

PENGARUH RESIDU BIOCHAR DAN PEMUPUKAN NPK TERHADAP DINAMIKA NITROGEN, SIFAT KIMIA TANAH DAN HASIL TANAMAN PADI (*Oryza sativa* L.) MUSIM TANAM KETIGA

Residual Effect of Biochar and NPK Fertilization Toward the Dynamics of Nitrogen , Soil Chemical Properties and Rice Crop in Third Season Planting

Mawardiana¹⁾, Sufardi²⁾, dan Edi Husen³⁾

¹⁾Program Studi Magister Konservasi Sumberdaya Lahan, Pascasarjana Unsyiah
E-mail: ugadeng@yahoo.co.id

²⁾ Fakultas Pertanian Unsyiah, Jl. Tgk. Hasan Krueng kalee No. 3 Darussalam, Banda Aceh 23111

Naskah diterima 23 Januari 2013, disetujui 28 Maret 2013

Abstract. *The study includes the effect of biochar on crop residue rice has not been much done. This study aimed to determine the effect of biochar residue and NPK fertilization on nitrogen dynamics, soil chemical properties and yield of rice (*Oryza sativa* L.) growing season III. Experiments in stacking the group Random Design (RAK) factorial with two factors (residual biochar and fertilizer NPK) and 4 ulanga. Biochar residue consists of 2 level ie treatment without residual biochar and biochar residue treatment 10 tons ha⁻¹. NPK fertilizer treatment consisted of 3 level that is without fertilizer NPK, NPK fertilizer 135 kg ha⁻¹ and 270 kg NPK ha⁻¹. The results showed that the residual biochar significantly affect N-Total soil 28 days after transplanting (DAP), N-Total plant 21 days after planting, cation exchange capacity (CEC), total grain number and yield per hectare. NPK fertilization significantly affect total plant N-45 DAP, available P-, k-available, CEC, plant height 45 DAP, 90 DAP, tiller number 28, 35 and 45 days after planting, the number of panicles / clump, the percentage of empty grain / panicle, percentage of grain containing / panicle and yield per hectare. Combination treatment residues and NPK Biochar significant effect on total plant N-45 DAP.*

Abstrak. Penelitian pengaruh biochar termasuk residunya pada tanaman padi sawah belum banyak dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh residu biochar dan pemupukan NPK terhadap dinamika nitrogen, sifat kimia tanah dan hasil tanaman padi (*Oryza sativa* L.) musim tanam III. Percobaan di susun dalam Rancangan Acak kelompok (RAK) pola faktorial dengan dua faktor (residu biochar dan pupuk NPK) dan 4 ulanga. Residu biochar terdiri dari 2 taraf yaitu perlakuan tanpa residu biochar dan perlakuan residu biochar 10 ton ha⁻¹. Perlakuan pupuk NPK terdiri dari 3 taraf yaitu tanpa pupuk NPK, pupuk NPK 135 kg ha⁻¹ dan pupuk NPK 270 kg ha⁻¹. Hasil penelitian menunjukkan bahwa residu biochar berpengaruh nyata terhadap N-Total tanah 28 hari setelah tanam (HST), N- Total tanaman 21 HST, kapasitas tukar kation (KTK), jumlah gabah total dan hasil per hektar. Pemupukan NPK berpengaruh nyata terhadap N-Total tanaman 45 HST, P-tersedia, k-tersedia, KTK, tinggi tanaman 45 HST, 90 HST, jumlah anakan 28, 35 dan 45 HST, jumlah malai/rumpun, persentase gabah hampa/malai, persentase gabah berisi/malai dan hasil per hektar. Kombinasi perlakuan residu biochar dan pupuk NPK berpengaruh nyata terhadap N-total tanaman 45 HST.

Kata kunci : biochar, pupuk NPK , dinamika nitrogen, sifat kimia tanah , hasil padi sawah.

