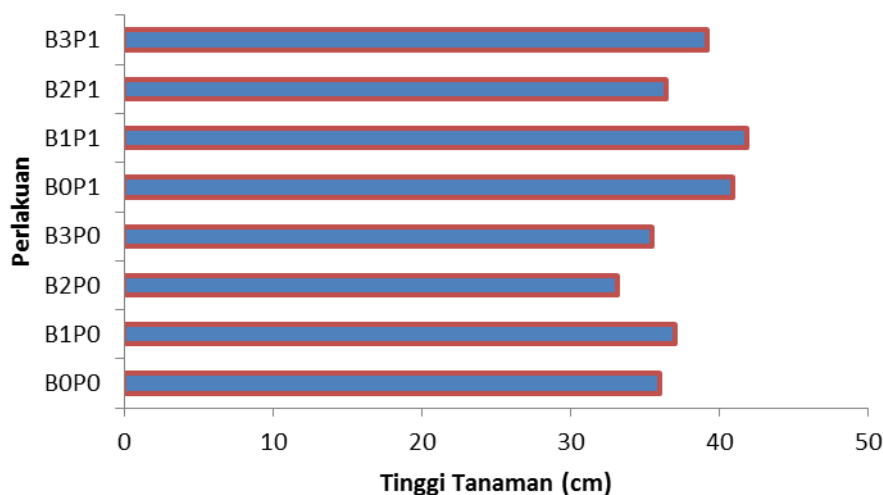
Tabel 2. Karakteristik Biochar Sekam Padi, Biochar Kayu, Biochar Tempurung Kelapa

Jenis Analisis	Satuan	Biochar Sekam Padi	Biochar Kayu	Biochar Tempurung Kelapa
		Hasil*	Hasil*	Hasil*
pH H ₂ O	-	5,0	8,70	7,20
pH KCl	-	-	-	-
C-Organik	%	14,71	1,60	3,55
N-Total	%	0,60	0,22	0,33
P-Bray I	μ g/g	75,30	71,55	73,05
K-dd	CMol (+)/Kg	9,59	4,79	14,38
Na	CMol (+)/Kg	-	-	-
Ca	CMol (+)/Kg	28,80	11,95	3,20
Mg	CMol (+)/Kg	-	-	-
KTK	CMol (+)/Kg	52,20	26,10	26,10
Al-dd	CMol (+)/Kg	-	-	-
H-dd	CMol (+)/Kg	-	-	-
Tekstur		-	-	-
Pasir	%	-	-	-
Debu	%	-	-	-
Liat	%	-	-	-

Keterangan :

*) Data berdasarkan hasil analisis di Laboratorium Kimia, Biologi, dan Kesuburan Tanah Jurusan Tanah, 2014.

2. Tinggi Tanaman



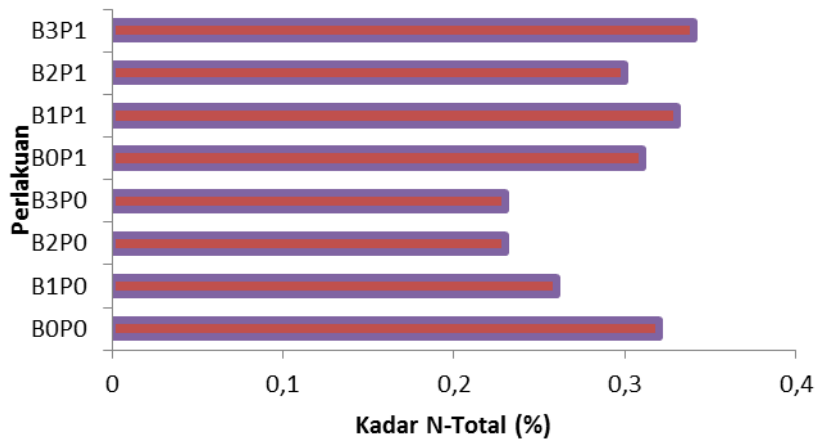
Gambar 1. Grafik Tinggi tanaman Selama 15 Minggu

Berdasarkan Gambar 1, pada perlakuan B1P1 (biochar sekam padi dengan kombinasi pupuk anorganik) memiliki nilai rata-rata yang paling tinggi diantara perlakuan yang lain. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam tanaman berpengaruh tidak nyata

terhadap tinggi tanaman karena pemberian biochar bukanlah sebagai penambah unsur hara dalam tanah namun berfungsi sebagai pembenah tanah, meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan memasok sejumlah nutrisi yang berguna serta meningkatkan sifat fisik, kimia dan biologi tanah.

