

PENGARUH PENAMBAHAN KOMBINASI SERBUK GERGAJI DAN BIOCHAR DARI LIMBAH CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP N-total, NH₄⁺ dan KTK PADA TANAH ULTISOL

COMBINED EFFECT OF SAWDUST AND BIOCHAR FROM OIL PALM SHELL TO N-total, NH₄⁺ AND CEC IN ULTISOL SOIL

Fandi Kurniawan^{1*}, Rd. Indah Nirtha NPPS² dan Bambang Joko Priatmadi³

1. Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, ULM

2. Dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, ULM

3. Dosen Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, ULM

Jl. A. Yani Km. 36, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714, Indonesia

**E-mail: fandi743@gmail.com*

ABSTRAK

Ultisol merupakan salah satu jenis tanah di Indonesia yang mempunyai sebaran luas, tekstur tanah ini umumnya didominasi oleh mineral kaolinit yang tidak banyak memberikan kontribusi pada kapasitas tukar kation tanah sehingga kapasitas tukar kation hanya bergantung pada kandungan bahan organik dan fraksi liat. Bahan organik dan teknologi biochar salah satu teknologi dapat berpengaruh terhadap perubahan sifat-sifat tanah. Penelitian ini bertujuan untuk Menganalisis pengaruh penambahan kombinasi serbuk gergaji dan biochar cangkang kelapa sawit dalam perbaikan ketersediaan unsur N-total, NH₄⁺ dan KTK. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan: tanpa penambahan apapun, cangkang kelapa sawit dan serbuk gergaji, biochar dan serbuk gergaji, biochar, cangkang kelapa sawit, serbuk gergaji dengan waktu inkubasi selama 15 hari dan pengulangan sebanyak 3 kali. Berdasarkan dari hasil penelitian, penambahan biochar dari cangkang kelapa sawit dan serbuk gergaji berpengaruh nyata terhadap N-total, NH₄⁺ dan KTK , begitu pula dengan penambahan cangkang kelapa sawit dan serbuk gergaji.

Kata kunci: Tanah ultisol, *Biochar*, Serbuk gergaji, Cangkang kelapa sawit

ABSTRACT

Ultisol is one type of soil in Indonesia that has a wide spread, soil texture is generally dominated by kaolinite minerals that do not contribute much to the soil cation exchange capacity so that the cation exchange capacity depends only on the content of organic matter and clay fraction. Organic materials and technology biochar one technology can influence the change of soil properties. This study aimed to analyze the effect of a combination of sawdust and oil palm shell biochar in improving the availability of N-total, NH₄⁺ dan KTK . This study uses a completely randomized design (CRD) with 6 treatments: without any additions, oil palm shell and sawdust, biochar and sawdust, biochar, oil palm shell, sawdust with a time of incubation for 15 days and repeated 3 times. Based on the results of research, addition of biochar from oil palm shell and sawdust had a significant effect on N-total, NH₄⁺ and CEC, as well as the addition of oil palm shell and sawdust.

Keywords: *Ultisol Soil, Biochar, Sawdust, Oil palm shell*

1. PENDAHULUAN

Ultisol merupakan salah satu jenis tanah di Indonesia yang mempunyai sebaran luas, mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari total luas daratan Indonesia. Sebaran terluas terdapat di Kalimantan (21.938.000 ha), diikuti di Sumatera (9.469.000 ha), Maluku dan Papua (8.859.000 ha), Sulawesi (4.303.000 ha), Jawa (1.172.000 ha), dan Nusa Tenggara (53.000 ha). Tanah ini dapat dijumpai pada berbagai relief, mulai dari datar hingga bergunung. Ultisol dibentuk oleh proses pelapukan dan pembentukan tanah yang sangat intensif karena berlangsung dalam lingkungan iklim tropika dan subtropika yang bersuhu panas dan bercurah hujan tinggi. Tanah Ultisol beriklim basah didominasi oleh bahan induk yang miskin unsur hara (Subagyo, dkk, 2000).