PENDAHULUAN

Padi merupakan tanaman pangan utama dan sebagai bahan makanan pokok hampir seluruh penduduk Indonesia dan sangat diperhatikan produktivitasnya. Namun permasalahan yang dihadapi saat ini adalah antara lain: (1) masalah luas lahan yang semakin sempit, (2) kualitas lahan sawah yang menurun, (3) sulitnya

membuka lahan yang baru, dan (4) pengaruh adanya perubahan iklim .

Produksi padi di Aceh tahun 2007 adalah 4,25 ton ha⁻¹, tahun 2008 menurun menjadi 4,20 ton ha⁻¹, sedangkan pada tahun 2009 naik menjadi 4,30 ton ha⁻¹ (Badan Pusat Statistik, 2010). Tingkat produksi jauh ini lebih rendah dibandingkan potensi hasil secara nasional yaitu 5.06 ton ha⁻¹ maupun hasil penelitian mencapai 8 ton ha⁻¹ (BPTP NAD, 2007).

Pemupukan merupakan salah satu kegiatan penting untuk meningkatkan produktivitas tanaman. Nitrogen merupakan salah satu unsur hara esensial yang bersifat sangat mobil, baik di dalam tanah maupun di dalam tanaman. Selain itu nitrogen bersifat sangat mudah larut dan mudah hilang ke atmosfer. Akibat kekurangan nitrogen pada tanaman mengakibatkan pertumbuhan tanaman tidak normal dan menurunkan produktifitasnya. Nitrogen yang tersedia untuk tanaman adalah dalam bentuk amonium dan nitrat, namun pada tanah tergenang (sawah /rawa) bentuk amonium lebih stabil dan langsung dapat diserap tanaman seperti padi (Hanafiah,2010). Oleh karena itu pemahaman dinamika nitrogen di dalam tanah menjadi faktor penting untuk menjaga agar terjadi keseimbangan antara penambahan dan kehilangan unsur nitrogen.

Untuk penambahan nitrogen ke dalam tanah dapat terjadi melalui: (1) masuknya bersama air hujan, di mana jumlah yang masuk tergantung dari iklim dan untuk daerah beriklim tropis penambahan nitrogen akan lebih banyak melalui air hujan, (2) penambahan dari pupuk dan bahan organik, dan (3) fiksasi oleh mikrobia penambat nitrogen. Sedangkan kehilangan nitrogen dapat terjadi karena: (1) diabsorpsi tanaman, (2) volatilisasi, (3) pencucian, (4) erosi, dan (5) kehilangan bersama panen (Hanafiah, 2010). Salah satu upaya perbaikan kualitas tanah yang menurun dan untuk mempertahankan unsur hara tersedia dalam jangka waktu yang lama dalam tanah dapat ditempuh dengan melakukan pemupukan berimbang serta penggunaan bahan-bahan pembenah tanah seperti biochar.

Biochar merupakan arang hayati yang berasal dari pembakaran tidak sempurna (*pyrolysis*) bahan organik sisa-sisa hasil pertanian yang dapat meningkatkan kualitas tanah dan dapat digunakan sebagai salah satu alternatif untuk pengelolaan tanah (Gani, 2009). Pada dasarnya biochar berpotensi meningkatkan C-tanah secara berkelanjutan, retensi air dan hara dalam tanah. Gani (2009) menyatakan bahwa manfaat lain dari biochar adalah dapat menyimpan karbon secara stabil selama ribuan tahun dengan cara membenamkan ke dalam tanah.

Hasil penelitian Nisa (2010) menunjukkan bahwa tanah yang diberikan perlakuan biochar 10 ton ha⁻¹ dapat menaikkan nilai pH tanah dari kondisi awal 6,78 menjadi 7,40 atau naik 9,14%. Menurut Lehmann (2007) semua bahan

organik yang ditambahkan ke dalam tanah nyata meningkatkan berbagai fungsi tanah tak terkecuali retensi berbagai unsur hara esensial bagi pertumbuhan tanaman. Biochar lebih efektif menahan unsur hara untuk ketersediaannya bagi tanaman dibandingkan bahan organik lain.

