

PENAMBAHAN BIOCHAR BERBASIS LIMBAH PADA INCEPTISOL TERHADAP BUDIDAYA TEMBAKAU (*Nicotiana tabacum*L.) VARIETAS KEMLOKO DI TEMANGGUNG

Katon Sasongko Damarmoyo¹, Buana Susilo¹, Lengga Nurullah Dalimartha¹, Eko Chandra Wiguna¹, Isdiantoni², Maharani Pertiwi Koentjoro³, Endry Nugroho Prasetyo⁴

E-mail: katon.damarmoyo@gudanggaramtbk.com

¹PT Gudang Garam Tbk. Direktorat Produksi Gempol Desa Sumbersuko, Kecamatan Gempol, Kab. Pasuruan

²Program Studi Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Wiraraja Jl. Raya Sumenep Pamekasan Km No.5, Patean, Batuan, Kabupaten Sumenep, Jawa Timur 69451

³Laboratory of Environmental Microbiology-Shizuoka University, Structural Biological Research Center, Photon Factory-KEK Japan

⁴Departemen Biologi FMIPA Insititut Teknologi Sepuluh Nopember, Jalan Gedung H, Kampus ITS Keputih Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

ABSTRACT

Biochar is a biological charcoal derived from incomplete combustion (pyrolysis) of agricultural residual materials that can increase carbon sustainably, retention of water and nutrients in soil. This research aimed to demonstrate the effect of adding biochar on inceptisol for Kemloko tobacco cultivation in Temanggung, Central Java, Indonesia. The data analysis of this research was using Factorial Random Design with two factors (treatment and dose). The results showed that the addition of biochar + compost increase productivity of 491.6 kg/ha comparing to the control with the higher tobacco quality. Chemical analysis of the respected soil showed that the biochar + compost treatment increase pH level up to 5.46 with the organic matter level and total nitrogen as well increased about 2.66% and 0.180% respectively.

Keywords: biochar, tobacco of kemloko variety, temanggung, soil chemical

PENDAHULUAN

Tanaman tembakau (*Nicotiana tabacum*) merupakan tanaman andalan bagi para petani di Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah dengan total luas lahan 18.248 hektar dan hasil panen sejumlah 10.661 ton tembakau kering. Luasan lahan perkebunan tembakau mencapai 59 % dari luas total perkebunan yang ada di Kabupaten Temanggung (Badan Pusat Statistik Kabupaten Temanggung, 2016).

Beberapa industri rokok membutuhkan tembakau temanggung sebagai sumber pemberi rasa dan aroma khas

rokok kretek (Harno, 2004). Upaya untuk meningkatkan atau mempertahankan tembakau temanggung akan sangat memengaruhi pendapatan petani, karena tembakau menyumbang 70–80 % terhadap total pendapatan petani (Rochman, 2013). Industri rokok menyumbangkan untuk penerimaan cukai sebesar 112,5 triliun pada tahun 2014 (95 % dari total penerimaan cukai) dan pada tahun 2015 sebesar 139,5 trilun (96 % dari total penerimaan cukai) (Kurniani, 2016).

Tembakau varietas kemloko merupakan tembakau dengan ciri utama daun lonjong memanjang, tangkai daun bersayap

lebar, dan ruas panjang. Varietas ini banyak ditanam petani di daerah tegal-gunung dan menghasilkan tembakau bermutu tinggi (mutu “srintil”) (Rochman, 2013).

Biochar merupakan material organik yang dibakar dan digunakan sebagai pembenah tanah. Biochar diproduksi dengan proses dekomposisi termokimia yang disebut *pyrolysis* dengan memanaskan biomassa pada temperatur tinggi (400-800 °C) dengan kondisi oksigen yang terbatas. Biochar berbeda dengan arang (*charcoal*) karena kegunaannya untuk memperbaiki sifat tanah dan simpanan karbon tanah (Lehmann & Joseph, 2009). Pada tahun 2012, *International Biochar Initiative* (IBI) mendefinisikan biochar sebagai material padat yang diperoleh dari konversi termokimia biomassa pada lingkungan dengan oksigen terbatas (IBI, 2012).