3. N – Total Tanah

Berdasarkan data N - Total yang didapatkan dari tanah yang telah diberikan perlakuan, didapatkan hasil sebagai berikut :

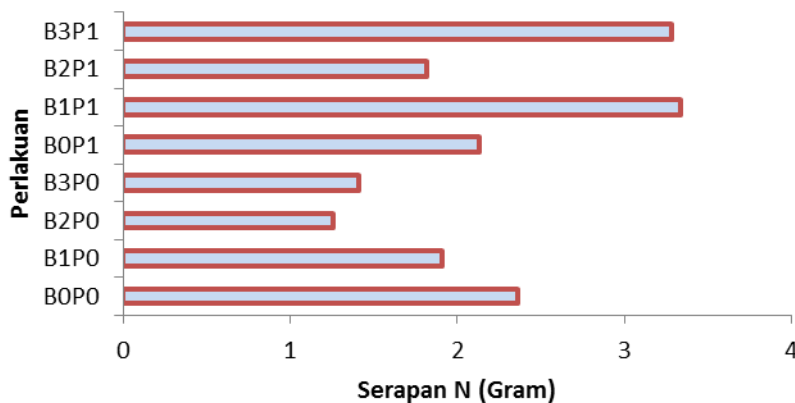


Sumber : Data berdasarkan hasil analisis di Laboratorium Kimia, Biologi, dan Kesuburan Tanah Jurusan Tanah, 2014

Gambar 2. Grafik N-Total Tanah Setelah Perlakuan

Berdasarkan Gambar 2, tanah yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kandungan N-total tanah yang berpengaruh tidak nyata dikarenakan N-Total pada lahan tersebut memiliki kandungan hara yang relatif rendah. Pada analisis tanah penelitian awal memiliki kandungan N-total sebesar 0,17% apabila dibandingkan dengan nilai N-total setelah perlakuan meningkat dengan rata-rata nilai sebesar 0,29%, namun perlakuan yang memiliki nilai yang paling tinggi pada perlakuan B3P1 (biochar tempurung kelapa dengan kombinasi pupuk anorganik) dengan nilai 0,34%.

4. Serapan N Tanaman Padi



Gambar 3. Grafik Serapan N Tanaman Padi Per petak (3m x 2m)

Berdasarkan uji BNT 5% serapan nitrogen pada tanaman padi rawa lebak berpengaruh tidak beda nyata. Pemberian biochar dengan kombinasi pupuk anorganik (urea, SP 36, dan KCl) pada perlakuan B0P1, B1P1, B2P1 dan B3P1 dengan pemberian

dosis pupuk urea 250 kg/ha, SP 36 75 kg/ha, dan KCL 50 kg/ha cenderung meningkatkan hasil serapan nitrogen tertinggi 3,34 gram/petak pada perlakuan B1P1, dan cenderung memberikan hasil serapan Nitrogen terendah yaitu 1,26 gram/ petak pada perlakuan B2P0 pada tanaman padi rawa lebak.