Tekstur tanah ini umumnya didominasi oleh mineral kaolinit yang tidak banyak memberikan kontribusi pada kapasitas tukar kation tanah sehingga kapasitas tukar kation hanya bergantung pada kandungan bahan organik dan fraksi liat. Oleh karena itu, peningkatan produktivitas tanah Ultisol dapat dilakukan melalui perbaikan tanah (ameliorasi), pemupukan, dan pemberian bahan organik. Bahan organik akan meningkatkan kesuburan tanah, baik secara fisik, kimia maupun dari segi biologis tanah. Bahan organik banyak menyumbangkan/ membebaskan unsur hara N, P, K, Ca, Mg, serta meningkatkan ketersediaan hara lainnya bagi tanaman. Keberadaan bahan organik sekaligus meningkatkan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah sekaligus mengeluarkan asam humik, fulfik, karboksil, fenol dan asam-asam organik lainnya yang dapat bereaksi dengan logam Al, Fe dan Mn sehingga hara dapat tersedia bagi tanaman. Menurut Sudjana (2004) teknologi biochar dapat meningkatkan beberapa senyawa seperti C-organik, N-total dan beberapa sifat kimia tanah salah satunya dapat meningkatkan pH.

Penambahan limbah serbuk gergaji, penggunaan bahan dari limbah bertujuan untuk mengurangi timbulan-timbulan limbah yang dihasilkan dari sector pengolahan kayu. Pada limbah serbuk gergaji memiliki kadar Karbon 50 %, Hidrogen 6 %, Nitrogen 0,04 %, - 0,10 %, Abu 0,20 – 0,50 %, dan sisanya adalah oksigen (Nurida dkk., 2010). Bahan organik yang digunakan pada penelitian ini adalah cangkang kelapa sawit dari perkebunan kelapa sawit yang akan dijadikan biochar dan limbah serbuk gergaji yang dihasilkan dari sector pengolahan kayu. Mengurangi timbulan limbah padat cangkang kelapa sawit dan limbah dari sector pengolahan kayu, maka dilakukan pemanfaatan limbah cangkang kelapa sawit dan limbah serbuk gergaji untuk memperbaiki sifat kimia tanah yaitu unsur nitrogen pada bahan tanah ultisol.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Pegambilan sampel bahan tanah ultisol di Jl. Aneka Tambang, Cempaka dan limbah cangkang kelapa sawit di PTPN XIII Pelaihari, Kalimantan Selatan. Sedangkan lokasi pengambilan limbah serbuk gergaji di Intansari, Banjarbaru. Proses inkubasi bahan tanah sendiri dilakukan di rumah pribadi yang kemudian sampel tanah tersebut diteliti di Laboratorium Fisika, Kimia dan Biologi Tanah Fakultas Pertanian UNLAM Banjarbaru.

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah : Alat pembakar biochar, bak reaktor, alat penghalus, saringan, wadah tempat menampung biochar, kertas label, plastik, alat tulis, timbangan dan kamera untuk dokumentasi. Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah : bahan tanah ultisol, cangkang kelapa sawit (sebagai bahan dasar biochar) dan serbuk gergaji.

2.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan lingkungan dengan rancangan acak lengkap faktorial yang terdiri dari 6 perlakuan dan 3 kali pengulangan, sehingga pada penelitian ini terdapat 18 satuan percobaan. Bak reaktor yang digunakan berukuran diameter 30 cm dengan tinggi 20 cm dan dengan berat bahan tanah sebanyak 90 Kg. Parameter yang diuji pada penelitian ini yaitu nitrogen total, N-NH4+, KTK dan pH tanah denga waktu inkubasi 15 hari.

