

PENGARUH BIOCHAR SEKAM PADI DOSIS TINGGI TERHADAP SIFAT FISIK TANAH DAN PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG PADA TYPIC KANHAPLUDULT

Effect of High Doses of Rice Husk Biochar on Soil Physical Properties and Growth of Maize on a Typic Kanhapludult

Syafitri Dewi Widyantika*, Sugeng Prijono

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran 1 Malang, 65145

* Penulis Korespondensi: dewiwidyantika.syafitri@gmail.com

Abstract

Typic Kanhapludult is an acid dry soil which has soil pH of less than 5,5, low organic matter (<1%), bulk density of more than $>1,3 \text{ g cm}^{-3}$, low total pore space, and low pore water, that are not optimal for supporting plant growth. Provision of biochar to the soil can increase soil organic matter content for improving soil physical properties and plant growth. The objectives of this study that was conducted in the glasshouse of Indonesian Soil Research Institute, was to quantify the effect of rice husk biochar on some of soil physical properties, and vegetative growth of maize in a Typic Kanhapludult. The results showed that application of biochar with high doses significantly decreased soil bulk density, increased total pore space, and increased available water pores. Application of rice husk biochar had no significant effect on permeability, as well as rapid drainage pore, and slow drainage pore. Provision of rice husk biochar with higher doses than control on Typic Kanhapludult that improved soil physical properties improved vegetative growth of maize as shown by significant increases in plant height, fresh biomass and dry biomass of the crop..

Keywords : *biochar, maize, soil physics, Typic Kanhapludult*

Pendahuluan

Lahan kering di Indonesia di dominasi dengan tanah-tanah seperti Ultisol, Inceptisols dan Oxisol yang mempunyai luas lahan total kering sekitar 148 juta ha, dan 102,80 juta ha (69,46%) diantaranya merupakan tanah masam (Mulyani *et al.* 2004). Sebagian besar jenis tanah tersebut terdapat di Sumatra, Kalimantan dan Papua. Menurut Hidayat dan Mulyani (2005) Ultisol merupakan salah satu jenis tanah dengan sebaran seluas 31,33% dari luas lahan kering di Indonesia. Ultisol di sebagian besar wilayah dapat menimbulkan masalah pada bidang pertanian. Tanah jenis ini dicirikan dengan pH rata-rata 4,2-4,8. Tekstur tanah berlempung, agregat yang kurang stabil, permeabilitas, bahan organik dan tingkat kebasaaan yang rendah.

Salah satu jenis tanah pada ordo Ultisol dalam klasifikasi tanah *Soil Taxonomy* USDA (*Soil Survey Staff*, 2003) adalah Typic Kanhapludult. Menurut Prasetyo dan Suriadikarta (2006), Ultisol yang telah mengalami pelapukan lanjut strukturnya tidak begitu mantap sehingga mengakibatkan tanah peka terhadap erosi. Erosi merupakan salah satu kendala fisik pada tanah Ultisol yang sangat merugikan karena dapat menyebabkan hilangnya kandungan bahan organik pada tanah bagian atas. Berdasarkan luas Ultisol, Typic Kanhapludult mempunyai potensi yang tinggi untuk pengembangan pertanian lahan kering terutama tanaman pangan, seperti jagung. Provinsi Lampung menjadi salah satu daerah dengan penyumbang nomor tiga nasional produksi

jagung setelah Jawa Timur dan Jawa Tengah. Namun demikian, pemanfaatan tanah ini terdapat kendala terutama pada sifat fisika tanah yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman.

Pemulihan lahan kering masam dapat menjadi prioritas apabila lahan dikelola secara intensif untuk pengembangan tanaman pangan agar tanaman mampu berproduksi secara optimal. Saat ini, pemanfaatan *biochar*/arang limbah pertanian mulai berkembang, karena sifat *biochar* yang sulit didekomposisi sehingga mampu bertahan lama di dalam tanah atau mempunyai efek yang relatif lama, juga bahan bakunya mudah diperoleh seperti tempurung kelapa, kulit buah kakao, sekam padi, batang kayu bakau, kulit kelapa sawit, dan lain-lain.