Biochar dapat memperbaiki sifat tanah melalui kemampuannya meningkatkan pH, meretensi air, meretensi hara, dan meningkatkan aktivitas biota dalam tanah serta mengurangi pencemaran (Laird *et al.*, 2008). Namun, biochar tidak mampu menyediakan unsur hara secara langsung, tetapi secara tidak langsung biochar mampu mengurangi hilangnya hara melalui pelindian, sehingga efisiensi pemupukan dapat ditingkatkan (Maftu’ah & Dedi, 2015). Dibandingkan dengan pembenah tanah lainnya seperti kompos, biochar relatif lambat untuk terdegradasi (Lehmann *et al.*, 2006). Stabilitas biochar sangat penting baik sebagai tolak ukur untuk mitigasi perubahan iklim (*carbon stock*) dan kemampuan biochar untuk perbaikan kesuburan tanah yang berkelanjutan (Bruun *et al.*, 2008).

Melihat pentingnya tembakau temanggung baik pada produsen (petani) maupun industri maka perlu dilakukan usaha peningkatan kualitas dan produksi tembakau dengan mempertimbangkan keberlanjutan lingkungan tumbuh tanaman. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penambahan biochar pada budidaya tembakau Kemloko di

Temanggung terhadap karakter tanah dan produksi tanaman.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Bulu, Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah pada musim tanam tembakau bulan April sampai Oktober 2016 dengan tanah jenis Inceptisol. Inceptisol dicirikan dengan horizon A/Bw/C. Horizon Bw adalah horizon B kambik yang merupakan horizon diagnostik tanah ini. Horizon kambik dicirikan dengan sudah ada perkembangan genetis tanah, tapi belum ada *clay skin*, kadar lempung semakin dalam tanah semakin bertambah secara berangsur. Inceptisol dapat berkembang dari bahan induk batuan beku, sedimen metamorf (Hardjowigeno, 1993). Lokasi penelitian berada pada ketinggian 1108 mdpl dengan kondisi iklim ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi iklim lokasi penelitian

Bulan	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Curah hujan (mm)	Lama penyinaran (jam)*	Intensitas cahaya ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)
Juli	22,7	87,9	241	10,6	374,9
Augustus	22,6	85,7	72	11,3	533,1
September	25,6	83,3	148	11,3	565,4
Oktober	24,7	83,8	159	11	414,3

Keterangan: *) intensitas cahaya diatas 10 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok Faktorial dengan dua faktor yakni perlakuan dan dosis dengan tiga ulangan. Perlakuan yang digunakan adalah a) biochar (P1), b) biochar dicampur pupuk kotoran ayam (OCF) (1:1) (P2), c) biochar dicampurkan pada proses pengkomposan (1:1) (P3), d) kompos (P4), e) pupuk kotoran ayam (OCF) (P5), dan f) kontrol (P6), dan dosis yang digunakan adalah a) 5 ton/ ha (D1), b) 10 ton/ha (D2) dan c) 20 ton/ha (D3). Biochar yang digunakan merupakan limbah organik dari PT. Gudang Garam Tbk, berupa gagang dan batang tembakau maupun cengkeh yang

diproses menggunakan mesin *pyrolysis* Takasago. Pupuk kotoran ayam (OCF/*Organik Compound Fertilizer*) merupakan kompos kotoran ayam diperkaya dengan pupuk NPK yang diproduksi oleh PT Agro Green Up. Kompos yang digunakan merupakan kompos dari limbah pertanian.

Pada sistem budidaya tembakau, benih yang digunakan adalah varietas Kemloko 2 diproduksi oleh Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat. Jarak tanam yang digunakan 55 cm x 45 cm dengan ukuran petak (5 x 4) m. Perlakuan diaplikasikan secara tabur bersamaan dengan pengolahan tanah. Pupuk kimia diaplikasikan pada setiap petak dengan dosis pupuk ZA 400 kg/ha, SP36 150 kg/ha, dan ZK 100 kg/ha.



