



Yayasan Bina Patria Nusantara
UNIVERSITAS TRIBHUWANA TUNGGADEWI
UPT Penerbitan & Jurnal Ilmiah (UPT PJI)

Jl. Telaga Warna, Tlogomas, Malang 65144 - Indonesia, Telp. (0341) 565500, Fax. (0341) 565522

SURAT KETERANGAN

Nomor: 196/ TB-UPT-PJI/TU-210/X/2019

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ronasari Mahaji Putri, M.Kes
NIDN : 0722027803
Jabatan : Kepala UPT Penerbitan dan Jurnal Ilmiah
Universitas Tribhuwana Tunggadewi

Menerangkan bahwa artikel

Nama : Widowati, Sutoyo, Hidayati Karamina
Institusi : Universitas Tribhuwana Tunggadewi, Malang
Judul : PERBAIKAN TANAH TERDEGRADASI DENGAN BIOCHAR
PADA TANAMAN JAGUNG

telah melalui pemeriksaan cek plagiarism checker dengan hasil 8% dan dinyatakan memenuhi ketentuan publikasi artikel (dibawah 20%). Hasil cek plagiasi terlampir.

Demikian surat pernyataan ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 01 Oktober 2019

Kepala UPT Penerbitan dan Jurnal Ilmiah

Ronasari Mahaji Putri, M.Kes
NIDN: 0722027803



Plagiarism Checker X Originality Report

Similarity Found: 8%

Date: Selasa, Oktober 01, 2019

Statistics: 964 words Plagiarized / 11947 Total words

Remarks: Low Plagiarism Detected - Your Document needs Optional Improvement.

PERBAIKAN TANAH TERDEGRADASI DENGAN BIOCHAR PADA TANAMAN JAGUNG 1.

PENDAHULUAN Indonesia memiliki lahan terdegradasi yang luas dan berpotensi untuk dikembangkan. Lahan yang **terdegradasi dan menjadi kritis** pada tahun 1993 mencapai 18 juta ha. Pada tahun 2003, lahan terdegradasi mencapai 23.2 juta ha, sehingga dalam waktu 10 tahun terjadi peningkatan luas 5.2 juta ha (Baja, 2005).

Namun hingga kini pengembangan lahan terdegradasi untuk pertanian menghasilkan produktivitas yang rendah, pertumbuhan kurang baik, dan belum dapat mencapai sasaran yang berlanjut. Menurut FAO (1977), degradasi tanah **adalah hasil satu atau lebih proses terjadinya penurunan kemampuan tanah secara aktual maupun potensial untuk memproduksi barang dan jasa**. Degradasi tanah mempengaruhi kualitas tanah.

Kualitas tanah adalah kapasitas tanah untuk menjalankan fungsinya dalam batasan ekosistem alami atau buatan untuk mempertahankan produktivitas tanaman, memperbaiki **kualitas air dan udara** serta mendukung kesehatan manusia (Karlen et al., 1997). Tanah yang terdegradasi akan kehilangan lapisan atas tanah dan **unsur hara yang dibutuhkan** tanaman, berkurangnya kandungan karbon organik sehingga struktur tanah jelek, stabilitas agregat tanah tidak mantab, permeabilitas tanah menurun, dan populasi mikroorganisme tanah yang bermanfaat bagi tanaman menurun.

Beberapa hasil penelitian tentang penggunaan bahan pembenah tanah untuk merehabilitasi lahan kering terdegradasi telah dilakukan, seperti zeolit (Sutono dan Agus, 1998), pupuk kandang (Abdurahman et al., 2000), biomassa flemingia dan sisa tanaman (Nurida, 2006). Hingga saat ini bahan-bahan tersebut sudah banyak digunakan namun menyulitkan dalam penyediaan dan pemanfaatan dalam jumlah besar menjadi tidak realistis.

Bahan organik yang digunakan sifatnya labil dan kandungan karbon organiknya berubah sangat cepat sehingga menurunkan kandungan karbon organik tanah, meningkatkan emisi CO₂ dan gas rumah kaca lain serta harus ditambahkan setiap musim tanam agar produktivitas tanah terjaga. Akhir-akhir ini, beberapa peneliti Indonesia telah menggunakan biochar sebagai bahan pembenah tanah, diantaranya pada lahan kering masam terdegradasi Tamanbogo (Nurida et al., 2006), pada tanah sulfat masam di Kalimantan (Masulili et al., 2010), dan tanah pasir Mataram (Sukartono et al., 2011).

Biochar merupakan bentuk karbon amorf yang terdiri dari konversi dalam ketiadaan oksigen dan dapat memberikan suatu alternatif untuk menghasilkan energi serta pengembalian karbon dan nutrisi ke dalam tanah. Biochar adalah substansi halus dan berpori, dihasilkan oleh pirolisis, proses termo-kimia dimana biomassa dipanaskan tanpa oksigen. Arang yang dibuat secara tradisional merupakan salah satu contoh biochar yang dihasilkan dari kayu.

Biochar merupakan senyawa karbon yang relatif stabil dan mempunyai afinitas yang tinggi terhadap kation sehingga sangat bermanfaat untuk mengurangi laju degradasi tanah. Biochar dihasilkan dari bahan organik. Bahan baku biochar (limbah pertanian, peternakan, kehutanan, sampah organik) dan kondisi proses (terutama suhu dan waktu) akan mempengaruhi sifat kimia dan fisik biochar yang dihasilkan dan lebih lanjut akan berbeda dalam mempengaruhi perubahan sifat-sifat tanah.

Pirolisis dengan temperatur rendah (<500 °C), komposisi bahan baku memiliki pengaruh pada karakteristik biochar dan berdampak pada produktivitas pertanian seperti kapasitas tukar kation dan kandungan hara (Gaskin et al., 2008). Konsentrasi karbon pada suhu rendah berkisar dari 380 g kg⁻¹ untuk biochar kotoran unggas (Chan et al., 2008), 692 g kg⁻¹ untuk stover gandum (Chun et al.,

2004), 790 g kg⁻¹ untuk biochar chip pinus (Gaskin et al., 2008). Konsentrasi nitrogen dalam biochar berkisar dari 1,4 g kg⁻¹ (chip pinus), 19 g kg⁻¹ (kacang), sampai 40 g kg⁻¹ (kotoran unggas). Konsentrasi P dan K yang rendah dalam biochar chip pinus, masing-masing 0,089 dan 0,659 g kg⁻¹ dan tinggi dalam biochar kotoran unggas, masing-masing 33,6 dan 45,6 g kg⁻¹ (Gaskin et al., 2008).

Hasil-hasil penelitian tentang penggunaan biochar telah membuktikan bahwa biochar merupakan bahan amandemen tanah yang sangat prospektif (Wolf, 2008). Disamping dapat memperbaiki sifat-sifat tanah, penggunaan biochar pada tanah tropika dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara tanah dalam jangka panjang (Glaser et al., 2002;

Lehmann et al., 2003; Rondon et al., 2007; Steiner et al., 2008).

Penggunaan biochar dapat meningkatkan produktivitas tanah melalui perbaikan sifat fisika, kimia, dan biologi tanah (Glaser et al., 2002; Lehmann et al., 2003; Chan et al., 2007). Perbaikan struktur tanah, peningkatan kapasitas penyimpanan air tanah dan penurunan kekuatan tanah telah dilaporkan oleh Chan et al. (2007). Di samping pengaruh langsung seperti dibahas di atas, Lehman et al. (2003), Steiner et al. (2008) dan Widowati et al.