Pada saat ini residu tanaman paling potensial untuk pembuatan *biochar* adalah sekam padi. Lehmann dan Rondon (2006) menambahkan bahwa residu dari prosesing biji-bijian seperti sekam padi dapat digunakan untuk membuat *biochar*. Mengingat bahwa pemanfaatan limbah sekam padi belum maksimal, untuk saat ini sekam sebagai limbah penggilingan padi jumlahnya 20-23% dari gabah. Produksi Gabah Kering Giling (GK) mencapai 71,29 juta ton, maka jumlah sekam yang dihasilkan di Indonesia sekitar 16,39 juta ton (BPS, 2013). Pemanfaatan *biochar* sebagai salah satu pembenah tanah alternatif dengan bahan baku limbah pertanian yang sulit terdekomposisi diharapkan mampu memulihkan lahan kering masam terdegradasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik tanah jenis Typic Kanpludult terhadap perlakuan dosis *biochar* yang berbeda; serta mengetahui potensi pemberian *biochar* dosis tinggi pada tanah jenis Typic Kanpludult terhadap pertumbuhan vegetative tanaman jagung.

Metodologi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2017 sampai dengan bulan Januari 2018. Penelitian dilakukan di rumah kaca Balai Penelitian Tanah, Bogor. Analisis fisika tanah dan pengolahan data dilakukan di laboratorium Fisika Tanah Balai Penelitian Tanah. Percobaan ini dilakukan menggunakan rancangan acak

lengkap dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan terdiri atas pemberian dosis *biochar* P0 = kontrol (dosis 40 t/ha), berdasarkan Shalsabila (2014) bahwa pemberian *biochar* dosis 40 t/ha adalah perlakuan terbaik pada Typic Kanpludult; P1 = dosis 200 t/ha; P2 = dosis 400 t/ha; P3 = dosis 700 t/ha; P4 = dosis 1000 t/ha. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yang meliputi persiapan contoh tanah dan *biochar*, persiapan media tanam, penanaman, pemupukan, pemeliharaan, pengamatan, pemanenan, dan analisis sifat fisika di laboratorium. *Biochar* yang digunakan dicampur hingga homogen dengan tanah yang di tempatkan pada pot berukuran 20x20x25 cm.

Pupuk anorganik yang digunakan adalah Urea 400 kg/ha dan SP36 200 kg/ha. Variabel yang diamati meliputi: sifat fisika tanah (berat isi, berat jenis, distribusi ruang pori dan permeabilitas) serta analisis C-organik yang dilakukan setelah percobaan. Pertumbuhan tanaman jagung yang diamati meliputi: tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun (2, 3, 4, 5, 6 dan 9 MST), serta biomassa basah dan kering tanaman (9 MST). Data sifat tanah dan tanaman dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) melalui software Excel. Apabila hasilnya berbedanyata dilakukan Uji BNT dengan taraf nyata 5%. Pengaruh perlakuan keamatan hubungan terhadap sifat fisika tanah dinilai dengan uji regresi.

Hasil dan Pembahasan

Kandungan C-organik tanah

Aplikasi *biochar* sekam padi berpengaruh signifikan terhadap kandungan C-organik tanah (Tabel 1). Semakin tinggi pemberian dosis *biochar* maka semakin tinggi pula peningkatan kandungan C-organik dalam tanah. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Latuponu (2010), dimana pada Ultisol pemberian *biochar* dapat meningkatkan C-organik sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung. Kandungan C-organik Typic Kanpludult sebelum percobaan memiliki kandungan C-organik yang rendah (1,08%). Setelah perlakuan aplikasi *biochar* sekam padi dengan perlakuan kontrol (P0) sudah meningkatkan kandungan

C-organik pada tanah sebesar 3,70% dan peningkatan yang signifikan terjadi pada perlakuan P4 sebesar 12,76%. Menurut Aslam *et al.* (2014) aplikasi *biochar* dapat meningkatkan kandungan C-organik dalam tanah.