Gambar.1 Lahan percobaan

Pengamatan dibagi menjadi analisis tanah awal, analisis tanah setelah aplikasi, produktivitas ranjangan kering dan mutu tembakau. Analisis tanah meliputi pH (WTW model INOLAB PH 7110) diukur dengan 1:5 (b/v) sampel tanah dilarutkan dalam akuades, bahan organik diukur dengan

oksidasi basah *potassium dichromate*, nitrogen total diukur dengan metode Kjeldahl dan fosfor tersedia diukur melalui ekstraksi menggunakan pengestrak Bray dan Kurts I (0,03 N HCl + NH₄F 0,03 N) 1:10 (b/v) dan ditentukan secara kolorimetri menggunakan metode modifikasi *molybdenum-blue* panjang gelombang 882 nm pada spektrofotometer UV-VIS (HITACH model U-2900). Produktivitas diukur pada saat daun tembakau sudah diproses perajangan dan pengeringan. Mutu tembakau diperoleh berdasarkan penilaian dari *grader* PT. Gudang Garam Tbk.

Data pengamatan yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan analisis ragam (uji F) pada taraf 5 % kemudian dilanjutkan dengan uji Duncan dengan menggunakan *software* SPSS versi 21 untuk mengetahui perlakuan mana yang berbeda nyata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Material

Karakteristik sifat kimia material tersaji pada Tabel 2. Hasil analisis menunjukkan bahwa biochar merupakan bahan dengan pH yang basa sebesar 8,69 dengan kandungan karbon yang tinggi sebesar 41 %. Biochar memiliki kandungan nitrogen total sebesar 2,22 % dan kemampuan pertukaran kation (CEC) sebesar 54,99 cmol (+) kg⁻¹.

Tabel 2. Karakteristik sifat kimia material

Material	pH	DHL (mS/cm)	TC (%)	N total (%)	P total (%)	K total (%)	CEC (cmol (+) kg ⁻¹)
biochar (P1)	8,69	18,9	41,0	2,22	0,62	3,92	54,99
biochar+(OCF) (P2)	8,33	63,8	40,5	3,31	5,50	6,88	36,47
biochar+kompos (P3)	8,97	16,5	39,8	2,99	0,78	3,33	50,59
kompos (P4)	7,87	70,6	44,2	2,27	0,81	2,56	48,78
(OCF) (P5)	7,80	88,9	45,3	7,53	7,40	9,48	28,70

TC (karbon total); CEC (kapasitas pertukaran kation); EC (daya hantar listrik)

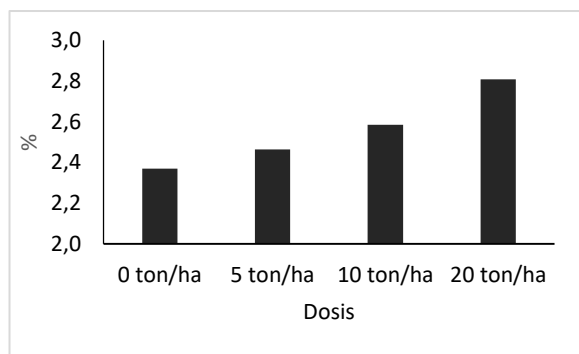
Pupuk OCF memiliki pH yang terendah disebabkan karena kandungan pupuk OCF yang telah diperkaya dengan pupuk anorganik. Pengkayaan dengan pupuk anorganik menyebabkan kandungan nitrogen total, fosfor tersedia dan potassium total yang tinggi namun memiliki kapasitas pertukaran kation (CEC) yang rendah dengan nilai 28,70 cmol (+) kg⁻¹. Kapasitas pertukaran kation (CEC) merupakan kemampuan untuk menarik, menyimpan dan mempertukarkan kation (K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, dll) (Tomašić *et al.*,2013).