(2012) melaporkan bahwa penggunaan biochar dapat meningkatkan efisiensi pemupukan nitrogen. Pengaruh positif biochar terhadap kesuburan biologi tanah terjadi melalui peningkatan aktivitas jasad mikro tanah (Steiner et al., 2008), koloni mycorrhiza (Warnock et al. 2007), dan fiksasi nitrogen pada tanaman polong (Rondon et al. 2007). Islami et al.

(2011) menunjukkan bahwa biochar dapat meningkatkan dan menjaga kesinambungan produksi tanaman ubi kayu yang ditanam secara tumpangsari. Biochar dapat dihasilkan dari berbagai bahan organik dan di bawah kondisi yang berbeda dan akan menghasilkan produk yang bervariasi sifat perilakunya (Baldock dan Smernik 2002; Nguyen et al., 2004; Guerrero et al., 2005), karenanya akan berbeda dalam mempengaruhi perubahan sifat-sifat tanah.

Karakteristik biochar dapat mempengaruhi ketersediaan hara. Menurut Widowati et al. (2011), kemampuan penghambatan pelepasan N dalam bentuk an-ion-NO₃- dari biochar pupuk kandang lebih besar dari biochar sampah organik. Widowati et al., (2014a) melaporkan bahwa banyaknya nitrat yang tercuci tidak berbeda pada level dosis biochar kayu dan tempurung kelapa.

Akan tetapi jumlah nitrat akan meningkat dengan bertambahnya dosis biochar sekam padi. Pilihan bahan baku biochar (limbah pertanian, perkebunan, peternakan, kehutanan, sampah) dan proses kondisi akan mempengaruhi sifat kimia dan fisik biochar yang dihasilkan. Sifat-sifat biochar tentunya akan mempengaruhi interaksi biochar ketika diterapkan di dalam tanah.

Lebih lanjut akan mempengaruhi tanaman yang tumbuh di atasnya. Sampai sejauh ini para peneliti di Indonesia telah menggunakan biochar dengan dosis tidak lebih dari 15 t ha⁻¹ sebagaimana yang digunakan pada pupuk organik. Masalahnya apakah bahan dan dosis biochar yang berbeda akan memberi pengaruh yang berbeda terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman, perubahan sifat-sifat kimia tanah terdegradasi, maupun ketersediaan hara N,P,K di dalam tanah. Tanah yang sedang mengalami

degradasi menyebabkan tingkat **kesuburan dan produktivitas tanah** rendah.

Kendala pada penelitian ini adalah tanah lempung berliat yang lapisan tanah atas telah diambil untuk bahan baku pembuatan batu bata sehingga tanah memiliki karakteristik sebagai berikut: tingkat kemasaman sedang, kapasitas tukar kation rendah, karbon organik tanah sangat rendah, nitrogen, fosfor, dan kalium sangat rendah, magnesium dan kalsium rendah.

Penelitian tentang penggunaan biochar pada tanah terdegradasi dipandang perlu karena belum banyak informasi tentang bagaimana pengaruh bahan dan dosis **biochar terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman** serta ketersediaan hara di dalam tanah yang sedang terdegradasi. II. TINJAUAN PUSTAKA 2.1. **Degradasi Tanah Menurut FAO (1977), degradasi tanah adalah hasil satu atau lebih proses terjadinya penurunan kemampuan tanah secara aktual maupun potensial untuk memproduksi barang dan jasa. Degradasi tanah mempengaruhi kualitas tanah.**

Kualitas tanah adalah kapasitas tanah untuk menjalankan fungsinya dalam batasan ekosistem alami atau buatan untuk mempertahankan produktivitas tanaman, memperbaiki **kualitas air dan udara, dan mendukung kesehatan manusia** (Karlen et al., 1997). Tanah yang terdegradasi akan kehilangan lapisan atas tanah dan **unsur hara yang dibutuhkan** tanaman, berkurangnya kandungan karbon organik sehingga struktur tanah jelek, stabilitas agregat tanah tidak mantap, permeabilitas tanah menurun, dan populasi mikroorganisme tanah yang bermanfaat bagi tanaman menurun.

Degradasi tanah merupakan **masalah yang harus dihadapi** Indonesia dan menjadi permasalahan dunia yang serius. Lebih dari 20% dari seluruh area budidaya, 30% hutan dan 10% padang rumput sedang memburuk. **Sekitar 22% lahan yang terdegradasi berada di wilayah** kering, sementara 78% berada di wilayah basah (FAO, 2008).

Menurut Lal (1998), degradasi dan hilangnya tanah pertanian yang produktif **adalah salah satu dari** keprihatinan ekologis yang paling mendesak, yang hanya disaingi masalah lingkungan yang disebabkan manusia seperti perubahan iklim global, penipisan lapisan pelindung ozon, dan penurunan keanekaragaman hayati. **Barrow (1991) mendefinisikan degradasi lahan sebagai hilangnya atau berkurangnya kegunaan atau potensi kegunaan lahan untuk mendukung kehidupan.**

Kehilangan atau perubahan kenampakan tersebut menyebabkan fungsinya tidak dapat diganti oleh yang lain. Banyaknya curah hujan di daerah tropis dapat menimbulkan kehilangan unsur hara melalui pencucian. Air dapat membawa bahan pupuk kimia keluar dari zona akar sehingga tanaman tidak dapat memanfaatkan unsur hara.

Jumlah nitrogen yang ditambahkan dapat hilang tercuci dari zona perakaran dengan kerugian hingga 80% (Lehmann et al, 2003). **Unsur hara di dalam tanah** dapat tercuci ke bawah yang jauh dari zona akar tanaman (Randall et al., 1997). Hal ini dapat terjadi sangat cepat di tanah lempung (Renck dan Lehmann, 2004).

Pencucian unsur hara secara intensif menghasilkan **nilai pH tanah yang** rendah terutama bila terjadi pada tanah terdegradasi. Degradasi tanah sangat membatasi kesuburan tanah pertanian dan produksi tanaman. **Kesuburan tanah yang rendah** akan menimbulkan kekhawatiran pada keberlanjutan sistem pertanian.

Disamping itu lamanya kondisi tergenang atau jenuh air (drainase) sangat berarti bagi pengelolaan **air dan unsur hara** bagi tanaman. Degradasi tanah menyebabkan **ketersediaan sumber daya lahan** potensial untuk pertanian semakin terbatas. Degradasi tanah merupakan isu penting karena terkait dengan pengelolaan lahan dan kualitas lingkungan berlanjut (Firmansyah et al., 2008).

Degradasi tanah berkaitan dengan pertambahan jumlah penduduk dan penggunaan **lahan yang tidak memperhatikan** aspek konservasi. Disamping itu praktek budidaya pertanian sering **menimbulkan dampak pada degradasi lahan**. **Klasifikasi degradasi tanah di tingkat global (GLASOD) dan tingkat regional di Asia Selatan dan Asia Tenggara (ASSOD) lebih menekankan pada faktor eksternal erosi serta faktor internal** memburuknya sifat kimia dan fisik tanah akibat ulah manusia (Lynden and Oldeman 1997), sedangkan klasifikasi degradasi tanah di Indonesia beragam.