Berat isi tanah (BI)

Pemberian *biochar* sekam padi terhadap berat isi tanah berpengaruh nyata berdasarkan hasil uji BNT pada taraf 5% (Tabel 1). Berat isi tanah yaitu sekitar 1,2 – 1,4 g cm⁻³ sebelum percobaan dilakukan. Tingginya nilai bobot isi tanah pada lahan kering masam menyebabkan terjadinya pemadatan tanah (Hairiah *et al.*, 2004). Penurunan nilai berat isi tanah diikuti dengan kenaikan dosis *biochar* sekam padi yang diberikan ke dalam tanah. Selanjutnya Melo *et al.* (2013) melaporkan bahwa pemberian *biochar* sangat bermanfaat untuk memperbaiki kualitas secara fisik dengan memperbaiki berat isi tanah.

Berat jenis tanah (BJ)

Pemberian *biochar* sekam padi terhadap berat jenis tanah Typic Kanhapludult berpengaruh secara nyata berdasarkan hasil uji BNT pada taraf 5% (Tabel 1). Penambahan *biochar* sekam padi terhadap berat jenis tanah mengalami penurunan, apabila dibandingkan dengan berat jenis tanah sebelum diberikan perlakuan yaitu sebesar 2,4 g cm⁻³ menjadi 1,67 g cm⁻³. Hasil penelitian Githinji (2014) mendukung hasil

penelitian ini, semakin tinggi dosis *biochar* yang diberikan ke dalam tanah maka berat jenis tanah akan semakin rendah.

Ruang pori total (RPT)

Aplikasi *biochar* sekam padi memberikan pengaruh secara nyata terhadap ruang pori total Typic Kanhapludult berdasarkan hasil uji BNT pada taraf 5% (Tabel 1). Menurut Santi dan Goenadi (2010) ruang pori total meningkat akibat berat isi tanah menurun sebagai akibat penambahan *biochar* sekam padi ke dalam tanah. Rerata ruang pori total Typic Kanhapludult sebelum perlakuan sebesar 45% (Nurida dan Rachman, 2012). Pemberian *biochar* dapat meningkatkan ruang pori total menjadi 64,58%.

Pori drainase cepat

Pemberian *biochar* sekam padi terhadap pori drainase cepat pada Typic Kanhapludult berpengaruh secara nyata berdasarkan hasil uji BNT pada taraf 5% (Tabel 1). PDC sebelum perlakuan, memiliki nilai persentase yang tinggi yaitu sebesar 21%. Penurunan persentase PDC terdapat pada perlakuan P0 dengan nilai persentase sebesar 15,70%, dimana menurut Sudirman *et al.* (2006) kriteria PDC ini termasuk kelas sedang. Menurut Nurida dan Rachman (2012) menyatakan bahwa penambahan formula *biochar* dengan pupuk kandang menurunkan pori drainase cepat.

Tabel 1. Perlakuan beberapa dosis *biochar* sekam padi terhadap sifat fisik tanah

Perlakuan	C-org (%)	BI (g cm ⁻³)	BJ (g cm ⁻³)	(RPT) (%)	PDC (%)	PDL (%)	PAT (%)	Permeabilitas (cm jam ⁻¹)
P0	3,70 a	1,31 d	2,45 c	46,63 a	15,70 a	3,98	12,30 c	8,10 a
P1	5,20 b	1,01 c	2,24 bc	54,83 b	27,20 b	4,40	9,85 bc	21,91 b
P2	7,16 c	0,84 b	2,38 c	64,58 c	35,48 b	3,92	10,98 c	17,70 b
P3	9,89 d	0,71 a	1,95 ab	63,03 c	35,95 b	3,10	5,70 a	32,39 c
P4	12,76 e	0,62 a	1,67 a	62,35 c	34,03 b	4,18	6,55 ab	38,65 c

Pori drainase lambat

Berdasarkan hasil analisis ragam pemberian *biochar* sekam padi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap persentase pori drainase lambat (PDL). Persentase PDL pada semua perlakuan *biochar* adalah dibawah 5% (Tabel 1). Hasil penelitian Dariah dan Nurida (2012) juga menunjukkan bahwa pemberian pembenah

tanah *biochar* dan penambahan mulsa pada tanah lahan kering dapat memperbaiki agregasi tanah namun belum mampu memperbaiki pori drainase lambat (PDL).