Di Indonesia potensi penggunaan biochar cukup besar, mengingat bahan baku seperti kayu, tempurung kelapa, sekam padi, dan tanaman bakau cukup tersedia. Pembuatan arang cukup dikenal masyarakat Indonesia, namun belum dimanfaatkan sebagai pembenah tanah. Selama ini umumnya pembuatan arang (*charcoal*) dari limbah pertanian ditujukan untuk ekspor. Penggunaan bahan pembenah tanah berbahan baku sisa-sisa hasil pertanian yang sulit terdekomposisi merupakan salah satu alternatif yang dapat ditempuh untuk mempercepat peningkatan kualitas sifat fisik tanah dalam pemanfaatan lahan sebagai sumber pangan sehingga produksi tanaman dapat ditingkatkan (Lehmann, 2007).

Berbagai penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa aplikasi biochar mempunyai manfaat agronomis. Pada tanaman padi sawah khususnya di Indonesia, pengaruh biochar belum banyak dilaporkan, baik sebagai pembenah tanah maupun bagi pertumbuhan dan hasil tanaman. Untuk itu penelitian pemanfaatan biochar terhadap tanah sawah perlu dilakukan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh residu biochar musim tanam pertama dan dosis NPK terhadap dinamika nitrogen, sifat kimia dan hasil tanaman padi musim tanam ketiga.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di Desa Empetrieng Kecamatan Darul Kamal Kabupaten Aceh Besar tahun 2012 dengan menggunakan Rancangan Acak kelompok (RAK) factorial. Residu biochar sebagai faktor pertama terdiri dari 2 taraf ; tanpa residu biochar (B₀), residu biochar 10 ton ha⁻¹ (B₁). Faktor kedua adalah Pemupukan NPK diberikan 3 taraf ; tanpa pupuk NPK (F₀), 135 kg ha⁻¹ (F₁), 270 kg ha⁻¹ (F₂). Setiap kombinasi perlakuan di terapkan pada plot berukuran 5 m x 5 m, masing-masing dengan empat ulangan (kelompok).

Bibit padi di tanam setelah berumur 15 hari dengan jarak tanam 20 cm x 20 cm x 20 cm. NPK diberikan sekaligus setelah tanah siap diolah. Penambahan pupuk urea di berikan dua

kali pada 30 HST dan 45 HST masing-masing dengan dosis urea 85 kg ha⁻¹ (F1) dan 170 kg ha⁻¹ (F2).

Panen dilakukan ketika tanaman sudah masak fisiologis, yaitu setelah berumur ± 100 HST. Sampel pengamatan diambil pada bagian tengah petak sebagai plot netto. Hasil gabah dipanen, dibersihkan kemudian dikeringkan hingga bobotnya tetap (0,14 g H₂O⁻¹).

Variabel Pengamatan dan pengukurannya

Pengambilan contoh tanah dan analisis sifat kimia sebagai pengamatan akhir. Sampel komposit pada 104 HST diambil dari lapisan atas tanah (0-15 cm) dari tiap plot dikeringanginkan dan diayak (<2 mm). Analisis sifat tanah mencakup ; pH (H₂O), C-organik (Walkley-Black), N-Total(Kjeldahl), P tersedia (Bray 1), kapasitas tukar kation (ekstraksi NH₄OAc pH 7), K tersedia.

Dua belas tanaman per plot di ambil untuk pengamatan vegetatif yang meliputi: tinggi tanaman, jumlah anakan, dan pengamatan reproduktif yaitu : jumlah malai per rumpun(malai), jumlah gabah total per malai (butir), persentase gabah hampa per malai (%), persentase gabah berisi (%), bobot 1000 butir gabah (g) dan hasil per hektar (ton ha⁻¹). Analisis dinamika nitrogen pada contoh tanah di lakukan pada umur 7, 14, 28, 56, 84 HST yang di analisis N-total dan C-organik sedangkan pengambilan contoh tanaman dilakukan pada umur 14, 21,28 dan 45 HST yang di analisis N-total

Rancangan Analisis

Data pengamatan dianalisis statistik dengan uji F (ANOVA) mengun program SPSS . Apabila uji F menunjukkan pengaruh nyata pada taraf uji 5 %, maka dilanjutkan dengan uji *Beda Nyata Terkecil* .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Kimia Tanah

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa residu biochar dan dosis pupuk NPK berpengaruh tidak nyata terhadap C-organik dan pH tanah, namun berpengaruh nyata terhadap KTK. Dosis pupuk NPK berpengaruh nyata terhadap P-tersedia dan K-dd. Rata-rata

P-tersedia, K-dd, KTK tanah akibat pengaruh dapat dilihat pada Tabel 1 dan dan Tabel 2..