PEMBAHASAN

Dari data analisa Tabel 1, tanah dalam penelitian ini mempunyai tingkat kesuburan yang sangat rendah dan pH yang sangat masam maka dari itu dilakukan pemberian biochar. Biochar dapat menurunkan kemasaman tanah serta meningkatkan kapasitas tukar kation tanah. Hal ini disebabkan oleh pH biochar yang tinggi dan aplikasi biochar meningkatkan luas permukaan bahan organik untuk pertukaran kation (Liang et al., 2006). Seiring dengan peningkatan pH, unsur hara esensial menjadi lebih tersedia misalnya N, P, K, Ca, dan Mg, sedangkan unsur toksik seperti Al, Cu, dan Mn menjadi kurang tersedia (Atkinson, 2010; Jiang, 2012; Major, 2010). Penurunan tingkat kelarutan logam berat juga dilaporkan setelah pemberian biochar ke lahan pertanian, misalnya Pb, Cu, Zn, Cd, dan N (Uchimiya et al., 2010; Trakal et al., 2011). Penggunaan biochar mampu menjadi solusi dalam mengurangi penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan dikarenakan adanya bahan organik yang mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Perbaikan terhadap sifat fisik yaitu menggemburkan tanah, memperbaiki aerasi dan drainase (Jien dan Wang, 2013; Joseph dan Lehman, 2009). Hasil yang diperoleh dari penelitian Nisa (2010) menunjukkan bahwa tanah yang diberi perlakuan biochar 10 ton ha dapat menaikkan pH tanah dari 6,78 menjadi 7,40 atau naik 9,14%. Selain itu terdapat peningkatan produksi tanaman padi ladang sebanyak 12% dan gandum sebesar 17% sebagai pengaruh dari pemberian biochar yang dapat meningkatkan retensi nitrat tanah telah dilaporkan oleh Wang et al. (2012). Penelitian berikutnya oleh Huang et al. (2015) menunjukkan bahwa pemberian biochar sebanyak 10 ton ha⁻¹ pada tanaman padi yang ditanam di lahan yang tergenang dapat meningkatkan jumlah akar sebanyak 30% dan meningkatkan hasil padi sebesar 11,8%. Penelitian lain juga memperlihatkan bahwa biochar dapat meningkatkan hasil padi sebanyak 13,5% (Dong et al., 2015) dan 27,6% (Zhang et al., 2012). Selain dapat meningkatkan produksi padi, pemanfaatan biochar juga dapat mengurangi emisi N₂O dan CH₄ dari sawah selama kegiatan budidaya padi dilaksanakan (Liu et al., 2016). Adapun terhadap sifat biologi yaitu menjadikan sumber makanan bagi mikroorganisme tanah seperti fungi, bakteri, serta mikroorganisme menguntungkan lainnya, sehingga perkembangannya menjadi lebih cepat (Hadisuwito, 2008). Dengan pemberian biochar sekam padi, kayu, dan tempurung diperoleh hasil tinggi tanaman (Gambar 1.) bahwa perlakuan B1P1 memiliki nilai rata-rata yang paling tinggi diantara perlakuan yang lain. Dari hasil analisa statistik tinggi tanaman berpengaruh tidak nyata terhadap tinggi tanaman karena pemberian biochar bukanlah sebagai penambah unsur hara dalam tanah namun berfungsi sebagai pembenah tanah, meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan memasok sejumlah nutrisi yang berguna serta meningkatkan sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Sohi et al., 2010; Hunt et al., 2010) Hasil penelitian lainnya, menunjukkan bahwa biochar dapat menambah kelembaban, kesuburan tanah, pembenah tanah, memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah dan dapat juga sebagai sumber utama bahan untuk konservasi karbon organik di dalam tanah. Penambahan biochar ke tanah meningkatkan ketersediaan kation utama dan fosfor, total N dan kapasitas tukar kation tanah (KTK) yang pada akhirnya meningkatkan hasil (Gani, 2010). Berdasarkan Gambar 2, kandungan N-total tanah pada penelitian ini berpengaruh tidak nyata dikarenakan N-Total pada lahan tersebut memiliki kandungan hara yang relatif rendah. Menurut penelitian Gofar (2007) di lahan rawa lebak Sumatera Selatan menunjukkan bahwa perbedaan tipe penggunaan lahan berpengaruh

nyata terhadap penurunan pH tanah, kadar C-organik, N-total, P-total dan populasi mikroba menguntungkan dalam tanah. Pada analisis tanah penelitian awal memiliki kandungan N-total sebesar 0,17% apabila dibandingkan dengan nilai N-total setelah perlakuan meningkat dengan rata-rata nilai sebesar 0,29%, namun perlakuan yang memiliki nilai yang paling tinggi pada perlakuan B3P1 (biochar tempurung kelapa dengan kombinasi pupuk anorganik) dengan nilai 0,34%. Pada perlakuan B0P0 (tidak menggunakan biochar dan tidak menggunakan pupuk organik) mendapatkan hasil yang meningkat dengan rata-rata nilai sebesar 0,32%, hal tersebut disebabkan adanya hujan yang menyebabkan terbawanya kandungan unsur hara pada perlakuan yang lain dan menyebabkan penambahan unsur hara pada perlakuan B0P0 tersebut.