Pori air tersedia

Pori air tersedia (PAT) merupakan persentase pori yang menyediakan air yang dapat diserap

oleh akar tanaman. Pemberian *biochar* sekam padi terhadap persentase pori air tersedia Typic Kanhapludult memberikan pengaruh yang berbeda nyata berdasarkan hasil uji BNT pada taraf 5% (Tabel 1). Pemberian *biochar* dapat meningkatkan porositas dan pori air tersedia

pada tanah masam (Masulili *et al.*, 2010). Persentase PAT setelah perlakuan meningkat dibandingkan dengan tanah yang tidak diaplikasikan *biochar* sekam padi, yaitu dari sekitar 11,40% (Hartatik *et al.*, 2013) menjadi 12,30% volume.

Tabel 2. Rerata pertumbuhan tanaman pada beberapa perlakuan dosis biochar sekam padi

Perlakuan	Rerata tinggi tanaman pada umur (cm)					
	2 MST	3MST	4 MST	5 MST	6 MST	9 MST
P0	52,58 a	75,95	98,95 a	114,08 a	121,55	155,98
P1	37,00 a	63,23	86,90 ab	115,33 ab	127,98	149,40
P2	24,88 a	47,60	72,93 ab	98,15 ab	117,05	161,75
P3	26,38 b	52,68	77,93 bc	108,40 b	134,40	180,55
P4	26,25 c	48,55	78,10 c	104,55 b	131,30	172,68

Perlakuan	Rerata diameter batang pada umur (cm)					
	2 MST	3MST	4 MST	5 MST	6 MST	9 MST
P0	0,73	0,88	1,05	1,45	1,32	1,07
P1	0,43	0,63	0,85	1,58	2,10	1,73
P2	0,25	0,48	0,78	1,37	1,81	1,58
P3	0,50	0,65	0,67	1,45	1,49	1,77
P4	0,40	0,63	0,85	1,36	1,59	1,54

Perlakuan	Rerata jumlah daun pada umur					
	2 MST	3MST	4 MST	5 MST	6 MST	9 MST
P0	5,30	6,50	7,25	10,75	11,50	16,50
P1	4,30	6,50	8,25	10,25	11,50	17,00
P2	3,50	5,50	7,25	8,75	10,00	14,50
P3	3,50	5,50	8,25	10,00	12,25	17,75
P4	3,50	5,75	7,50	9,00	12,50	16,75

Permeabilitas tanah

Aplikasi *biochar* sekam padi berpengaruh nyata terhadap permeabilitas tanah (Tabel 1). Tanah dikatakan *permeable* apabila laju permeabilitasnya pada kriteria sedang, yaitu antara 2,00 – 6,25 cm jam⁻¹ (Dariah *et al.*, 2006). Walaupun pemberian *biochar* sekam padi dapat memberikan pengaruh nyata, tetapi tidak dapat memperbaiki laju permeabilitas tanah. Menurut Nurida dan Rachman (2012) pemberian formula pembenah tanah *biochar* dan pupuk kandang tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap permeabilitas pada Typic Kanhapludult di dalam tanah.

Pertumbuhan tanaman jagung

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam pada pengamatan pertumbuhan tanaman jagung

selama 9 MST, menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada peningkatan tinggi tanaman jagung (Tabel 2). Hal ini diduga dengan penambahan *biochar* sekam padi dapat memperbaiki sifat fisik tanah dan menunjang pertumbuhan tanaman jagung. Aplikasi *biochar* sekam padi tidak memberikan pengaruh interaksi yang berbeda nyata terhadap jumlah daun dan diameter batang tanaman (Tabel 2). Hasil penelitian Dariah *et al.*, (2012) menyebutkan bahwa pemberian pembenah tanah *biochar* yang diperkaya dengan pupuk hayati bertekstur liat tidak memberikan pengaruh terhadap diameter tanaman jagung.

Produksi biomassa tanaman

Produksi biomassa (biomassa basah dan biomassa kering) tanaman jagung selama 9 MST, memberikan pengaruh yang sangat nyata

dan meningkat seiring dengan bertambahnya dosis *biochar* yang diberikan (Tabel 3). Hal ini didukung berdasarkan hasil penelitian Kamara *et al.* (2014), bahwa pemberian *biochar* yang berasal dari limbah tanaman dapat meningkatkan berat basah dan berat kering biomassa jagung pada umur 4 minggu. Hasil penelitian Abukari (2014) juga menyatakan bahwa aplikasi *biochar* yang diformulasikan dengan pupuk anorganik dapat meningkatkan produksi biomassa tanaman jagung secara nyata.