Tabel 1. Rata-rata KTK tanah akibat residu biochar pada musim tanam ke-3

Residu Biochar (t ha ⁻¹)	KTK (me 100 g ⁻¹)
0	43,57 b
10	39,10 a

Ket: Angka-angka yang diikuti huruf sama berbeda tidak nyata (BNT 0,05)

Tabel 2. Rata-rata P-av, K-dd, dan KTK pada akibat pemupukan NPK pada musim tanam ke-3

Dosis NPK (kg ha ⁻¹)	P- av (ppm)	K-dd	KTK
		(me 100g ⁻¹)	
0	4,69 a	0,22 a	43,35 b
135	6,77 b	0,26 b	40,60 a
270	7,58 b	0,25 b	40,05 a

Ket: Angka-angka yang diikuti huruf sama dalam kolom yang sama berbeda tidak nyata (BNT 0,05)

Adanya residu biochar dalam tanah dapat mempertahankan rata-rata nilai P-tersedia di bandingkan yang tanpa residu biochar hal ini sesuai menurut Samira (2012) yaitu rata-rata nilai P-tersedia tanah pada akhir penelitian dengan perlakuan tanpa residu biochar lebih rendah dibandingkan P-tersedia tanah pada awal penelitian untuk semua perlakuan pupuk NPK.

Pemberian NPK dan residu biochar dapat merubah sifat kimia tanah dengan meningkatnya kadar K-tersedia, KTK dan pH tanah , terutama pada kombinasi perlakuan residu biochar 10 ton ha⁻¹ dan urea 135 kg ha⁻¹ mampu menghasilkan nilai K-tersedia tertinggi yaitu 0,27 me 100g tanah⁻¹ . Namun nilai K – tersedia juga menurunkan dari kondisi awal penelitian yaitu 0,36 me 100g tanah⁻¹ menjadi 0,22 me 100g tanah⁻¹ atau menurun sebesar 38,89 %. pada residu biochar. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Purnomo (2008) Pemberian NPK Majemuk tidak meningkatkan kadar Kdd dan K-HCl 25%. Berbeda dengan karakteristik P, kalium adalah mobil dalam tanah, K dapat hilang melalui pencucian atau hilang bersama air irigasi.

Nilai rata-rata KTK pada perlakuan tanpa pupuk NPK dengan residu biochar 10 ton ha⁻¹ meningkatkan KTK dari kondisi awal

penelitian yaitu 39,92 me 100g tanah⁻¹ menjadi 40,60 me 100g tanah⁻¹ atau meningkat sebesar 1,67%. Menurut Steiner *et al.* (2007) biochar sebagai bahan pembenah tanah memiliki sifat rekalsitran, lebih tahan terhadap oksidasi dan lebih stabil dalam tanah sehingga memiliki pengaruh jangka panjang terhadap perbaikan kualitas kesuburan tanah (C-organik tanah dan KTK). Biochar mempunyai waktu tinggal dalam tanah cukup lama, sehingga penggunaan biochar sebagai pembenah tanah selain memperbaiki sifat fisiko-kimia tanah juga dapat merupakan penyimpan karbon yang baik. Pengkayaan tanah akan karbon melalui penambahan biochar berpengaruh positif terhadap sifat tanah antara lain stabilitas agregat tanah, KTK tanah, kandungan C-organik tanah, retensi air dan hara.