Menurut Suwardjo et al, (1996), **klasifikasi degradasi tanah di sektor pertanian** mengartikannya sebagai tanah kritis sedangkan PP No. 150/2000 menyebutnya sebagai tanah rusak. **Pembangunan pertanian konvensional yang telah kita lakukan di masa lalu nampaknya belum menjamin keberlanjutan program pembangunan pertanian** (Suntoro, 2006).

Lahan yang **terdegradasi dan menjadi kritis** pada tahun 1993 mencapai 18 juta ha. Pada tahun 2003, lahan terdegradasi mencapai 23.2 juta ha, sehingga dalam waktu 10 tahun terjadi peningkatan luas 5.2 juta ha (Baja, 2005). Menurut Notohaprawiro (2006), mengelola sifat-sifat tanah merupakan salah satu dari **enam bidang besar yang pantas diberi prioritas** perhatian.

Konversi **lahan, degradasi lahan dan air, perubahan iklim, dan kerusakan lingkungan** menjadi kendala utama dalam pembangunan pertanian di masa yang akan datang (Mulyani et al., 2011). Pemerintah **sampai saat ini masih** menunggu inovasi teknologi

yang dapat memperbaiki lahan pertanian terdegradasi. Lahan terdegradasi tersebar di beberapa pulau, prospeknya baik untuk pengembangan pertanian namun sekarang ini belum dikelola dengan baik.

Abduracman (2008) melaporkan bahwa pemanfaatan lahan kering yang tersedia cukup luas dan secara teknis sesuai untuk pertanian. Lahan-lahan tersebut kondisi kesuburannya rendah sehingga diperlukan inovasi teknologi untuk memperbaiki produktivitasnya. Menurut Permentan No. 41/Permentan/OT.140/9/2009 tahun 2009, intensifikasi kawasan atau lahan pertanian pangan berlanjut, salah satunya dilakukan dengan peningkatan kesuburan tanah.

Oleh karena itu upaya yang dilakukan untuk memperbaiki tanah terdegradasi adalah menambah bahan pembenah tanah. Luas lahan rentan terhadap degradasi tanah diperkirakan sekitar 2 milyar ha, yang 562 MHA (29,7%) merupakan lahan pertanian, 685 juta ha (34,8%) adalah permanen padang rumput dan 719 MHA (35,5%) adalah hutan (Oldeman et al., 1991).

Degradasi lahan berhubungan dengan degradasi tanah untuk menghasilkan biomassa secara tidak bijaksana seperti pengelolaan tanah yang semena-mena, penggunaan pupuk kimia, pestisida, dan herbisida yang terus-menerus dengan dosis yang melebihi takaran. Degradasi lahan disebabkan oleh tiga aspek, yaitu aspek fisik, kimia dan biologi. Degradasi secara fisik terdiri dari pemadatan, pengerakan, ketidakseimbangan air, terhalangnya aerasi, aliran permukaan, dan erosi.

Degradasi kimiawi terdiri dari asidifikasi, pengurangan unsur hara, pencucian, ketidakseimbangan unsur hara dan keracunan, salinisasi, dan alkalinisasi. Sedangkan degradasi biologis meliputi penurunan karbon organik tanah, penurunan keanekaragaman hayati tanah, dan penurunan karbon biomas (Barrow, 1991). Degradasi lahan akan mengakibatkan penurunan produktivitas, migrasi, ketidakamanan pangan, bahaya bagi sumberdaya dan ekosistem dasar, serta kehilangan biodiversitas melalui perubahan habitat baik pada tingkat spesies maupun genetika.

Selain itu degradasi lahan akan berdampak pada kehidupan sosial ekonomi masyarakat yang bergantung pada lahan sebagai sumber penghidupannya berupa meningkatnya angka kemiskinan. FAO memperkirakan bahwa 1,5 miliar penduduk, atau sekitar seperempat dari populasi dunia, secara langsung bergantung pada lahan yang kini sedang terdegradasi (FAO, 2008).

Berbagai upaya untuk mencegah degradasi tanah maupun untuk meningkatkan sifat fisiko-kimia tanah, seperti rehabilitasi lahan dengan penanaman pohon dan pemberian

pupuk dan bahan organik. Akan tetapi hingga kini masih sulit diperbaiki karena berkurangnya/hilangnya fungsi tanah sebagai media dan tempat akar bertumbuh itu berkaitan dengan bahan organik tanah. Bahan organik tanah **berperan penting dalam menentukan** kesuburan dan produktivitas tanah. Bahan organik sebagai penentu kemampuan tanah mendukung tanaman.

Di negara tropis, bahan organik tanah sangat rentan terhadap dekomposisi dan mineralisasi. Kandungan **bahan organik yang rendah** akan menyebabkan kapasitas air tersedia rendah dan struktur tanah pertanian lemah (Mbagwu 1989; Piccolo et al., 1996). Za et al.

(1997) melaporkan bahwa di lingkungan tropis, pertanian berkelanjutan menghadapi kendala besar karena kandungan unsur hara rendah dan mempercepat mineralisasi bahan organik tanah. Sebagai akibatnya **kapasitas tukar kation (KTK)** rendah karena mineralogi tanah liat menurun lebih lanjut. Dalam keadaan seperti itu, efisiensi pupuk mineral yang digunakan menjadi sangat rendah, hilangnya nutrisi mobil seperti NO_3^- atau K^+ dari lapisan atas tanah meningkat oleh **curah hujan yang tinggi** (Melgar et al. 1992; Cahn et al. 1993). 2.2.

Penggunaan Biochar untuk Pertanian Di daerah tropis, produksi tanaman sangat dibatasi oleh kualitas tanah yang rendah. Aplikasi dari mulsa, kompos, dan pupuk dapat meningkatkan kesuburan tanah. Namun dalam kondisi tropis, penambahan bahan organik dengan cepat teroksidasi dan basa yang ditambahkan tercuci dengan cepat (Tiessen et al, 1994).

Biochar telah digunakan sebagai bahan yang memperbaiki kesuburan tanah di daerah tropis. Para peneliti telah mengupayakan dengan menggunakan biochar dan membuktikan hasilnya (Glaser et al. 2002, Lehman et al. 2003, Chan et al. 2007, Liang et al. 2006, Yamato et al. 2006, Widowati et al. 2011, 2012). Menurut Glaser et al. (2002a, 2002b) dan Lehmann et al.

(2003), biochar dapat **digunakan sebagai amandemen tanah untuk meningkatkan kualitas tanah** pertanian. Penerapan biochar telah terbukti untuk mengurangi pencucian hara sendiri (Downie et al., 2009), memperbaiki kesuburan **tanah (Glaser et al., 2002; Steiner et al., 2007)**, meningkatkan efisiensi pemupukan N (Widowati et al., 2012), dan dapat mengurangi serta menggantikan pupuk K pada tanah Inseptisol (Widowati et al., 2014).