Tabel 2. 1 Perlakuan Kombinasi Pada Tanah Ultisol

No.	Perlakuan Kombinasi Pada Tanah Ultisol
1.	Bahan Tanah Ultisol (Kontrol)
2.	Bahan Tanah ditambahkan Cangkang Kelapa Sawit dan Serbuk Gergaji
3.	Bahan Tanah ditambahkan <i>Biochar</i> Cangkang Kelapa Sawit dan Serbuk Gergaji
4.	Bahan Tanah ditambahkan <i>Biochar</i> Cangkang Kelapa Sawit
5.	Bahan Tanah ditambahkan Cangkang Kelapa Sawit
6.	Bahan Tanah ditambahkan Serbuk Gergaji

Hasil penelitian dianalisa dengan uji analysis of variance (ANOVA). Apabila hasil analisa ragam menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata atau signifikan, maka dilanjutkan dengan uji Least Significant Differences (LSD) 5%.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Penambahan Kombinasi Serbuk Gergaji dan Biochar Dari Limbah Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Sifat Kimia Tanah Ultisol

3.1.1 Kandungan pH

Pengaruh pemberian *biochar* dari cangkang kelapa sawit dan serbuk gergaji terhadap pH tanah ultisol dapat disajikan pada Tabel 3.1 berikut :

Tabel 3. 1 Nilai pH Tanah pada Berbagai perlakuan

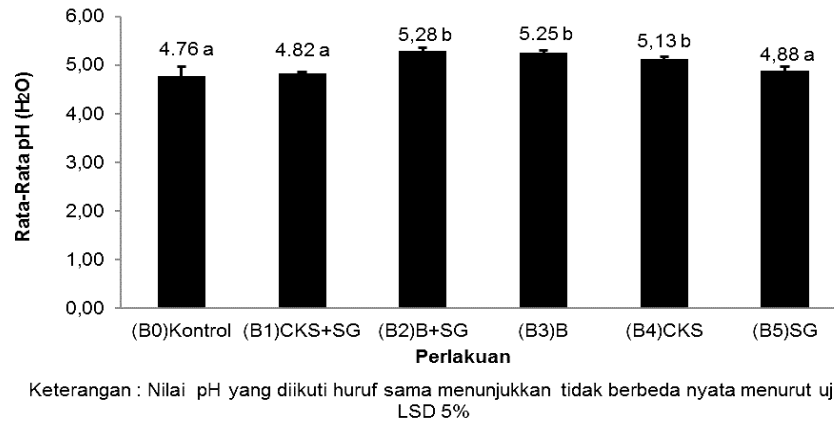
No.	Perlakuan	Ulangan			Rata-rata pH
		1	2	3	
1	Kontrol	4,56	4,76	4,97	4,76
2	CKS + SG	4,85	4,79	4,83	4,82
3	B + SG	5,21	5,29	5,35	5,28
4	B	5,29	5,21	5,25	5,25
5	CKS	5,11	5,10	5,17	5,13
6	`SG	4,89	4,88	4,87	4,88

Keterangan :

CKS = Cangkang Kelapa Sawit , SG = Serbuk Gergaji, B = *Biochar*

Hasil penelitian pada Tabel 3.1 menunjukkan sebelum perlakuan nilai pH tanah tergolong masam dengan rata-rata 4,76. Nilai pH tersebut sesuai dengan pendapat Latuponu (2011) menyatakan bahwa tanah ultisol memiliki pH golongan masam. Kemudian setelah pemberian cangkang kelapa sawit dan serbuk gergaji rata-rata pH tanah sebesar 4,82 kemudian biochar dan serbuk gergaji rata-rata pH tanah sebesar 5,28, setelah pemberian biochar rata-rata pH tanah sebesar 5,25 kemudian setelah pemberian cangkang kelapa sawit rata-rata pH sebesar 5,13 dan setelah penambahan serbuk gergaji rata-rata pH sebesar 4,88. Dari semua perlakuan diatas nilai rata-rata pH tertinggi berada pada saat ditambahkan biochar dan serbuk gergaji yaitu sebesar 5,28.