Tabel 3. Sifat kimia tanah setelah perlakuan

Perlakuan	pH	BO (%)	N total (%)	P tersedia (ppm)
P1	5,44 ^b	2,58	0,173	46,8
P2	5,27 ^{ab}	2,60	0,173	44,5
P3	5,46 ^b	2,66	0,178	45,4
P4	5,26 ^{ab}	2,64	0,176	42,4
P5	5,02 ^a	2,62	0,180	48,9
P6	5,22 ^{ab}	2,55	0,171	35,0

Angka pada satu kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama atau tanpa notasi huruf menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%

Bahan Organik Tanah



Gambar 2. Pengaruh dosis terhadap kandungan bahan organik tanah

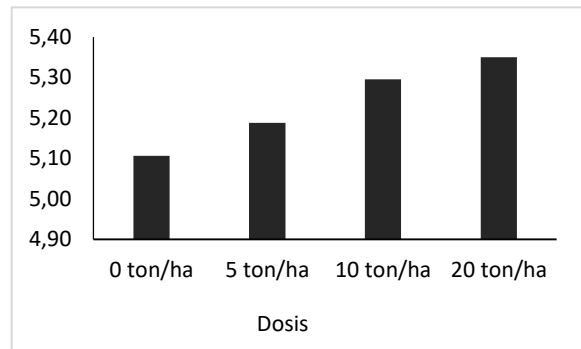
Pengaruh perlakuan terhadap kandungan bahan organik tanah tersaji dalam Tabel 3. Pemberian semua perlakuan memberikan pengaruh terhadap peningkatan kandungan bahan organik tanah. Hasil uji DMRT pada kandungan bahan organik tanah menunjukkan perlakuan tidak berbeda

nyata terhadap peningkatan bahan organik tanah.

Perlakuan P3 menunjukkan peningkatan kandungan bahan organik tertinggi dengan nilai 2,66 % sedangkan P6 menunjukkan nilai terendah dengan nilai 2,55 %. Pada perlakuan dosis menunjukkan berbeda nyata pada kandungan bahan organik tanah. Pengaruh dosis perlakuan terhadap kandungan bahan organik tersaji pada Gambar 2. Pemberian perlakuan dosis 20 ton/ha memberikan peningkatan kandungan bahan organik tanah menjadi 2,81 % atau menaikkan kandungan bahan organik sebesar 15,6 % terhadap lahan tanpa perlakuan (0 ton/ha).

pH Tanah

Tabel 3. menunjukkan uji DMRT pada pH tanah memberikan pengaruh berbeda nyata disebabkan oleh pemberian perlakuan. Perlakuan P3 memberikan pengaruh terhadap peningkatan pH tanah tertinggi dengan nilai 5,46 sedangkan P5 memberikan pengaruh terhadap penurunan pH tanah dengan nilai 5,02 terhadap kontrol.



Gambar 3. Pengaruh dosis terhadap pH tanah

Pengaruh dosis perlakuan menunjukkan tidak berbeda nyata namun menunjukkan kecenderungan peningkatan pH tanah akibat peningkatan dosis. Dosis 20 ton/ha memberikan peningkatan pH tanah menjadi 5,35 atau menunjukkan peningkatan dibandingkan 0 ton/ha (kontrol) sebesar 4,8 %.

Nitrogen Total tanah

Pengaruh perlakuan terhadap kandungan nitrogen total tanah (Tabel 3.) menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata antara pengaruh perlakuan terhadap kandungan nitrogen total tanah. Perlakuan P5 memberikan pengaruh tertinggi terhadap peningkatan kandungan nitrogen tanah sebesar 0,180 % atau memberikan peningkatan sebesar 4,9 % dibandingkan dengan kontrol (P6). Perlakuan dosis tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan perlakuan D3 memberikan nilai kandungan nitrogen tanah tertinggi sebesar 0,181 %.

Phospor Tersedia Tanah

Phospor tersedia tanah menunjukkan tidak berbeda nyata terhadap jenis perlakuan maupun perlakuan dosis. Tabel 3. menunjukkan perlakuan P5 memberikan peningkatan kandungan phospor tersedia tanah dengan nilai tertinggi sebesar 48,9 ppm. Jika dibandingkan dengan P6 (kontrol), semua perlakuan memberikan pengaruh peningkatan kandungan phospor tanah sebesar 21,2 – 39,9 %.