Penggunaan biochar atau yang disebut dengan arang sebagai bahan amandemen tanah untuk mewujudkan pertanian berkelanjutan di daerah tropis. Kinoshita (2001) mengatakan

bahwa biochar adalah padatan berpori hasil karbonisasi bahan-bahan mengandung karbon. Umumnya struktur arang berupa karbon amorf, yang tersusun dari karbon-karbon bebas berikatan kovalen membentuk struktur heksagonal datar (Puziy et al., 2003).

Biochar mempunyai afinitas yang tinggi terhadap kation. Di samping itu, biochar merupakan senyawa karbon yang relatif stabil, jauh lebih stabil dari senyawa organik yang tidak diarangkan (Badlock dan Smernik, 2002). Kedua karakteristik ini telah melahirkan gagasan bahwa biochar akan sangat bermanfaat untuk mengurangi laju degradasi tanah, sehingga kesinambungan produksi pangan dapat dijamin.

Di samping itu, adanya afinitas yang tinggi juga sangat membantu dalam menyelesaikan masalah polusi tanah dan air karena penggunaan berbagai bahan kimia pertanian yang berlebihan. Potensi penggunaan biochar sebagai bahan amandemen untuk menjaga kesinambungan **kesuburan dan produktivitas tanah di daerah tropis** telah dilaporkan oleh Topoliantz et al. (2005).

Faktor yang menguntungkan keseimbangan karbon global yaitu dapat mengurangi degradasi lahan pertanian yang ada, dan dengan demikian mengurangi tekanan terhadap sistem alam yang merupakan cadangan karbon serta keanekaragaman hayati. Biochar adalah substansi halus dan berpori, dihasilkan oleh pirolisis yaitu proses termo-kimia dimana biomassa dipanaskan tanpa oksigen.

Arang tradisional **merupakan salah satu contoh** biochar yang dihasilkan dari kayu. Arang tidak hanya mempengaruhi perubahan sifat kimia tanah, tetapi juga mempengaruhi sifat fisik tanah seperti sebagai retensi air tanah dan agregasi (Piccolo dan Mbagwu 1990; Piccolo et al. 1996). Efek ini mungkin meningkatkan ketersediaan air untuk tanaman dan mengurangi erosi (Mbagwu dan Piccolo 1997; Piccolo et al. 1997).

Biochar lebih stabil dari yang lainnya dan ketersediaan hara yang meningkat melebihi efek pupuk (Lehmann, 2009), tetapi sifat dasar stabilitas dan kapasitas nutrisi lebih efektif dibandingkan dengan bahan organik lain di dalam tanah. Hal ini berarti bahwa biochar tidak hanya seperti jenis kompos atau pupuk kandang yang meningkatkan sifat tanah, tetapi jauh lebih efisien meningkatkan kualitas tanah dari amandemen organik tanah lainnya. Kemampuan ini karena sifat kimia dan sifat fisik yang spesifik, seperti kepadatan tinggi (Liang et al.,

2006), yang menghasilkan retensi hara yang jauh lebih besar (Lehmann et al., 2003), dan dalam kombinasi dengan struktur kimia yang spesifik (Baldock dan Smernik, 2002) yang menyediakan jauh lebih besar ketahanan terhadap pembusukan mikroba dari bahan

organik tanah lainnya (Cheng et al., 2008).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan biochar dapat meningkatkan produktivitas tanah melalui perbaikan sifat kimia, fisika dan biologi tanah (Glaser et al., 2002; Lehmann et al., 2003; Chan et al., 2007). Penggunaan biochar dapat meningkatkan pH tanah dan meningkatkan KTK tanah (Liang et al., 2006; Yamato et al., 2006). Lehman et al. (2003) dan Steiner et al. (2008) telah melaporkan adanya peningkatan efisiensi pemupukan nitrogen pada tanah yang mengandung biochar.

Perbaikan struktur tanah, peningkatan kapasitas penyimpanan air tanah dan penurunan kekuatan tanah telah dilaporkan oleh Chan et al. (2007) yang melakukan penelitian pada tanah yang mudah mengeras di Australia. Pengaruh positif biochar terhadap kesuburan biologi tanah terjadi melalui peningkatan aktivitas jasad mikro tanah sehingga dapat meningkatkan komposisi dan biomassa jasad mikro tanah (Steiner et al., 2008).

Biochar meningkatkan porositas tanah dan kapasitas penyangga kelembaban yang menghasilkan pertumbuhan tanaman dan akar yang lebih baik (Khishimoto dan Sigiura, 1985). Pilihan bahan baku biochar (limbah pertanian, ternak, sampah) dan proses kondisi (terutama suhu dan waktu) akan mempengaruhi sifat kimia dan fisik biochar yang dihasilkan. Sifat-sifat biochar tentunya akan mempengaruhi interaksi biochar ketika diterapkan di dalam tanah.

Biochar dapat dihasilkan dari berbagai bahan organik dan di bawah kondisi yang berbeda akan menghasilkan produk yang bervariasi sifat perilakunya (Baldock dan Smernik 2002; Nguyen et al. 2004; Guerrero et al. 2005) dan karenanya akan berbeda dalam mempengaruhi perubahan sifat-sifat tanah. Pirolisis dengan temperatur rendah (<500°C), komposisi bahan baku memiliki pengaruh besar pada karakteristik biochar dan berdampak pada produktivitas pertanian seperti kapasitas tukar kation dan kandungan hara (Gaskin et al., 2008).

Konsentrasi karbon dalam suhu rendah berkisar dari 380 g kg⁻¹ untuk biochar kotoran unggas (Chan et al., 2008), 692 g kg⁻¹ untuk brangkas gandum (Chun et al., 2004), 790 g kg⁻¹ untuk biochar kulit pinus (Gaskin et al., 2008). Konsentrasi N berkisar dari 1,4 g kg⁻¹ (kulit pinus), 19 g kg⁻¹ (kacang) sampai 40 g kg⁻¹ (biochar kotoran unggas) (Gaskin et al., 2008).

Demikian juga, konsentrasi P dan K yang rendah di biochar chip pinus, masing-masing 0,089 dan 0,659 g kg⁻¹ (Gaskin et al., 2008) dan tinggi dalam biochar kotoran unggas, masing-masing 33,6 dan 45,6 g kg⁻¹ (Gaskin et al., 2008). Biochar memiliki sifat yang sangat berbeda tergantung pada bahan baku dan kondisi pirolisis yang digunakan

(Bonelli et al., 2010). Menurut Singh et al.

(2010), kandungan hara dari biochar sangat dipengaruhi oleh jenis bahan baku dan kondisi pirolisis. Setiap bahan baku dan kondisi pembuatan biochar akan mempengaruhi karakteristik biochar yang dihasilkan. Menurut Nguyen et al. (2004), biochar dihasilkan dari berbagai jenis organik dengan kondisi yang berbeda akan memberikan nilai perubahan tanah yang berbeda.

Banyaknya biochar yang ditambahkan ke tanah akan mempengaruhi efektivitas biochar dalam mengurangi kehilangan N tanah maupun pertumbuhan tanaman. Respon tanaman terhadap penambahan biochar telah dilaporkan bervariasi. Karena sifat biochar sangat bervariasi, tergantung pada sumber biomassa dan kondisi pirolisis (Mayor et al. 2009).