Berdasarkan uji F bahwa setelah adanya perlakuan menunjukkan berpengaruh secara nyata terhadap perubahan nilai pH tanah ultisol. Pada perlakuan kontrol pH tanah sebesar 4,76. Kemudian setelah perlakuan terjadi peningkatan berkisar 4,82 – 5,28. Perubahan nilai pH tanah dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 pH Tanah pada Berbagai Perlakuan

Berdasarkan hasil Uji LSD 5% menunjukkan peningkatan pH setelah adanya perlakuan. Perlakuan pertama atau kontrol (B0) bila dibandingkan dengan perlakuan ketiga, keempat dan kelima (B2, B3, B4) memberikan perbedaan nyata. Namun pada perlakuan kedua dan kelima (B1-B5) dibandingkan dengan kontrol (B0) tidak berbeda nyata. Perlakuan ketiga dan keempat (B2-B3) terjadi peningkatan pH tanah sebesar 5,28 - 5,25 lihat (Gambar 4.1) hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya Endriani dkk (2013) bahwa peningkatan pH tanah masam berhubungan dengan penambahan biochar, dikarenakan biochar yang diberikan ke dalam tanah memiliki pH biochar mendekati netral yaitu 6,71 dengan demikian pH tanah sulfat masam juga terjadi peningkatan. Nilai pH tanah yang meningkat dapat menambah unsur hara tanah dan merupakan kontribusi paling penting dalam hal perbaikan kualitas tanah. Perlakuan kedua dan keenam (B1 dan B5) terjadi penurunan pH tanah sebesar 4,82-4,88, Menurut Irawan (2016) penambahan bahan organik dapat meningkatkan atau malah menurunkan pH tanah tergantung pada jenis tanah dan kelebihan jumlah asam-asam organik.

3.1.2 Kandungan KTK (Kapasitas Tukar Kation)

Pengaruh pemberian *biochar* dari cangkang kelapa sawit dan serbuk gergaji terhadap KTK tanah ultisol dapat disajikan pada Tabel 3.2 berikut :

Tabel 3. 2 Nilai KTK Tanah pada Berbagai perlakuan

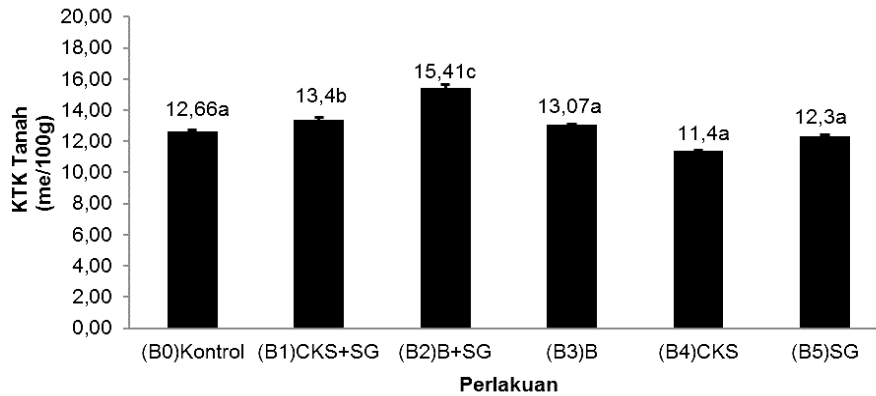
No.	Perlakuan	Ulangan (me/100g)			Rata-rata KTK (me/100g)
		1	2	3	
1	Kontrol	12,39	12,66	12,93	12,66
2	CKS + SG	12,41	14,39	13,40	13,40
3	B + SG	17,34	15,40	13,49	15,41
4	B	12,93	13,07	13,22	13,07
5	CKS	11,80	11,33	11,06	11,40
6	\`SG	11,65	12,12	13,23	12,33