Pembahasan

Biochar memberikan pengaruh terhadap peningkatan sifat kimia tanah seperti pH, bahan organik, nitrogen total dan phospor tersedia tanah. Bahan organik merupakan bahan didalam atau permukaan tanah yang berasal dari sisa tumbuhan, hewan, dan manusia baik yang telah mengalami dekomposisi lanjut maupun yang sedang mengalami proses dekomposisi (Utami & Handayani, 2004). Peningkatan bahan organik tanah akibat penambahan biochar disebabkan oleh kandungan karbon total perlakuan (Tabel 2) dan proses dekomposisi dari perlakuan. Organisme (makro maupun mikro) yang seluruh atau sebagian besar daur hidupnya dilakukan didalam tubuh tanah maupun permukaan tanah yang berperan dalam membantu mendekomposisi bahan organik (Suin, 2006). Perlakuan biochar dicampur dalam

pembuatan kompos (P3) menunjukkan nilai bahan organik tanah tertinggi karena terjadi interaksi antara bahan organik dengan organisme pendekomposisi sehingga meningkatkan kandungan bahan organik tanah. Kandungan karbon dan nutrisi biochar yang tinggi memberikan pengaruh terhadap peningkatan karbon organik dan bahan organik tanah (Qadeer *et al.*, 2014, Chan *et al.*, 2007).

Biochar memberikan pengaruh terhadap peningkatan pH tanah. Perlakuan penambahan biochar (P1) dan biochar dicampur dengan pembuatan kompos (P3) menunjukkan nilai pH tertinggi disebabkan oleh biochar memiliki pH yang tinggi dan kandungan bahan organik yang tinggi. Dilaporkan bahwa peningkatan bahan organik tanah dengan pemberian organik pada tanah masam, antara lain Inceptisol, Ultisol dan Andisol mampu meningkatkan pH tanah dan mampu menurunkan Al tertukar tanah (Atmojo, 2003). Hasil ini sejalan dengan beberapa penelitian (Abewa *et al.*, 2014; Laird, 2008; Yamato *et al.*, 2006) yang menunjukkan peningkatan pH tanah akibat aplikasi biochar. Liard *et al.* (2010) melaporkan peningkatan pH 1 unit setelah aplikasi biochar. Aplikasi biochar kulit kayu 37 ton/ha meningkatkan pH 1-1,5 unit (Yamato *et al.*, 2006).

Kandungan nitrogen total tanah dapat dipengaruhi oleh kemampuan fiksasi N oleh mikroorganisme, pemberian pupuk dan kemampuan tanah dalam mengurangi *leaching* dan *volatile* N. Perlakuan biochar+OCF memberikan pengaruh terhadap peningkatan kandungan nitrogen tanah disebabkan oleh kandungan nitrogen OCF yang tinggi dan kemampuan biochar untuk mencegah kehilangan N. Aplikasi biochar tidak memberikan efek langsung terhadap peningkatan kandungan nitrogen tanah, tetapi mencegah hilangnya nitrogen akibat terlindi (*leaching*). Menurut Clough *et al.* (2013), biochar memiliki kemampuan adsorpsi NO_3^- yang tinggi sehingga mencegah terlindinya nitrogen pada permukaan tanah. Biochar dilaporkan juga dapat mengurangi emisi aroma/bau ketika

dicampurkan dalam pengomposan dan memberikan peningkatan kandungan asam-asam humat dan fulvat dengan derajat polymerisasi yang tinggi pada kompos (Dias *et al.*, 2010).