Demikian pula dengan kandungan mineral dari biochar dibuat dari bahan baku yang berbeda sangat bervariasi (Yao et al., 2012). Biochar telah terbukti dapat mengurangi kehilangan unsur hara melalui pencucian sehingga dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara, baik di laboratorium (Singh et al., 2010) maupun di rumah kaca (Lehmann et al, 2003; Widowati et al. 2012).

Tanggapan tanaman terhadap biochar bervariasi antara karakteristik biochar, jenis tanah dan jenis tumbuhan. Menurut Lehmann et al. (2009), dari data yang ada, tidak ada tingkat optimum dari aplikasi biochar. Hal ini karena variabilitas yang besar dalam sifat-sifat biochar. Oleh karena itu tingkat optimal aplikasi bahan biochar perlu ditentukan untuk jenis tanah yang sedang mengalami degradasi sebagai akibat budidaya secara intensif.

Dengan adanya perbaikan kesuburan kimia, fisika dan biologi, banyak penelitian telah membuktikan bahwa penggunaan biochar dapat memperbaiki pertumbuhan dan meningkatkan hasil tanaman (Lehman et al., 2003). Biochar sebagai bahan amandemen tanah memiliki potensi untuk meningkatkan hasil panen dan kualitas tanah terdegradasi. Biochar yang dihasilkan dari biomassa karbon hitam telah terbukti meningkatkan hasil panen (Lehmann et al., 2003; Rondon et al., 2007; Steiner et al., 2007).

Pengaruh biochar pada produktivitas tanaman tergantung pada jumlah yang ditambahkan. Baronti et al. (2010) menyebutkan bahwa semakin tinggi tingkat biochar ditambahkan ke tanah, semakin tinggi bahan kering ryegrass hingga batas ambang 60 t ha⁻¹, dosis selanjutnya (100 dan 120 t ha⁻¹) akan memberi efek negatif. Biochar sekam padi memberikan bobot biji jagung maksimum 18,19 t ha⁻¹ dengan dosis optimum 9 t ha⁻¹ (Sujana et al.,

2014). Berbagai tingkat aplikasi biochar (0,5-135 t ha⁻¹) serta berbagai tanggapan tanaman (-29 - 324%) (Glaser et al., 2002a). Chan et al. (2007b) melaporkan kurangnya respon positif tanaman ketika biochar greenwaste diterapkan hingga lebih dari 100 t ha⁻¹. Menurut Gaskin et al. (2008), penambahan biochar kacang lambung dengan pupuk N menyebabkan pengurangan hasil pada tingkat tertinggi aplikasi biochar 22 t ha⁻¹.

Lehmann dan Rondon (2006) melaporkan bahwa hasil tanaman meningkat dengan meningkatnya aplikasi biochar hingga 140 Mg C ha⁻¹ (namun tingkat hasil maksimal belum tercapai) pada **tanah di daerah tropis** lembab. Rondon et al. (2004) menyatakan bahwa pertumbuhan biomassa *Phaseolus vulgaris* L.

meningkat dengan aplikasi biochar sampai dengan 60 Mg C ha⁻¹ tetapi menurun dengan nilai yang sama seperti untuk perlakuan kontrol saat aplikasi biochar ditingkatkan menjadi 90 Mg C ha⁻¹ (walaupun hasil kacang masih meningkat). Lehmann dan Rondon (2006) menyimpulkan bahwa tanaman memberikan respon positif hingga biochar dosis 50 Mg C ha⁻¹. Hasil penelitian Yamato et al.

(2006) **menunjukkan bahwa penggunaan biochar** dari kayu accasia dapat meningkatkan hasil tanaman jagung, kacang tunggak dan kacang tanah. Penggunaan biochar dari bahan limbah hasil pertanian telah terbukti, di samping meningkatkan hasil tanaman wortel, juga meningkatkan kandungan N (Chan et al., 2007). III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN 3.1. Tujuan Penelitian 1. Mendapatkan bahan dan dosis biochar terbaik pada **pertumbuhan dan hasil tanaman** jagung. 2.

Mempelajari pengaruh bahan dan dosis biochar terhadap serapan hara N,P,K. 3. Mempelajari pengaruh bahan dan dosis biochar terhadap perubahan sifat kimia tanah. 3.2. Manfaat Penelitian 1. Untuk merehabilitasi tanah yang terdegradasi sehingga dapat memperbaiki kesuburan dan produktifitas, dan pada akhirnya akan meningkatkan hasil tanaman. 2.

Untuk memberi informasi tentang pengelolaan bahan organik tanah yang tahan lapuk, murah, mudah dan kemungkinan dapat diterima oleh petani. 3. Untuk memberi informasi tentang pengelolaan biomassa berbasis pertanian, perkebunan, kehutanan dengan menggunakan bahan baku yang tersedia lokal. IV. METODE PENELITIAN 4.1.

Karakteristik Tanah Terdegradasi Lokasi penelitian dari tanah yang sedang mengalami proses degradasi akibat lapisan tanah bagian atas telah diambil untuk pembuatan bata merah. Tanah Alfisol dari Desa Jatikerto, Kecamatan Sumber Pucung, Kabupaten

Malang. Lahan dengan kemiringan 25% dibuat teras dengan kedalaman efektif < 30 cm.

Penggunaan lahan pernah ditanami tebu dan ketela pohon dan dalam jangka yang lama ditumbuhi alang-alang. Kesuburan tanah dengan kandungan C organik 0,39%. pH H₂O (pH 1:1) 5,5; N total 0,08%; C/N 4; bahan organik 0,68%; P Bray 1 (6,35 mg kg⁻¹); K (0,43 mg 100 g⁻¹); Na (0,54 mg 100 g⁻¹); Ca (4,36 mg 100 g⁻¹); Mg (1,85 mg 100 g⁻¹); Jumlah basa (7,18); KB (51%); KTK (14,00 mg 100 g⁻¹).

Berat isi (1,06 g cm⁻³); berat jenis (2,33 g cm⁻³); porositas (54,5%); konduktivitas hidrolik jenuh (2,91 cm jam⁻¹); kemantapan agregat (1,12 mm); kadar air (pF) 0 (0,55 cm³ cm⁻³); 2,5 (air tersedia) (43 cm³ cm⁻³); 4,2 (titik layu) (0,18 cm³ cm⁻³). Pori makro (11,4%), mezzo (25%), mikro (18%). Tekstur lempung berliat (pasir 21%, debu 47%, dan liat 32%). 4.2.

Pembuatan Biochar dari Tiga bahan Baku Bahan baku biochar diperoleh dari sekam padi yang diambil dari penggilingan beras, berbagai jenis kayu yang tersedia secara lokal (sono, lamtoro, sepuran) dari produsen arang kayu, serta sabut dan tempurung kelapa muda dari tempat pembuangan sampah maupun penjual es kelapa muda. Bahan baku dalam kondisi kering sekitar 10-20 % kelembaban sebelum pirolisis.

Biochar diproduksi menggunakan pirolisis dalam drum pertamina dengan diameter 56 cm dan tinggi 23 cm (sekam padi) dan dalam bak pembakaran (sabut dan tempurung kelapa). Sekitar 15 kg sekam padi ditempatkan ke dalam drum. Sekam dibakar dari bawah. Pembakaran berlangsung dikarenakan ada udara yang masuk ke dalam drum melalui lubang-lubang kecil dari bawah. Drum ditutup selama proses pembakaran (suhu 250- 3000C).