Pertumbuhan Padi

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa residu biochar berpengaruh tidak nyata terhadap tinggi tanaman padi serta jumlah anakan. Namun pupuk KCl memperlihatkan pengaruh nyata pada kedua variabel respon tersebut. Rata-rata tinggi tanaman padi 45 dan 90 HST ditampilkan pada Tabel 3 dan 4

Tabel 3. Rata-rata tinggi tanaman pada MT-3 akibat pupuk NPK

Dosis NPK (kg ha ⁻¹)	Tinggi Tanaman (cm)	
	45 HST	90 HST
0	62,80 a	82,69 a
135	67,89 b	89,09 b
270	68,53 b	90,49 b

Ket: Angka-angka yang diikuti huruf sama dalam satu kolom berbeda tidak nyata (BNT 0,05)

Dari Tabel 3 terlihat tanaman cenderung lebih tinggi dan juga mempunyai anakan yang lebih banyak pada residu biochar 10 ton ha⁻¹ pada setiap waktu pengamatan dengan nilai yang sangat variasi, hal ini karena tinggi tanaman setiap periode pertumbuhan akan berbeda-beda karena dipengaruhi faktor lingkungan dan juga faktor genetik, akan tetapi tinggi tanaman padi umumnya akan semakin tinggi dengan bertambahnya umur tanaman. Peranan unsur N dalam tanaman yang terpenting adalah sebagai penyusun atau sebagai bahan dasar protein dan pembentukan khlorofil karena itu N mempunyai fungsi membuat bagian-bagian tanaman menjadi lebih

hijau, banyak mengandung butir-butir hijau dan yang terpenting dalam proses fotosintesis, mempercepat pertumbuhan tanaman yang dalam hal ini menambah tinggi tanaman dan jumlah anakan, menambah ukuran daun dan besar gabah serta memperbaiki kualitas tanaman dan gabah, menambah kadar protein beras, meningkatkan jumlah gabah dan persentase jumlah gabah isi, menyediakan bahan makanan bagi mikrobial (jasa d-jasad renik yang bekerja menghancurkan bahan-bahan organik di dalam tanah) (Dobermann and Fairhurst, 2000).

Tabel 3. Rata-rata jumlah anakan pada musim tanam ke-3 akibat residu pupuk NPK

Dosis NPK (kg ha ⁻¹)	Jumlah Anakan		
	28 HST	35 HST	45 HST
0	6,50 a	8,90 a	12,55 a
135	6,30 a	9,13 a	13,39 a
270	7,48 b	11,86 b	17,24 b

Ket: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama dalam satu kolom tidak berbeda nyata menurut uji BNT 0,05.

Hasil Padi

Data analisis ragam memperlihatkan bahwa residu biochar berpengaruh nyata terhadap gabah total per malai dan hasil per ha. Rata-rata gabah total per malai serta hasil per ha diujikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata-rata gabah total dan hasil padi akibat pengaruh residu biochar pada musim tanam ke-3

Residu biochar (t ha ⁻¹)	Gabah total (butir malai ⁻¹)	Hasil (t ha ⁻¹)
0	101,01 a	5,45 a
10	112,67 b	6,07 b

Ket: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama dalam satu kolom berbeda tidak nyata (Uji BNT 0,05)

Dari Tabel 5 terlihat pada residu biochar 10 ton ha⁻¹ masih mampu memberikan potensi hasil yang lebih baik di bandingkan tanpa residu biochar, hal ini di duga karena di lahan yang mengandung biochar unsur hara di lepaskan secara perlahan sehingga dapat di gunakan secara optimal oleh tanaman padi serta tidak mudah hilang. Hal ini sesuai menurut pendapat Leiwakabessy dan Sutandi (2004)

bahwa unsur hara yang mempunyai peranan penting terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman padi yaitu N, P, dan K. Kandungan N pada pupuk urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) sebanyak 46 %. Urea dapat langsung dimanfaatkan tanaman, tetapi umumnya di dalam tanah akan diubah menjadi ammonium dan nitrat melalui proses amonifikasi dan nitrifikasi oleh bakteri tanah.