Hasil penelitian pada Tabel 3.2 menunjukkan sebelum perlakuan nilai KTK tanah tergolong rendah dengan rata-rata 12,66 me/100g. Menurut Standar Pusat Penelitian Tanah (1983) yang menyatakan bahwa nilai KTK <5 maka bisa dikatakan kandungannya sangat rendah, dan apabila kandungannya 5 sampai 16 maka KTK tergolong rendah kemudian jika nilainya >25 maka tanah tersebut memiliki kandungan KTK tinggi. Kemudian setelah penambahan cangkang kelapa sawit dan serbuk gergaji rata-rata KTK sebesar 13,40 me/100g, penambahan *biochar* dan serbuk gergaji rata-rata KTK sebesar 15,41 me/100g, penambahan *biochar* diperoleh rata-rata KTK sebesar 13,07 me/100g kemudian penambahan cangkang kelapa sawit diperoleh rata-rata KTK sebesar 11,40 me/100g dan penambahan serbuk gergaji diperoleh rata-rata KTK sebesar 12,33 me/100g. Dari berbagai perlakuan diatas diperoleh nilai rata-rata KTK tertinggi pada saat diberikan penambahan *biochar* dan serbuk gergaji yaitu sebesar 15,41 me/100g.

Berdasarkan uji F bahwa setelah perlakuan menunjukkan adanya pengaruh secara nyata terhadap perubahan nilai KTK tanah ultisol. Pada perlakuan kontrol KTK tanah sebesar 12,66 me/100g. Kemudian setelah perlakuan terjadi peningkatan berkisar 13,40 me/100g – 15,41 me/100g. Perubahan nilai KTK tanah dapat dilihat pada Gambar 3.2.

Berdasarkan hasil Uji LSD 5% menunjukkan peningkatan KTK setelah adanya perlakuan. Perlakuan pertama atau kontrol (B0) bila dibandingkan dengan perlakuan kedua dan ketiga (B1 dan B2) memberikan perbedaan nyata. Berdasarkan penelitian Lisa (2015) semakin banyak penambahan *biochar* maka dapat meningkatkan kandungan kation pada tanah ultisol. Sehingga pada penambahan *biochar* dan serbuk gergaji mampu meningkatkan kation tanah menjadi 15,41 me/100g, namun nilai tersebut masih tergolong rendah sehingga diperlukan dosis *biochar* yang lebih banyak untuk meningkatkan KTK tanah ultisol. Namun pada perlakuan keempat, kelima dan keenam (B3, B4 dan B5) dibandingkan dengan kontrol (B0) tidak berbeda nyata. Hal ini dikarenakan pada perlakuan ini

tidak ada nya penambahan biochar sehingga tidak dapat meningkatkan kation secara signifikan.



Gambar 3. 2 KTK Tanah pada berbagai perlakuan

Keterangan : Nilai KTK yang diikuti huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji LSD 5%

3.1.3 Kandungan NH₄⁺

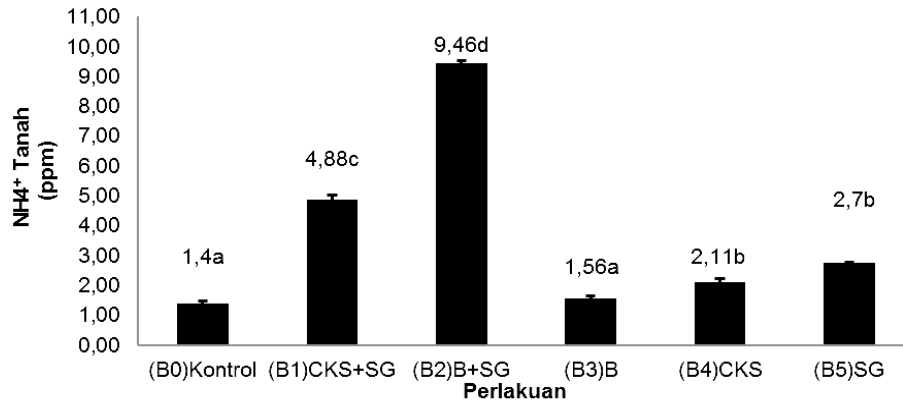
Pengaruh pemberian *biochar* dari cangkang kelapa sawit dan serbuk gergaji terhadap NH₄⁺ tanah ultisol dapat disajikan pada Tabel 3.3 berikut :