Sekam padi akan terbakar sedikit demi sedikit dan permukaan sekam akan menurun. Setelah 7-9 jam, arang sekam berubah warna menjadi hitam sebagai petunjuk biochar sekam telah terbentuk (7-9 kg). Biochar sabut dan tempurung kelapa dibuat dari 50 kg sabut dan tempurung kelapa ditempatkan dalam bak pembakaran dengan ukuran 120 x 60 x 75 cm (panjang x lebar x tinggi). Pembakaran dengan menggunakan pemanasan auto thermal dengan membatasi oksigen/udara masuk. Dipanaskan hingga menjadi arang selama 2-4 jam.

Setelah pembakaran dilakukan maka bahan akan menghasilkan material berwarna hitam. Disiram dengan air agar tidak menjadi abu. Arang terbentuk sebanyak 20-25 kg. Biochar kayu diproduksi secara komersial untuk memasak dengan menggunakan tradisi gundukan kiln (Brown, 2009). Pemanasan dalam gundukan kiln biasanya membutuhkan waktu beberapa hari dan mencapai suhu sekitar 500 sampai 700°C (FAO, 1983).

Biochar kayu dan tempurung dihaluskan dengan mesin seleb dan melewati 2 mm saringan sebelum diaplikasikan. Hasil analisis biochar ditunjukkan pada Tabel 4.1. Tabel 4.1. Karakteristik Biochar

Karakteristik	Biochar Sekam Padi	Biochar Kayu	Biochar Tempurung Kelapa Muda
pH H ₂ O (1:2,5)	7,9	9,3	9,4
C organic (%)	20,93	71,47	60,07
N total (%)	0,71	0,81	0,95
P (%)	0,06	0,01	0,10
K (%)	0,14	0,36	0,71
Na (%)	2,24	0,43	3,82
Ca (%)	1,37	1,20	2,16
Mg (%)	0,06	0,06	0,10
KTK (NH ₄ OAC1NpH7) (me/100 g)	17,47	4,98	16,41

4.3. Aplikasi Biochar dan Penanaman Jagung Percobaan di lapangan dengan petak berukuran 4 x 4,5 cm (18 m²) dan jarak antar petak 0,5 m.

Jarak tanam 80 x 25 cm (80 tanaman). Percobaan diatur dalam rancangan acak kelompok faktorial dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah bahan biochar (sekam padi, kayu, sabut dan tempurung kelapa muda) dan faktor kedua adalah dosis biochar (0, 15, 30, 45 t ha⁻¹) atau (0, 27, 54, 81 kg petak⁻¹). Aplikasi biochar dalam larikan, setelah inkubasi selama 7 hari dilakukan penanaman.

Tiga biji jagung varietas Pioneer 21 ditanam dan disisakan 1 tanaman pada 10 hari setelah perkecambahan. Setiap petak (termasuk tanpa biochar) diberi dosis yang sama yaitu urea (135 kg N ha⁻¹), SP 36 (36 kg P₂O₅ ha⁻¹), dan KCl (110 kg K₂O ha⁻¹). Pupuk urea dan KCl diberikan 2 kali (1/3 dosis ada 7 mst dan 2/3 dosis pada 4 mst). Pupuk SP36 diberikan bersamaan benih ditanam.

Pemeliharaan dilakukan secara optimal dan jagung dipanen pada umur 110 hari setelah tanam. Pengamatan pertumbuhan dilakukan saat tanaman berumur 30 dan 60 hari setelah tanam (hst). Pengamatan pertumbuhan meliputi tinggi tanaman, luas daun, berat kering brangkasan, diameter batang. Kadar N,P,K dalam jaringan daun diamati saat 60 hst.

Pengamatan panen meliputi komponen hasil (panjang tongkol, diameter tongkol, berat 1000 butir) dan hasil tanaman meliputi berat jagung tanpa klobot dan hasil jagung pipilan kering. Pengamatan tanah dilakukan pada umur 60 dan 120 hst, meliputi pH, kandungan karbon organik tanah, KTK, kation basa, kandungan N,P,K. Data dianalisis secara statistik dengan menggunakan teknik analisis varian dan dilanjutkan dengan uji BNJ 5%. V. HASIL YANG DICAPAI 5.1.

Pengaruh Bahan Dan Dosis Biochar Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung Masa inkubasi selama 7 hari aplikasi bahan biochar pada berbagai tingkat dosis belum menunjukkan perubahan terhadap pertumbuhan tanaman. Dibuktikan dari pertumbuhan tanaman (Tabel 5.1 dan 5.2) tidak berbeda antara aplikasi biochar dan tanpa biochar pada 4 mst. Pada minggu selanjutnya aplikasi biochar telah menunjukkan

kemampuan adaptifnya dalam mempengaruhi sifat- sifat tanah dalam menunjang pertumbuhan tanaman jagung.

Hal ini dapat dilihat dari pertumbuhan tanaman yang meningkat dengan aplikasi biochar pada berbagai dosis hingga pengamatan pada 8 mst (Tabel 5.1 dan 5.2, Gambar 5.1). 5.1.1. Tinggi Tanaman **Tidak ada interaksi antara bahan** dan dosis biochar pada tinggi tanaman umur 4 dan 8 minggu setelah tanam (mst). Pada 4 mst, bahan dan dosis biochar secara terpisah belum menunjukkan pengaruh pada tinggi tanaman.

Namun pada 8 mst, masing-masing faktor telah menunjukkan pengaruh pada tinggi tanaman. Biochar tempurung kelapa muda menghasilkan pertumbuhan tinggi tanaman yang lebih baik daripada biochar sekam padi maupun biochar kayu. Tinggi tanaman terendah tanpa perlakuan biochar. Penggunaan biochar menghasilkan tinggi tanaman yang sama pada berbagai level dosis pada umur 8 mst (Tabel 5.1).

5.1.2. Luas Daun Daun sebagai organ penting **tempat terjadinya proses fotosintesis**. Luas daun sangat menentukan kemampuan daun menghasilkan fotosintat. Hasil fotosintat digunakan untuk metabolisme tanaman sehingga berlangsung pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Hasil penelitian menunjukkan **tidak ada interaksi antara bahan** dan dosis biochar pada luas daun umur 4 mst.