Sedangkan pupuk NPK menunjukkan pengaruh nyata terhadap jumlah malai per rumpun persentase gabah hampa dan gabah isi per malai serta hasil padi dengan nilai rerata dapat dilihat dalam Tabel 6 dan 7.

Tabel 6. Rata-rata jumlah malai dan gabah hampa akibat pupuk KCL pada musim tanam ke-3

Pupuk KCl (t ha^{-1})	malai per rumpun	Gabah hampa per malai (%)
0	8,83 a	23,44 a
135	10,66 b	21,39 a
270	13,46 b	27,72 b

Ket: Angka-angka yang diikuti huruf sama dalam satu kolom berbeda tidak nyata (Uji BNT 0,05)

Tabel 7. Rata-rata gabah berisi per malai, dan hasil per Hektar akibat pengaruh pupuk NPK pada musim tanam ke-3

Pupuk KCl (t ha^{-1})	Gabah berisi per malai (g)	Hasil (t ha^{-1})
0	76,57 a	4,80 a
135	78,62 b	6,05 b
270	72,28 a	6,44 b

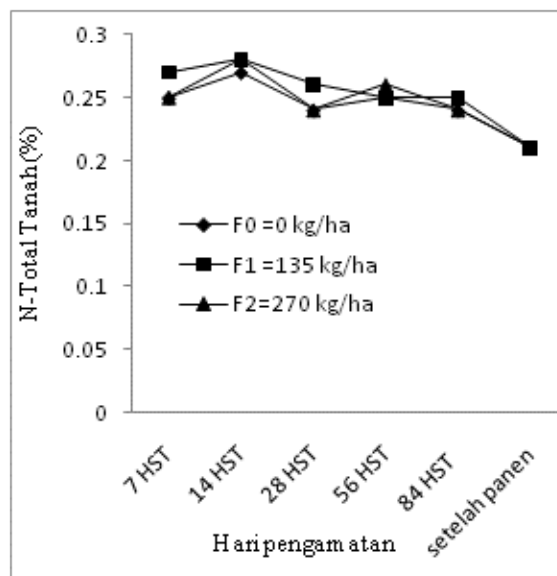
Ket: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama dalam satu kolom tidak berbeda nyata menurut uji BNT 0,05.

Dinamika Nitrogen

Pengaruh residu biochar dan dosis pupuk NPK terhadap N-Total tanah pada 7 HST, 14 HST, 28 HST, 56 HST, 84 HST dan setelah panen, N- Total tanaman pada pada 14 HST, 21 HST, 28 HST dan 45 HST dapat dilihat pada Gambar 1 dan Table 8.

Dari Tabel 5, 6 dan 7 terlihat bahwa nilai N-Total pada tanah dan tanaman di setiap waktu pengamatan menunjukkan nilai yang tidak terlalu berbeda pada residu biochar 10 ton ha^{-1} dan tanpa residu biochar dan pemupukan NPK. Nilai N- total pada tanaman cenderung lebih stabil tidak mengalami naik turun dibandingkan N-total pada tanah pada setiap periode pengamatan. Hal ini di duga karena

nitrogen pada tanah sawah mengalami proses denitrifikasi dan juga pencucian selain itu curah hujan, evapotranspirasi dan tekstur tanah berperan dalam menentukan lama tidaknya nitrat di dalam tanah dalam kondisi dapat dimanfaatkan oleh tanaman (Vermoesen *et al*, 1993)



Gambar 1. Dinamika N tanah akibat residu biochar dan KCL pada musim tanam ke-3

Tabel 6. Rata-rata N tanaman akibat residu biochar dan dosis pupuk NPK pada musim tanam ke-3 pada umur 21 HST

Perlakuan	N Tanaman (%)
Tanpa Residu Biochar	2,78 b
Residu Biochar 10 ton ha^{-1}	2,58 a

Ket: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 0,05.