Tabel 3. 3 Nilai NH₄⁺ Tanah pada Berbagai perlakuan

No.	Perlakuan	Ulangan (ppm)			Rata-rata NH ₄ ⁺ (ppm)
		1	2	3	
1	Kontrol	1,12	1,50	1,57	1,40
2	CKS + SG	4,23	5,54	4,88	4,88
3	B + SG	9,46	9,82	9,10	9,46
4	B	1,58	1,84	1,26	1,56
5	CKS	2,11	1,74	2,48	2,11
6	`SG	2,65	2,74	2,84	2,74

Hasil penelitian pada Tabel 3.3 menunjukkan sebelum perlakuan nilai rata-rata NH₄⁺ sebesar 1,40 ppm. Kemudian setelah penambahan cangkang kelapa sawit dan serbuk gergaji rata-rata NH₄⁺ sebesar 4,88 ppm, penambahan biochar dan serbuk gergaji rata-rata NH₄⁺ sebesar 9,46 ppm, penambahan biochar diperoleh rata-rata NH₄⁺ sebesar 1,56 ppm kemudian penambahan cangkang kelapa sawit diperoleh rata-rata NH₄⁺ sebesar 2,11 ppm dan penambahan serbuk gergaji diperoleh rata-rata NH₄⁺ sebesar 2,74 ppm. Dari berbagai perlakuan diatas diperoleh nilai rata-rata NH₄⁺ tertinggi pada saat diberikan penambahan biochar dan serbuk gergaji yaitu sebesar 9,46 ppm.

Berdasarkan uji F bahwa setelah perlakuan menunjukkan adanya pengaruh secara nyata terhadap perubahan nilai NH_4^+ tanah ultisol. Pada perlakuan kontrol NH_4^+ tanah sebesar 1,40 ppm. Kemudian setelah perlakuan terjadi peningkatan berkisar 1,56 ppm – 9,46 ppm. Perubahan nilai NH_4^+ tanah dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Keterangan : Nilai NH₄ yang diikuti huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji LSD 5%

Gambar 3.3 Kandungan NH_4^+ pada berbagai perlakuan

Berdasarkan hasil Uji LSD 5% menunjukkan peningkatan NH_4^+ setelah adanya perlakuan. Perlakuan pertama atau kontrol (B0) bila dibandingkan dengan perlakuan kedua, ketiga, kelima dan keenam (B1, B2, B4 dan B5) memberikan perbedaan nyata. Pada setiap perlakuan dapat meningkatkan N- NH_4^+ dengan penambahan bahan organik dapat terjadi proses mineralisasi yang membuat mikroorganisasi merubah bahan organik menjadi mineral –N. Namun pada perlakuan keempat (B3) bila dibandingkan dengan kontrol (B0) tidak berbeda nyata. Menurut Tillman dan Scotcs (1991) pergerakan N- NH_4^+ dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti besarnya hidrolisis urea (seperti air tanah) dan faktor penentu nitrifikasi (seperti pH, air tanah, aktifitas bakteri nitrifikasi).

3.1.4 Kandungan N-total

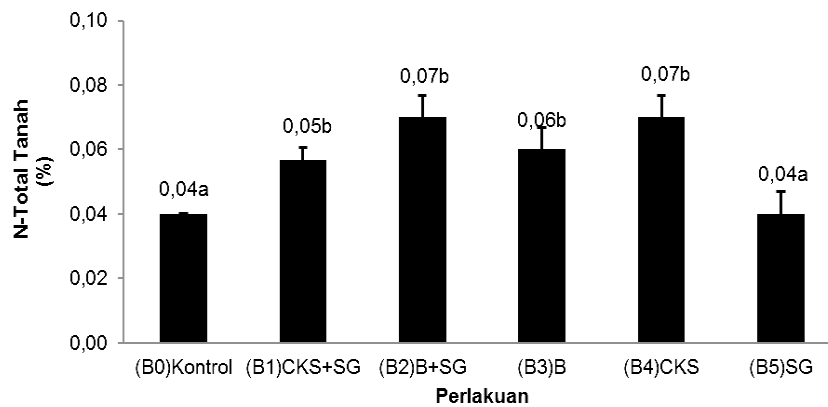
Pengaruh pemberian *biochar* dari cangkang kelapa sawit dan serbuk gergaji terhadap N-total tanah ultisol dapat disajikan pada Tabel 3.4 berikut :