Aplikasi bahan biochar tidak berpengaruh tetapi dosis biochar berpengaruh terhadap luas daun umur 4 mst. Biochar dapat meningkatkan luas daun tetapi penggunaan level dosis memberi pengaruh yang sama pada luas daun (Tabel 5.1). **Tabel 5.1. Pengaruh Bahan dan Dosis Biochar Terhadap Tinggi Tanaman dan Bobot Kering Brangkas Tanaman Jagung pada Tanah yang Sedang Mengalami Degradasi Perlakuan Tinggi tanaman (cm) BK brangkas (t ha-1) 4 mst 8 mst 4 mst Bahan biochar Sekam padi 31.19 a 177.64 ab 0.16 a Tempurung kelapa muda 29.86 a 182.44 b 0.17 a Kayu 29.17 a 171.83 a 0.14 a BNJ 5% tn 8.17 tn Dosis biochar (t ha-1) 0 28.78 a 158.56 a 0.11 a 15 30.48 a 184.44 b 0.15 ab 30 30.48 a 180.19 b 0.19 b 45 30.56 a 186.04 b 0.19 b BNJ 5% tn 9.44 0.05 Keterangan: Pada huruf di belakang angka **yang sama pada kolom yang sama tidak** menunjukkan beda nyata pada BNT 0.05 Tabel 5.2.**

Pengaruh Bahan dan Dosis Biochar Terhadap Luas Daun Tanaman Jagung Pada Tanah Yang Sedang Mengalami Degradasi Perlakuan Luas daun (cm²) Indek luas daun 4 mst 8 mst 4 mst 8 mst Bahan biochar Sekam padi 167.69 4623.83 0.08 2.31 Tempurung kelapa muda 156.64 4548.65 0.08 2.27 Kayu 148.38 4329.02 0.07 2.16 BNJ 5% tn tn tn tn Dosis biochar (t ha-1) 0 126.47 3440.36 a 0.06 1.72 a 15 158.16 4798.43 b 0.08 2.42 b 30 169.88 4838.67 b 0.08 2.40 b 45 175.77 4924.56 b 0.09 2.46 b BNJ 5% tn 393.40 tn 0.19 Keterangan: Pada huruf di belakang angka **yang sama pada kolom yang sama tidak**

menunjukkan beda nyata pada BNT 0.05 5.1.3.

Brangkasan Kering Saat Pertumbuhan Vegetatif Maksimum Produksi bahan kering tanaman sangat dipengaruhi oleh serapan air, unsur hara, karbondioksida, dan penerimaan cahaya matahari. **Ada interaksi antara bahan** dan dosis biochar pada brangkasan kering selama pertumbuhan tanaman. Pada akhir pertumbuhan vegetatif (8 minggu), perlakuan biochar sekam 45 t ha⁻¹, biochar tempurung **dosis 30 t ha⁻¹** serta biochar kayu **dosis 15 t ha⁻¹** menghasilkan brangkasan kering yang relatif sama baik, yaitu 7,80 - 8,3 t ha⁻¹ (Gambar 1). Perlakuan tanpa biochar menghasilkan brangkasan kering sebanyak 5,47 t ha⁻¹.

Kombinasi bahan dan dosis biochar telah menghasilkan brangkasan kering dengan tren yang berbeda (Gambar 5.1). Hal ini tentunya tidak lepas dari karakteristik dari ketiga (3) bahan biochar (Tabel 4.1) maupun takaran biochar yang digunakan. Tiga bahan biochar yang digunakan termasuk bahan yang berserat yang mengandung selulosa, hemiselulosa, lignin, bahan organik lainnya (resin, lemak, asam lemak), serta mineral anorganik (yang utama seperti **N, P, K dan** dalam jumlah kecil seperti sulfur, silikon, klorin, logam alkali) yang berbeda dalam jumlah.

Bahan biochar yang diterapkan pada berbagai tingkat dosis dapat menimbulkan tanggapan yang berbeda **terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman** (Tabel 5.2). Hal ini cukup beralasan mengingat sifat bahan baku yang akan menentukan komposisi biochar maupun kondisi pirolisis dimana biochar diproduksi. Menurut Glaser et al. (1998), ada tiga faktor utama yang mempengaruhi sifat arang: (1) jenis bahan organik digunakan untuk charring, (2) charring lingkungan (misalnya suhu, udara), dan (3) tambahan bahan selama proses charring. Sumber bahan baku sangat memberikan efek langsung terhadap kandungan dan ketersediaan hara.

Selain ketiga faktor di atas, mikroba juga dapat berdampak penting terhadap sifat arang (misalnya oksidasi permukaan). Kondisi charring dapat mempengaruhi tingkat aromatis dan karakteristik adsorpsi hara. Tingkat aromatis meningkat dengan meningkatnya suhu charring (Shafizadeh dan Sekiguchi, 1983) dan waktu charring (Glaser et al., 1998).

Arang yang diperoleh dengan pemanasan pada 200- 700°C dengan membatasi udara yang masuk akan memiliki lebih sedikit kelompok fungsional untuk pertukaran ion daripada ketika teroksidasi dengan udara. Demikian pula yang dilaporkan oleh Chan and Xu (2009) bahwa komposisi dan ketersediaan hara pada biochar tergantung pada sifat bahan baku maupun kondisi pirolisis pada saat diproduksi. Pengaruh aplikasi biochar dikaitkan dengan meningkatnya jumlah kation basa.

Tambahan kation dari biochar secara langsung maupun dari pemupukan (urea, KCl, dan SP36). Gambar 5.1. Bobot kering brangkasan jagung saat vegetatif maksimum (8 mst)

5.2. PENGARUH BAHAN DAN DOSIS BIOCHAR TERHADAP HASIL JAGUNG 5.2.1.

Komponen Hasil Tanaman Jagung **Tidak ada interaksi antara bahan** dan dosis biochar pada bobot 1000 butir.

Secara tunggal bahan biochar tidak berpengaruh tetapi dosis biochar berpengaruh terhadap bobot 1000 butir. Pemberian biochar dapat meningkatkan bobot 1000 butir. Aplikasi biochar berbagai level dosis menghasilkan bobot 1000 butir yang sama banyak berkisar 391,44-403,11 g. Pengaruh perlakuan terhadap panjang tongkol sama seperti pengaruhnya pada bobot 1000 butir. **Tidak ada interaksi antara bahan** dan dosis biochar pada panjang tongkol.

Panjang tongkol jagung tidak dipengaruhi oleh pemberian dosis biochar (Tabel 5.3). Pengaruh perlakuan terhadap diameter tongkol seperti responnya pada bobot 1000 butir maupun panjang tongkol. Dosis biochar yang ditambahkan pada berbagai level tidak mempengaruhi peningkatan terbentuknya diameter tongkol.

Jenis biochar tidak mempengaruhi diameter tongkol yang dihasilkan (Tabel 5.3). Pengaruh perlakuan terhadap komponen jagung (bobot 1000 butir, diameter tongkol, panjang tongkol) seiring dengan bobot jagung tanpa kelobot. Aplikasi dosis biochar 15, 30, dan 45 t ha⁻¹ memberi pengaruh yang sama terhadap bobot jagung tanpa kelobot, yaitu sebesar 18,83 - 19,06 t ha⁻¹.

Perlakuan tanpa biochar menghasilkan bobot jagung tanpa kelobot terendah, sebesar 14,67 t ha⁻¹ (Tabel 5.3). Komponen hasil tanaman yang terdiri atas bobot 1000 butir, panjang tongkol, diameter tongkol, dan berat jagung dengan kelobot telah meningkat dengan aplikasi biochar (Tabel 5.3). Namun banyaknya dosis yang diberikan tidak mempengaruhi komponen hasil jagung.

Demikian pula dengan bahan biochar yang digunakan tidak mempengaruhi komponen hasil jagung. Berbeda dengan hasil jagung pipilan kering yang dipengaruhi oleh kombinasi bahan dan dosis biochar (Gambar 5.2). Kombinasi bahan dan dosis biochar dapat meningkatkan hasil jagung pipilan kering.

Dosis 30 t ha⁻¹ menunjukkan hasil biji terbaik pada biochar sekam padi maupun tempurung kelapa muda. Beberapa penelitian mengkaitkan respon positif tanaman terhadap efek biochar dalam menyediakan hara bukan hanya sebagai pemasok langsung nutrisi (Lehmann **et al., 2003; Chan et al, 2007**).