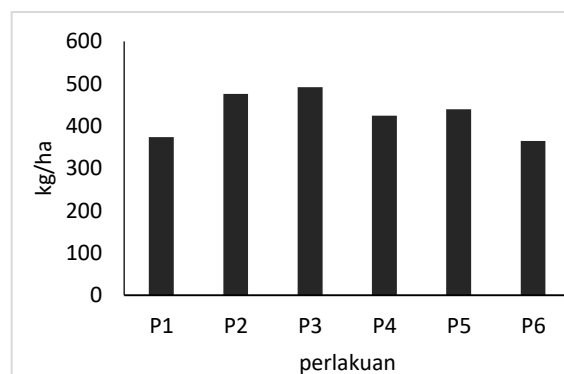
Phospor berperan untuk pembentukan sel, sehingga apabila phospor yang diserap oleh tanaman kurang maka pertumbuhan tanaman akan terhambat (Poerwanto, 2003). Kandungan phospor pada tanah dipengaruhi antara lain oleh pemberian pupuk, jenis batuan dan kemampuan pelarutan P oleh mikroorganisme. Peningkatan kandungan phospor tersedia tanah pada perlakuan biochar+OCF disebabkan oleh tingginya kandungan phospor pada perlakuan dan karakter dari biochar. Peningkatan phospor tersedia akibat aplikasi biochar dapat terjadi karena biochar memberikan efek pengapuran pada tanah masam untuk mengendapkan Al dan Fe menjadi $Fe(OH)_3$ dan $Al(OH)_3$ (Tisdale *et al.*, 2002). Ketersediaan phospor tertinggi secara umum berada pada kondisi pH 5,5-7,0 sehingga $H_2PO_4^-$ tersedia secara optimal dimana $H_2PO_4^-$ lebih mudah diserap tanaman (Abewa *et al.*, 2014; Tisdale *et al.*, 2002). Biochar juga menahan P yang tidak bisa diretensi oleh bahan organik tanah biasa (Lehmann, 2007). Lehmann & Rondon (2006), melaporkan peningkatan phospor tersedia setelah aplikasi biochar dimungkinkan karena kandungan dari biochar itu sendiri dan perubahan kondisi mikrobiologi tanah.

Produktivitas dan mutu tembakau

Pertumbuhan tanaman sangat tergantung dengan kondisi lingkungan baik biotik maupun abiotik. Kondisi tanah berperan penting sebagai media tanam dan penyedia unsur hara untuk tanaman. Produktivitas daun tembakau rajangan kering disajikan dalam Gambar 4. Semua perlakuan menunjukkan kecenderungan terhadap peningkatan produktivitas namun tidak menunjukkan berbeda nyata. Peningkatan produktivitas disebabkan oleh peningkatan kandungan hara pada tanah.

Lehmann (2007), melaporkan bahwa peningkatan bahan organik tanah nyata meningkatkan berbagai fungsi tanah tak terkecuali retensi dari berbagai unsur hara esensial bagi pertumbuhan tanaman.

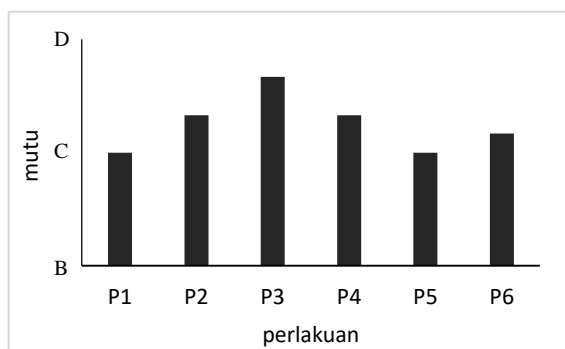
Biochar lebih efektif menahan unsur hara untuk ketersediaannya bagi tanaman dibanding bahan organik lain seperti sampah dedaunan, kompos atau pupuk kandang. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa aplikasi biochar memberikan peningkatan terhadap penyediaan nutrisi untuk tanaman yang berpengaruh pada pertumbuhan tanaman serta memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Glaser *et al.*, 2002; Rondon *et al.*, 2007). Perbaikan sifat biologi tanah memberikan efek dalam peningkatan kelimpahan mikrobiologi dan aktivitas enzim pada tanah sehingga berpengaruh terhadap daur unsur hara, ketahanan tanaman dan pertumbuhan tanaman (Lehmann *et al.*, 2011). Perlakuan biochar dicampur dalam pembuatan kompos (P3) menunjukkan produktivitas rajangan tembakau kering sebesar 491,6 kg/ha. Penelitian lain menunjukkan penggunaan biochar memberikan pengaruh terhadap berat tanaman, besar diameter batang dan daun dan peningkatan kualitas daun tembakau (Yude *et al.*, 2015).