Beberapa penyebab yang mengakibatkan perbedaan tersebut antara lain: lama pengusahaan lahan, intensitas pengolahan, jenis pupuk serta dosis pupuk yang digunakan, jenis tanaman yang diusahakan, aktivitas organisme tanah, dan kondisi awal lahan yang diusahakan. Bahan organik merupakan penyangga biologis yang mempunyai fungsi dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah sehingga dapat menyediakan unsur hara dalam jumlah berimbang bagi meningkatkan perkembangan mikroba tanah dan menyumbangkan unsur hara seperti N dan P sehingga tersedia bagi tanaman (Gofar, 2007).

Berdasarkan uji BNT 5% srapan nitrogen pada tanaman padi rawa lebak berpengaruh tidak beda nyata. Pemberian biochar dengan kombinasi pupuk anorganik (urea, SP 36, dan KCl) pada perlakuan B0P1, B1P1, B2P1 dan B3P1 dengan pemberian dosis pupuk urea 250 kg/ha, SP 36 75 kg/ha, dan KCl 50 kg/ha cenderung meningkatkan hasil serapan nitrogen tertinggi 3,34 gram/petak pada perlakuan B1P1, dan cenderung memberikan hasil serapan Nitrogen terendah yaitu 1,26 gram/petak pada perlakuan B2P0 pada tanaman padi rawa lebak.

Meskipun berpengaruh tidak beda nyata, pemberian biochar sekam padi yang dikombinasikan dengan pupuk anorganik (urea, SP 36, dan KCl) menunjukkan serapan nitrogen yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain (Gambar 2). Meningkatnya serapan nitrogen pada tanaman padi rawa lebak berasal dari kombinasi pemberian biochar sekam padi dengan pupuk anorganik (urea, SP 36, dan KCl).

Hal ini menunjukkan bahwa pupuk anorganik (urea, SP 36, dan KCl) sebagai penyedia unsur N, P dan K dan dapat di serap oleh biochar sekam padi dengan baik. Menurut penelitian Gani, (2010) Potensi biochar sebagai pembenah tanah selain dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah dapat pula sebagai sumber utama bahan untuk konservasi karbon organik di dalam tanah. Penambahan biochar ke tanah meningkatkan ketersediaan kation utama dan fosfor, total N dan kapasitas tukar kation tanah (KTK) yang pada akhirnya meningkatkan hasil.

KESIMPULAN

1. Pemberian biochar, dan biochar kombinasi pupuk anorganik (urea, SP 36, dan KCl) berpengaruh tidak nyata.
2. Kombinasi biochar sekam padi dengan pupuk anorganik (urea, SP 36, dan KCl) memperoleh hasil serapan nitrogen pada tanaman padi yang paling tinggi dari pada perlakuan yang lainnya dengan dosis pupuk SP 36 dengan dosis 75 kg ha⁻¹, pupuk KCl dengan dosis 50 kg ha⁻¹ sedangkan pupuk urea dengan dosis 250 kg ha⁻¹ dan dosis biochar sekam padi diberikan 6 kg ha⁻¹
3. Pemberian biochar dengan kombinasi pupuk anorganik akan lebih efisien apabila menggunakan waktu yang cukup lama atau bertahap