Tabel 3. Rerata biomassa tanaman pada beberapa perlakuan dosis *biochar* sekam padi

Perlakuan	Rerata biomassa tanaman (t ha ⁻¹)	
	Berat Basah	Berat Kering
P0	12,13 a	2,94 a
P1	23,07 b	3,99 b
P2	25,15 b	4,39 b
P3	36,15 c	5,51 c
P4	36,62 c	5,58 c

Pembahasan

Setelah dilakukannya percobaan perlakuan dengan pemberian *biochar* sekam padi terhadap Typic Kanhapludult pada pot percobaan, terjadi peningkatan sifat kimia tanah seperti C-organik tanah. Mekanisme peningkatan sifat fisika tanah membutuhkan waktu yang lebih lama, namun sebagai indikasi pemberian *biochar*, pembenah tanah mampu menurunkan BI dan BJ, meningkatkan ruang pori total, pori air tersedia dan pori drainase cepat secara signifikan; selain itu juga menurunkan pori drainase lambat dan permeabilitas tanah secara tidak signifikan.

Pengaruh C-organik terhadap ruang pori tanah

Aplikasi *biochar* sekam padi dapat meningkatkan kandungan C-organik dan diikuti dengan meningkatnya persentase ruang pori total pada tanah. Kandungan C-organik yang terdapat pada perlakuan P4 (dosis *biochar* sekam padi 1000 t ha⁻¹) diikuti dengan kenaikan persentase ruang pori total tanah sebesar 62,35%. Kandungan C-organik terhadap ruang pori

tanah memiliki pengaruh kolerasi yang sangat kuat dengan nilai persamaan $r = 0,66$ dan dengan nilai persamaan R^2 sebesar 0,44, yang artinya kandungan C-organik memberikan pengaruh sebesar 44% terhadap tinggi rendahnya persentase ruang pori total tanah dan sisanya 66% merupakan pengaruh dari variabel lain. Ruang pori total tanah yang meningkat diakibatkan oleh menurunnya berat isi pada tanah. Menurut Hakim *et al.* (2006) kepadatan tanah yang tinggi dapat menyebabkan persentase total ruang pori tanah menjadi rendah. Herart *et al.* (2013) menambahkan pengaruh RPT akibat pemberian *biochar* tergantung pada sumber bahan baku *biochar* dan jenis tanah yang diaplikasikan.

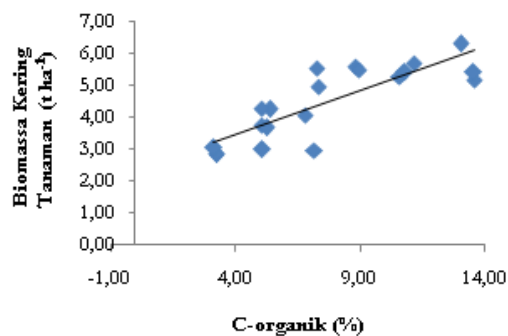
Pengaruh C-organik terhadap biomassa kering tanaman

Aplikasi *biochar* sekam padi dapat meningkatkan biomassa kering pada tanaman. Hal ini berbanding lurus dengan peningkatan nilai C-organik pada perlakuan P4 (dosis *biochar* sekam padi 1000 t ha⁻¹) sebesar 12,76% dapat meningkatkan kandungan biomassa kering tanaman pada perlakuan P4 dengan BK tanaman sebesar 5,84 t ha⁻¹. Kandungan C-organik terhadap biomassa kering tanaman memiliki pengaruh dengan nilai persamaan $r = 0,83$, yang artinya kolerasi antar kedua parameter sangat kuat, serta nilai persamaan R^2 sebesar 0,69, yang artinya kandungan C-organik memberikan pengaruh sebesar 69% terhadap tinggi rendahnya persentase berat isi tanah (Gambar 1). Menurut Gani (2009), pemberian 20 t *biochar* ha⁻¹ dapat memperbaiki sifat fisik tanah sehingga tanaman dengan mudah menyerap unsur hara. Peningkatan C-organik tanah diiringi peningkatan pH dan KTK tanah akan dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara yang bisa diserap oleh tanaman. Dengan demikian, aplikasi penambahan *biochar* dapat meningkatkan hasil panen tanaman jagung pada tanah masam melalui peningkatan pH dan KTK tanah (Major *et al.*, 2010).