Tabel 3.4 Nilai N-total Tanah pada Berbagai perlakuan

No.	Perlakuan	Ulangan (%)			Rata-rata N-total (%)
		1	2	3	
1	Kontrol	0,04	0,04	0,04	0,04
2	CKS + SG	0,06	0,06	0,05	0,06
3	B + SG	0,06	0,07	0,08	0,07
4	B	0,05	0,07	0,06	0,06
5	CKS	0,06	0,07	0,08	0,07
6	SG	0,03	0,04	0,05	0,04

Hasil penelitian pada Tabel 4.4 menunjukkan sebelum perlakuan nilai rata-rata N-total sebesar 0,04%. Kemudian setelah penambahan cangkang kelapa sawit dan serbuk gergaji rata-rata N-total sebesar 0,06%, penambahan biochar dan serbuk gergaji rata-rata N-total sebesar 0,07%, penambahan biochar diperoleh rata-rata N-total sebesar 0,06% kemudian penambahan cangkang kelapa sawit diperoleh rata-rata N-total sebesar 0,07% dan penambahan serbuk gergaji diperoleh rata-rata N-total sebesar 0,07%.

Berdasarkan uji F bahwa setelah perlakuan menunjukkan adanya pengaruh secara nyata terhadap perubahan nilai N-total tanah ultisol. Pada perlakuan kontrol N-total tanah sebesar 0,04%. Kemudian setelah perlakuan terjadi peningkatan berkisar 0,05% – 0,07%. Perubahan nilai NH_4^+ tanah dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Keterangan : Nilai pH yang diikuti huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji LSD 5%

Gambar 3. 4 N-total pada berbagai perlakuan

Berdasarkan hasil Uji LSD 5% menunjukkan peningkatan N-total setelah adanya perlakuan. Perlakuan pertama atau kontrol (B0) bila dibandingkan dengan perlakuan kedua, ketiga, keempat dan kelima (B1, B2, B3 dan B4) memberikan perbedaan nyata. Pada perlakuan keenam (B5) bila dibandingkan dengan kontrol (B0) tidak berbeda nyata. Dari perlakuan diatas memang terjadi perbedaan nyata tetapi nilai nya tidak signifikan, menurut Hardjowigeno (2003) hal ini dapat disebabkan Nitrogen organik yang dibenamkan kedalam tanah merupakan N organik yang bentuk kimianya tidak dapat diserap begitu saja atau memerlukan waktu yang lebih lama lagi untuk diserap tanah ultisol.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Hasil penelitian menyimpulkan sebagai berikut :

1. Penambahan cangkang kelapa sawit dan serbuk gergaji memiliki pengaruh terhadap perbaikan hara N-total, NH_4^+ , dan KTK.
2. Penambahan biochar limbah cangkang kelapa sawit serta serbuk gergaji memiliki pengaruh terhadap perbaikan hara N-total, NH_4^+ , dan KTK.

4.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini sebaiknya melakukan penambahan bahan organik atau pemupukkan untuk meningkatkan hara tanah ultisol. Untuk penelitian selanjutnya dilakukan parameter faktor lingkungan seperti temperatur.