Gambar 4. Pengaruh jenis perlakuan terhadap produktivitas rajangan tembakau kering

Mutu tembakau adalah gabungan dari semua sifat fisik, organoleptik kimia dan ekonomi yang menyebabkan tembakau tersebut sesuai atau tidak untuk tujuan pemakaian tertentu (Abdallah, 1970). Pengujian mutu tembakau dilakukan oleh

beberapa *grader* dengan menggunakan penilaian berdasarkan warna, pegangan, dan aroma kadang-kadang juga dilengkapi dengan dibakar dan dihisap asapnya untuk lebih memastikan mutunya (Hartono *et al.*, 2000). Berdasarkan Gambar. 5 terlihat bahwa perlakuan biochar dicampur dalam pembuatan kompos (P3) memberikan pengaruh terbaik dengan mutu C-D. Berdasarkan SNI 01-4101-1994 tentang tembakau ranjangan temanggung mutu tembakau ranjangan temanggung terendah dinotasikan dengan mutu A dan tertinggi dengan mutu K. Tembakau srintil dikategorikan sebagai mutu E sampai K. Mutu D dideskripsikan sebagai tembakau ranjangan dengan: warna merah kecoklatan, cerah; pegangan/bodi tebal, *antep*, mantap, supel, berminyak, lekat, mudah *ngempel*; aroma segar, harum, cukup mantap, gurih, manis dan kurang halus; kemurnian cukup; dan kebersihan yang baik. Mutu C dideskripsikan sebagai tembakau ranjangan dengan: warna merah kecoklatan, cerah; pegangan/bodi sedang, cukup mantap, cukup supel, cukup berminyak, *kepyar*; aroma segar, harum, cukup mantap, cukup gurih, cukup manis dan kurang halus; kemurnian cukup; dan kebersihan yang cukup baik.



Gambar 5. Pengaruh jenis perlakuan terhadap mutu ranjangan tembakau

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan biochar menunjukkan pengaruh yang positif terhadap produktivitas tembakau dan sifat kimia tanah pada budidaya tembakau varietas kemloko di

Kabupaten Temanggung. Perlakuan biochar dicampur dalam pembuatan kompos memberikan peningkatan produktivitas sebesar 491,6 kg/ha dan mutu tembakau tertinggi. Hasil analisis kimia tanah menunjukkan perlakuan biochar dicampur dalam pembuatan kompos menunjukkan peningkatan terhadap parameter pH tanah sebesar 5,46, kandungan bahan organik tanah sebesar 2,66 %, dan nitrogen total tanah sebesar 0,180 %.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis dalam kesempatan ini mengucapkan terimakasih kepada Bapak Sangit atas fasilitas lahan untuk penelitian dan PT. Gudang Garam Tbk atas dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdallah, F. (1970). *Can tobacco quality be measured*. Lockwood Publishing Company, Inc., New York.
- Abewa, A., Birru Y., Yihenew G.S. & Tadele A. (2014). The Role of Biochar on Acid Soil Reclamation and Yield of Teff (*Eragrostis tef* [Zucc] Trotter) In Northwestern Ethiopia. *Journal of Agricultural Science* 6 (1):2014.
- Atmojo, S.W. (2003). Peranan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya In *Pidato Pengukuhan Guru Besar Ilmu Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Temanggung. (2016). *Kabupaten Temanggung dalam Angka 2016*. Badan Usaha Milik Daerah PD. Aneka Usaha Kabupaten Temanggung, Temanggung.
- Bruun, S., Erik S.J. & Lars S.J. (2008). Microbial mineralization and assimilation of black carbon: dependency on degree of thermal alteration. *Organic Geochemistry*, 39:839-845.
- Chan, K.Y., L. Van Zwieten, I. Meszaros & S.D. Joseph. (2007). Agronomic values of greenwaste biochar as a soil