Pengaruh berat isi tanah terhadap pori air tersedia

Pengaruh berat isi tanah pada aplikasi penambahan *biochar* sekam padi terhadap pori air tersedia memiliki pengaruh dengan nilai

koefisien korelasi sebesar $r = 0,69$, yang artinya hubungan korelasi antar kedua parameter menunjukkan korelasi yang kuat, serta nilai persamaan $R^2 = 0,48$, yang artinya berat isi pada tanah memberikan pengaruh sebesar 48% terhadap tinggi rendahnya persentase pori air tersedia dan sisanya 52% merupakan pengaruh dari variabel lain. Secara umum perubahan sifat fisik tanah selama satu musim tanam masih berfluktuasi dan dinilai belum mantap, perubahan akan dapat dilihat dalam jangka waktu yang panjang. Sebagai indikasi, pemberian pembenah tanah *biochar* dengan dosis yang berbeda telah mampu meningkatkan sifat fisik tanah untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman jagung dibandingkan tanah yang tidak diberikan *biochar*. Menurut Kusuma *et al.* (2013) *biochar* sekam padi memiliki kandungan lignin yang tinggi sehingga berdampak pada lamanya waktu dekomposisi *biochar*.



Gambar 1. Pengaruh C-organik terhadap biomassa kering tanaman jagung

Kesimpulan

Pemberian perlakuan *biochar* sekam padi pada Typic Kanhapludult dengan dosis tinggi memberikan pengaruh nyata terhadap sifat fisik tanah seperti menurunkan berat isi dan berat jenis tanah, serta meningkatkan ruang pori total (RPT) dan pori air tersedia tanah (PAT). Kandungan C-organik tanah meningkat seiring penambahan perlakuan dosis pada *biochar* sekam padi. Pemberian perlakuan *biochar* sekam padi dengan dosis tinggi dalam percobaan dibanding dosis kontrol pada Typic Kanhapludult, belum dikatakan dapat memperbaiki sifat fisik tanah. Pemberian

biochar sekam padi dosis tinggi hanya dapat meningkatkan porsi karbon dalam media tumbuh tanaman untuk menunjang pertumbuhan vegetatif tanaman jagung ditunjukkan melalui peningkatan tinggi tanaman, biomassa basah dan kering tanaman. Parameter diameter batang dan jumlah daun tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan dari semua perlakuan.

Daftar Pustaka

- Abukari, A. 2014. Effect of Rice Husk Biochar on Maize Productivity in The Guinea Savannah Zone of Ghana. M.S. Thesis. Kwame Nkrumah University of Science and Technology. Ghana. p. 103.
- Badan Pusat Statistik. 2013. Berita Resmi Statistik No.01/11/18/Th.VIII. 25 uli 2015. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Dariah, A., Yusrial, dan Maswar. 2006. Penetapan Konduktivitas Hidrolik Tanah dalam Keadaan Jenuh: Metode Laboratorium. Dalam U. Kurnia, F. Agus, A. Adimihardja, A. Dariah (Eds). Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor. p. 177-1186.
- Dariah, A., dan Nurida, N.L. 2012. Pemanfaatan Biochar untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Kering Beriklim Kering. Buana Sains 12(1): 33-38, 2012.
- Dariah, A., Nurida, N.L. dan Jubaedah. 2012. Pemanfaatan Pembenah Tanah untuk Pemulihan Tanah Terdegradasi yang Didominasi Fraksi Pasir dan Liat. Diterbitkan pada Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi. Dalam Wigena (Eds.), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian, Bogor, 29-30 Juni 2012. p. 669-676.
- Gani, A. 2009. Potensi Arang Hayati Biochar sebagai Komponen Teknologi Perbaikan Produktivitas Lahan Pertanian. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi, Volume. Nomor : IT04/01.
- Githinji, L. 2014. Effect of Biochar Application Rate on Soil Physical and Hydraulic Properties of A Sandy Loam. Archives of Agronomy and Soil Science 60(2014): 457-470.
- Hairiah K., Sugiarto, C., Utami, S.R., Purnomosidhi, P. dan Roshetko, J.M. 2004. Diagnosis faktor penghambat pertumbuhan akar sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) pada Ultisol di Lampung Utara. Agrivita 26(1): 89-98.