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan pada Adinda Ridho Tirta Saputra, Bapak Dedik Budianta, dan Bapak Satria Jaya Priatna atas izin dan dukungannya dalam penulisan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Atkinson, C. J., Fitzgerald, J. D., & Hipps, N. A. 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. *Plant and soil*, 337 (1-2), 1-18.
- Badan Penelitian Pertanian Lahan Rawa. 2011. Model pertanian lahan rawa ramah lingkungan. Rapat Kerja Lingkup Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian” tanggal 3-6 April 2013.
- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) NAD, 2007. *Laporan Akhir Kegiatan Primatani Padi Sawah di Kabupaten Aceh Besar, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian NAD*. 30 hal.
- Dong, D., Yang, M., Wang, C., Wang, H., Li, Y., Luo, J., & Wu, W. 2013. Responses of methane emissions and rice yield to applications of biochar and straw in a paddy field. *Soils and Sediments*, 13(8), 1450-1460.
- Gani, A. 2010. Multiguna arang hayati (Biochar). Sinar Tani Edisi 13-19 Oktober 2010.
- Gofar, N. 2007, Keragaman beberapa sifat kimia dan biologi tanah pada berbagai tipe penggunaan lahan rawa lebak. *Agritrop* 26(2): 92-96
- Hunt, J., DuPont, M., Sato, D., & Kawabata, A. 2010. The basics of biochar: A natural soil amendment. *Soil Crop Manage. SCM-30*.
- Jiang, J., Xu, R. K., Jiang, T. Y., & Li, Z. 2012. Immobilization of Cu (II), Pb (II) and Cd (II) by the addition of rice straw derived biochar to a simulated polluted Ultisol. *Hazardous materials*, 229, 145-150
- Jien, S. H., & Wang, C. S. 2013. Effects of biochar on soil properties and erosion potential in a highly weathered soil. *Catena*, 110, 225-233.
- Joseph, S., & Lehmann, J. 2009. *Biochar for environmental management: science and technology* (No. 631.422 B615bi). London, GB: Earthscan.
- Lehmann, J.J. Gaunt and M. Rondon. 2006. Biochar soil Management on highly weathered soils in the humid tropics. P : 571-530 in *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*.
- Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B., and Neves, E. G. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Science Society of America Journal*, 70(5), 1719-1730.
- Liu, Q., Liu, B., Ambus, P., Zhang, Y., Hansen, V., Lin, Z., Shen, D., Liu, G., Bei, Q., Zhu, J. and Wang, X., 2016. Carbon footprint of rice production under biochar amendment—a case study in a Chinese rice cropping system. *GCB Bioenergy*, 8(1), pp.148-159.
- Mawardiana, Sufardi dan Edi H. 2013. Pengaruh residu biochar dan pemupukan NPK terhadap sifat kimia tanah dan pertumbuhan serta hasil tanaman padi pada musim ketiga. *Jurnal Sumber Daya Lahan Pasca Sarjana Universitas Syiah Kuala*. pp. 16-23.
- Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S. J., & Lehmann, J. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. *Plant and soil*, 333(1-2), 117-128.

- Nisa, K. 2010. Pengaruh pemupukan NPK dan biochar terhadap sifat kimia tanah, serapan hara dan hasil tanaman padi sawah. *Thesis*. Banda Aceh: Universitas Syiah kuala.
- Patti, P. S., E. Kaya & Ch. Silahooy. 2013. Analisis Status Nitrogen Tanah Dalam Kaitannya Dengan Serapan N Oleh Tanaman Padi Sawah Di Desa Waimital, Kecamatan Kairatu, Kabupaten Seram Bagian Barat. Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura. *Jurnal Ilmu Budidaya Tanaman Agrologia*, Vol. 2, No. 1, 2013, Hal. 51-58.
- Saito M & T Marumoto (2002). Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi: The status quo in Japan and the future prospects. *Plant and Soil* 244, 273–279.
- Silalahi, F., Y. Saragih, A. Marpaung, R. Hutabarat, Karsina, & S. R. Purba. 2006. Laporan Akhir Uji Pemupukan NPK Pada Tanaman Buah. Balai Penelitian Buah Kebun Percobaan Tanaman Buah (KPTB), Brastagi. Medan.
- Sohi, S.P., E. Krull, E. Lopez-Capel, and R. Bol. 2010. A review of biochar and its use and function in soil. *Adv. Agron.* 105:47–82.
- Trakal, L., Komárek, M., Száková, J., Zemanová, V., & Tlustoš, P. 2011. Biochar application to metal-contaminated soil: evaluating of Cd, Cu, Pb and Zn sorption behavior using single-and multi-element sorption experiment. *Plant Soil Environ*, 57(8), 372-380.
- Uchimiya, M., Lima, I. M., Thomas Klasson, K., Chang, S., Wartelle, L. H., & Rodgers, J. E. 2010. Immobilization of heavy metal ions (CuII, CdII, NiII, and PbII) by broiler litter-derived biochars in water and soil. *Agricultural and Food Chemistry*, 58(9), 5538-5544.
- Wang, J., Pan, X., Liu, Y., Zhang, X., & Xiong, Z. 2012. Effects of biochar amendment in two soils on greenhouse gas emissions and crop production. *Plant and Soil*, 360(1-2), 287-298.
- Zhang, A., Liu, Y., Pan, G., Hussain, Q., Li, L., Zheng, J., & Zhang, X. 2012. Effect of biochar amendment on maize yield and greenhouse gas emissions from a soil organic carbon poor calcareous loamy soil from central china plain. *Plant and Soil*, 351(1-2), 263-275.