- amendment. *Australian Journal of Soil Research*, 45:629–634.
- Clough, T.J., Leo M.C., Claudia K. & Christoph M. (2013). A review of biochar and soil nitrogen dynamics. *Agronomy*, 3(2):275-293.
- Dias, B.O., Carlos A.S., Fábio S.H., Asunción R., & Miguel A.S. (2010). Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: Effect on organic matter degradation and humification. *Bioresource Technology*, 101:1239–1246.
- Glaser, B., Lehmann, J., & Zech, W. (2002). Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal - a review. *Biology and Fertility of Soils*, 35:219-230.
- Hardjowigeno, S. (1993). *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Akademika Pressindo, Jakarta.
- Harno, R. (2004, Oktober). Tembakau dilihat dari sudut pandang pabrik rokok, In *Seminar Revitalisasi Sistem Agribisnis Tembakau Bahan Baku Rokok*. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang.
- Hartono, J., Abi D.H. & Samsuri T. (2000). Penilaian dan Penetapan Mutu Tembakau Rajangan Temanggung In *Monograf Tembakau Temanggung*. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang.
- Kurnaini, Z.D. (2016, Oktober). Kebijakan Cukai Hasil Tembakau In *Round Table Discussion Rokok: Perspektif Kesehatan Masyarakat vs Perspektif Ekonomi*. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Laird, D.A. (2008). The charcoal vision: A win-win-win scenario for simultaneously producing bio-energy, permanently sequestering carbon, while improving soil and water quality. *Agronomy Journal*, 100:178-181.
- Lehmann, J., J. Gaunt & M. Rondon. (2006). Biochar sequestration in terrestrial ecosystems- A review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11:403-427.
- Lehmann, J. (2007). Bioenergy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5:381-387.
- Lehmann, J. & Joseph S. (2009). *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan, London.
- Lehmann, J., Matthias C. R., Janice T., Caroline A. M., William C. H., & David C. (2011). Biochar effects on soil biota. *Soil Biology & Biochemistry*, 43:1812 - 1836.
- Maftu'ah, E. dan Dedi N. (2015, Juli). Potensi berbagai bahan organik rawa sebagai sumber biochar. In A.D Setyawan (Chair), *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Poerwanto, R. (2003). *Budidaya buah-buahan: Proses Pembungaan dan Pematangan*. IPB Press, Bogor.
- Qadeer, S., Aniq B., Audil R., Azeem K., Nafeesa S. & Muhammad A. G. (2014). Effectiveness of biochar in soil conditioning under simulated ecological conditions. *Soil and Environment*, 33(2):149-158.
- Rochman, F. (2013). Pengembangan varietas unggul tembakau temanggung tahan penyakit. *Jurnal Litbang Pertanian*, 32(1):30-38.
- Rondon, M. A., J. Lehmann, J. Ramirez, & M. Hurtado. (2007). Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with biochar additions. *Biology and fertility of soils*, 43:699-708.
- SNI. (1996). *Standar Nasional Indonesia-Tembakau Rajangan Temanggung*. SNI: 01-4101-1996, Dewan Standardisasi Nasional.
- Suin, N. M. (2006). *Ekologi Hewan Tanah (Edisi ke 3)*. Bumi Aksara, Jakarta.
- Tisdale, S., Nelson, W., Beaton, J., & Havlin, J. (2002). *Soil Fertility and Fertilizers (5th ed.)*. Prenticehall, Inc., USA.
- Tomašić, M., T.Zgorelec, A Jurišić and I. Kisić. (2013). Cation exchange capacity of dominant soil types in the Republic of

- Croatia. *Journal of Central European Agriculture*, 14(3):931-957.
- Utami, S.M.H dan S.Handayani. 2004. Sifat Kimia Entisol Pertanian Organik dan Anorganik. *Jurnal Ilmu Tanah*, 10:63-69.
- Yamato, M., Y. Okimori, Irhas F.W., Saifuddin A., & M.Ogawa. (2006). Effects of the application of charred bark of acacia mangium on the yield of maize, cowpea and peanut, and soil chemical properties in south Sumatra, Indonesia. *Soil Science and Plant Nutrition*, 52:489-495.
- Yude Niu, Zhaojun Nie, Jinfeng Li, Zhijian Han, Hongxing Yang, Guoliang Wang, Yunpeng Mei, Xianfeng Li, Jianhua Tang, Xiefeng Ye & Hongen Liu. (2015). Effect of different biochar dosages and types on growth, yield and output value of flue-cured tobacco in hanzhong area. *Agricultural Science & Technology*, 16(11):2476-2480.