Hasil penelitian Widodo *et al* (2002) menunjukkan bahwa pengaruh paraquat dan kelengasan terhadap dinamika nitrogen pada vertisol menghasilkan kadar N-Total pada tingkat harkat sangat rendah yaitu 0,12% kehilangan nitrogen yang banyak salah satunya di sebabkan intensitas penanaman padi sawah yang nantinya akan terangkut bersama panen, pencucian dan penguapan, karena nitrogen termasuk unsur yang mobil di dalam tanah

SIMPULAN

Residu biochar musim tanam pertama dan pemupukan NPK dapat mempengaruhi dinamika nitrogen, sifat kimia dan hasil tanaman padi musim tanam ketiga yang berpengaruh nyata pada N total tanah pada 28 HST dan N total tanaman pada 21 HST, nilai KTK tanah, jumlah gabah total per malai, hasil per hektar. Residu biochar pada MT-3 masih terlihat pengaruhnya di dalam tanah dan juga produksi padi sawah, namun diperlukan penambahan biochar kembali untuk menghasilkan produksi yang optimal, produksi padi tertinggi di hasilkan pada perlakuan residu biochar 10 ton ha⁻¹ yaitu rata-rata 6.07 ton ha⁻¹. Ada Interaksi antara residu biochar musim tanam pertama dan dosis pupuk NPK yang berpengaruh terhadap sifat kimia tanah, dinamika nitrogen dan hasil tanaman padi sawah musim tanam ketiga pada N-Total tanaman 45 HST. Kombinasi perlakuan residu biochar 10 ton ha⁻¹ dan pupuk NPK 135 kg ha⁻¹ memberikan hasil terbaik berdasarkan beberapa peubah yang diamati.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) NAD. 2007. Laporan Akhir Kegiatan Primatani Padi Sawah di Kabupaten Aceh Besar, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian NAD. p. 1-30.
- Dobermann, A. dan T. Fairhurst. 2000. Nutrient Disorders and Nutrient Management. Tham Sin Chee.
- Gani, A. 2009. Iptek Tanaman Pangan (ISSN 1907-4263) Vol.4 No.1, Juli 2009. p. 33-48.
- Hanafiah, K.A. 2010. Dasar-dasar Ilmu Tanah. Rajawali Pers, Jakarta.
- Lehmann, J. 2007. Bioenergy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: p. 381-387
- Leiwakabessy, F.M. dan A. Sutandi. 2004. Diktat kuliah Pupuk dan Pemupukan. Jurusan tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor. 208 hal.
- Nisa, K. 2010. Pengaruh Pemupukan NPK Dan Biochar Terhadap Sifat Kimia tanah, serapan Hara, Dan Hasil Tanaman Padi sawah. Thesis. Universitas Syiah kuala. Banda Aceh.
- Purnomo, J. 2008. Pengaruh Pupuk NPK Majemuk terhadap Hasil Padi Varietas Ciherang dan Sifat Kimia Tanah Inceptisol Bogor. Prosiding Seminar Nasional dan Dialog Sumberdaya Lahan Pertanian. Balittanah. Bogor
- Samira, D. 2012. Pengaruh Pemupukan NPK dan Residu Biochar Terhadap Sifat Kimia Tanah, Kandungan Hara, dan Hasil Tanaman Padi Sawah (*oryza sativa* L.) Musim Tanam II. Thesis. Universitas Syiah kuala. Banda Aceh.
- Sulaeman, Suparto, dan Eviati. 2005. Analisis Kimia Tanaman, Air dan Pupuk. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian Bogor.
- Steiner, C (2007). Soil Charcoal Amendments Maintain Soil Fertility and Establish Carbon Sink- Research and Prospects. *Soil Ecology Res Dev*: p. 1-6.
- Vermoesen, A., O. Van Cleemput, and G. Hofman. 1993. Nitrogen Loss Processes: Mechanisms and Importance. *Pedologie*. XLIII-3. Faculty Agricultural and Applied Biological Sciences. University of Ghent. Belgium.
- Widodo, R.A., E. Martani, R. Sutanto. 2002. Pengaruh Paraquat dan Kelengasan Terhadap Dinamika Nitrogen Pada Vertisol. Abstrak, *Agrosains*, 15(2).