- Hakim N, Nyapka M.Y., Lubis A.M, Nugroho S.G, Saul M.R, Dina M.A, Hong G.B, Bailey H.H. 2006. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Universitas Lampung.
- Hartatik, W., Wibowo, H., Purwani, J. 2013. Aplikasi Biochar dan Tithoganic dalam Peningkatan Produktivitas Kedelai (*Glycine max* L.) pada Typic Kanhapludult di Lampung Timur. Jurnal Penelitian Balai Penelitian Tanah. Bogor. P. 51 – 62
- Herath, H.M.S.K., Arbestain, M.C. dan Hedley, M. 2013. Effect of biochar on soil physical properties in two contrasting soils: an Alfisol and an Andisol. *Geoderma* 209-210: 188-197.
- Hidayat, A. dan A Mulyani. 2005. Lahan Kering Untuk Pertanian. Hlm 1-39. Dalam Abdurachman et al. (Eds.). Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Kusuma, A.H., Izzati, M. dan Saptiningsih, E. 2013. Pengaruh penambahan arang dan abu sekam dengan proporsi yang berbeda terhadap permeabilitas dan porositas tanah liatserta pertanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.). Jurusan Biologi. Fakultas Sains dan Matematika. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Lehmann, J., Gaunt, S. dan M. Rondon. 2006. Biochar sequestration in terrestrial ecosystems: a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11:403-427.
- Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S.J. dan Lehmann, J. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a columbian savana Oxisol. *Plant and Soil* 333:117–128.
- Masulili, A., W.H. Utomo, Syechfani M.S. 2010. Rice husk biochar for rice based cropping system in acid soil. 1. The characteristics of rice husk biochar and its influence on the properties of acid sulfate soils and rice growth in West Kalimantan, Indonesia. *Journal of Agriculture Science* 2(1): 39-47.
- Melo, L.C.A., Coscione, A., Abreu, A., Puga, A. dan Camargo, O. 2013. Influence of pyrolysis temperature on cadmium and zinc sorption capacity of sugarcane straw-derived biochar. *BioResources* 8(4): 4992-5004.
- Mulyani, A., Hikmatullah, dan Subagyo, H. 2004. Karakteristik dan Potensi Tanah Masam Lahan Kering di Indonesia. hlm. 1-32. Dalam Prosiding Simposium Nasional Pendayagunaan Tanah Masam. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Nurida, N.L., dan Rachman, A. 2012. Alternatif Pemulihan Lahan Kering Masam Terdegradasi dengan Formula Pembena Tanah Biochar di Typic Kanhapludult Lampung. Diterbitkan pada Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi. Dalam Wigena (Eds.), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian, Bogor, 29-30 Juni 2012. p. 639-648.
- Prasetyo, B.H. dan Suriadikarta, D.A. 2006. Karakteristik, potensi, dan teknologi pengelolaan tanah ultisol untuk pengembangan pertanian lahan kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian* 25(2): 39-47.
- Santi, L.P., dan Goenadi, D.H. 2010. Pemanfaatan biochar sebagai pembawa mikroba untuk pemantap agregat tanah Ultisol dari Taman Bogo-Lampung. *Menara Perkebunan* 78(2): 52-60.
- Shalsabila, F. 2014. Efek Biochar Kulit Kakao Terhadap Kemantapan Agregat dan Produksi tanaman Jagung (*Zea mays* L.) pada Typic Kanhapludult, Lampung Timur. S.P. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang. 49 p.
- Soil Survey Staff. 2003. Keys to Soil Taxonomy. USDA, Natural Research Conservation Service. Ninth Edition. Washington D.C.
- Sudirman, S. Sutono, dan Juarsah, I. 2006. Penetapan Retensi Air Tanah di Laboratorium. Dalam U. Kurnia, F. Agus, A. Adimihardja, A. Dariah (Eds). Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor. p. 167-176.

halaman ini sengaja dikosongkan