DAFTAR RUJUKAN

- Aspacasri. 2013. Artikel Cangkang Sawit. <http://aspacasri.org/artikel/cangkangsawit>, diakses tanggal 1 November 2016
- Bakkara, Lenaria. 2014. Pemanfaatan Pohon Kelapa Sawit. <http://www.academia.edu/4395654/8291PB>, diakses tanggal 25 Oktober 2016
- Blanco-Canqui, H. and R. Lal. 2004. Mechanisms of carbon sequestration in soil aggregates. *Jurnal Critical Reviews in Plant Sciences*. ISSN 1549-7836. Vol 23 No 6, Hal 481-504. The Ohio State University, USA.
- Cristoper, H dan Marteen. 2008. Gasification : Second Edition. UK : Elsevier
- Fitrianty, L. 2015. Pengaruh Dosis Biochar Dari Limbah Tandan Kelapa Sawit Terhadap Perubahan Sifat Fisika – Kimia Tanah Ultisol Dengan Parameter Berat Jenis, Kadar Air, pH, KTK dan Al-dd. *Skripsi Jurusan Lingkungan*. Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- Gani, A. 2009. Biochar penyelamat lingkungan. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, Vol 31, Hal 15-16.
- Glaser, B., Lehmann, J., dan Zech, W. 2002. Ameliorating Physical and Chemical Properties of Highly Weathered Soils in The Tropics with Charcoal –a review. *Journal Biology and Fertility of Soils*. ISSN 1432-0789. Vol 35, Hal 219-230. University of Bayreuth, Germany.
- Hardjowigeno, S. 2003. Ilmu Tanah. Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta
- Latuponu, H., Shiddieq, D., Syukur, A., & Hanudin, E. 2011. Pengaruh biochar dari limbah sagu terhadap pelindian nitrogen di lahan kering masam. *Jurnal Agronomika*. Vol 11 No 2. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Liang, B., J. Lehmann, D. Solomon, S. Sohi, J.E. Thies, J.O. Skjemstad, F.J. Luizao, M.H. Engelhard, E.G. Neves, and S. Wirick. 2008. Stability of Biomass-derived Black Carbon in Soils. *Journal Geochimica et Cosmochimica Acta*. Vol 72, Hal 6096-6078. Cornell University, New York.
- Meriyenti. 2001. Pemanfaatan Kompos Kirinyuh, Serbuk Gergaji dan Arang Sekam Untuk Media Semai Jati. *Skripsi Jurusan Manajemen Hutan*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mulyani, A., Suharta, N. 2000. Kriteria Kesesuaian Lahan untuk Komoditas Pertanian. *Jurnal Tanah dan Agroklimat*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor
- Nurida, N. L., A. Dariah., dan A. Rachman. 2012. Kualitas limbah pertanian sebagai bahan baku pembenah tanah berupa biochar untuk rehabilitasi lahan. *Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian*. Bogor
- Prasetyo, B.H., D. Subardja, dan B. Kaslan. 2005. Ultisol dari bahan volkan andesitic di lereng bawah G. Ungaran. *Jurnal Tanah dan Iklim*. Vol 23, Hal 1–12. Pusat Penelitian Tanah Agroklimat, Bogor
- Rondon, M.A., J. Lehmann, J. Ramirez, dan M. Hurtado, 2007. Biological Nitrogen Fixation by Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L) Increases with Bio-char additions. *Journal Biology and Fertility Soils*. ISSN 1432-0789. Vol 43, Hal 699-708. Cornell University, New York.

- Rosmarkam, A. dan N. W. Yuwono. 2002. Ilmu Kesuburan Tanah. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Santi, L. P. dan D. H. Goenadi. 2010. Pemanfaatan bio-char sebagai pembawa mikroba untuk pemantap agregat tanah Ultisol dari Taman Bogo- Lampung. *Jurnal Menara Perkebunan*, Vol 78 No 2, Hal 52 – 60. Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan, Bogor.
- Steinbeiss, S., G. Gleixner, M. Antonietti. 2009. Effect of *biochar* amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. *Journal of Soil Biology and Biochemistry*. Vol 41: 1301–1310. Max Planck Institute for Biogeochemistry, Germany
- Sudarmadji, S. 1996. Prosedur Analisis Bahan Makanan dan Pertanian. Penerbit Liberty, Yogyakarta.
- Tillman, R. W. & D. R. Scotter. 1991. Movement of Solute Associated with Intermittent Soil Water Flow II. *Nitrogen and Cation*. *Aust. J. Soil Res.* 29: 185-196.
- Yang, H., R. Yan, D.T. Liang, H. Chen & C. Zheng. 2006. Pyrolysis of Palm Oil Wastes for Biofuel Production. *Journal Energy and Environment*. ISSN 1513-4121. Vol 7, Hal 315-323. Nanyang Technological University, Singapore.