Respon positif karena aplikasi biochar dikaitkan dengan cadangan hara (dalam hal pupuk) atau efisiensi penggunaan pupuk meningkat (hasil yang lebih tinggi per unit pupuk). Respon tanaman terhadap kemampuan biochar dalam meningkatkan pH tanah. **Lehmann et al. (2003)** menyatakan bahwa kemampuan biochar untuk mempertahankan aplikasi pupuk terhadap pencucian dengan hasil peningkatan efisiensi penggunaan pupuk.

Selain respon yang signifikan dalam produktivitas tanaman, perbaikan kualitas tanah dan manfaat lingkungan (misalnya mengurangi polusi akibat berkurangnya kerugian pupuk melalui pencucian) (Lehmann, 2007). Tabel 5.3. Pengaruh bahan dan dosis biochar terhadap komponen hasil tanaman jagung pada tanah yang sedang mengalami degradasi Perlakuan Bobot 100 butir (g) Panjang tongkol (cm) Diameter tongkol (cm) Bobot jagung tanpa kelobot (t ha⁻¹) Bahan biochar Sekam padi 387.67 a 20.07 a 6.38 a 18.04 a Tempurung kelapa muda 393.25 a 19.82 a 6.30 a 17.88 a Kayu 385.00 a 19.84 a 6.35 a 17.67 a BNJ 5% tn tn tn tn Dosis biochar (t ha⁻¹) 0 358.667 a 18.70 a 6.05 a 14.67 a 15401.333 b 20.34 b 6.43 b 18.83 b 30 391.444 b 20.38 b 6.46 b 19.06 b 45 403.111 b 20.21 b 6.43 b 18.89 b BNJ 5% 25.790 0.53 0.12 0.85 Keterangan: Pada huruf di belakang angka **yang sama pada kolom yang sama tidak** menunjukkan beda nyata pada BNT 0.05 5.2.2.

Hasil Jagung Terdapat interaksi antara bahan dan dosis biochar pada hasil jagung pipilan kering. Hasil jagung pipilan kering terbaik dihasilkan dari perlakuan **biochar sekam padi dosis 30 t ha⁻¹** (11,88 t ha⁻¹), kemudian diikuti dengan dosis biochar sekam padi 45 t ha⁻¹ (11,38 t ha⁻¹) maupun dosis biochar tempurung 30 t ha⁻¹ (11,34 t ha⁻¹) (Gambar 5.2).

Pemberian biochar kayu pada berbagai level dosis menghasilkan jagung pipilan kering yang relatif sama banyak sebesar 10,58 - 11,05 t ha⁻¹. **Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa** perlakuan biochar sekam padi dan tempurung **dosis 30 t ha⁻¹** menghasilkan bobot kering brangkas (Gambar 5.1) dan hasil biji yang sejalan sama banyak (Gambar 5.2). Perlakuan tanpa biochar menghasilkan hasil jagung pipilan kering terendah (7,77 t ha⁻¹).

Peningkatan hasil jagung dari pemberian biochar tentunya tidak terlepas dari pengaruh positif biochar di dalam memperbaiki sifat-sifat tanah. Kishimoto dan Sugiura (1985) menunjukkan bahwa biochar juga meningkatkan porositas tanah dan kapasitas kelembaban yang menyebabkan pertumbuhan akar tanaman menjadi lebih baik. Chan et al.

(2008) mencatat kenaikan secara linier dalam hasil lobak (*Raphanus sativus*) dengan

penambahan biochar hingga 50 t ha⁻¹ yang diberi tambahan pupuk N. Efek penambahan biochar dalam meningkatkan hasil panen disebabkan oleh kapasitas memegang air yang lebih besar, peningkatan kapasitas tukar kation (KTK), menyediakan media untuk adsorpsi nutrisi tanaman dan kondisi yang lebih baik untuk mikroorganisme tanah (Sohi et al., 2009). Gambar 5.2.

Pengaruh bahan dan dosis biochar terhadap hasil tanaman jagung pada tanah yang sedang mengalami degradasi. Apabila dosis biochar ditingkatkan dari 30 t ha⁻¹ menjadi 45 t ha⁻¹ maka hasil jagung akan menurun 4% (biochar sekam padi) dan 9% (tempurung kelapa muda). Penurunan hasil jagung berhubungan dengan tingginya serapan hara P dan K pada biochar sekam padi dan tingginya serapan P pada biochar tempurung kelapa muda (Gambar 5.3).

Hal ini telah menunjukkan ketidakseimbangan hara dalam menjalankan proses metabolisme dan distribusi hara yang berlangsung dalam tubuh tanaman menjadi tidak merata untuk melaksanakan fungsinya. Hasil ini juga dialami oleh Kishimoto dan Sugiura (1985) yang melaporkan penurunan hasil kedelai sebesar 37% dan 71% saat biochar diterapkan masing-masing 5 t ha⁻¹ dan 15 t ha⁻¹. Hal ini dikaitkan dengan efisiensi unsur mikro yang disebabkan oleh meningkatnya pH. Namun Steiner et al.

(2007) mengamati peningkatan hasil yang besar pada beras *Oryza sativa* (L.) dan sorgum (*Sorghum bicolor* L.) dimana biochar dan pupuk NPK diterapkan pada tanah masam yang sangat lapuk di daerah tropis. Ketersediaan unsur hara tanah tetap tinggi pada perlakuan dengan biochar (Steiner et al., 2007).

Penggunaan biochar dapat meningkatkan luas daun (15,10-34,55%) sehingga dapat meningkatkan hasil fotosintat dalam pembentukan bobot kering tanaman. Peningkatan bobot kering tanaman sebagai pendorong yang baik dalam membentuk hasil biji jagung. Hasil analisis regresi menunjukkan pola hubungan kwadrat antara bobot kering brangkas dengan bobot kering hasil biji (Gambar 5.3).

Semakin tinggi bobot kering brangkas tidak semakin tinggi bobot kering hasil biji. Bobot kering brangkas mempengaruhi bobot kering hasil biji sebesar 84%. Gambar 5.3. Hubungan antara bobot kering brangkas dengan bobot kering hasil biji tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar 5.3. **PENGARUH BAHAN DAN DOSIS BIOCHAR TERHADAP SERAPAN HARA N, P, K Pertumbuhan dan hasil jagung** menjadi lebih baik pada perlakuan biochar.

Hal ini karena telah terjadi peningkatan serapan hara N, P, K (Gambar 5.4). **Ada interaksi antara bahan** dan dosis biochar pada serapan N tanaman jagung pada umur 8 mst.

Serapan N tertinggi dicapai oleh biochar sekam padi dan tempurung **dosis 45 t ha⁻¹** yang tidak berbeda **dengan dosis 30 t ha⁻¹** serta biochar kayu dosis 15 t ha⁻¹.

Biochar sekam padi dan tempurung **15 t ha⁻¹** dan biochar kayu dosis 30 sampai 45 t ha⁻¹ menghasilkan serapan N yang sama dengan tanpa biochar (Gambar 5.4). Penggunaan level dosis biochar sekam padi yang lebih tinggi akan lebih baik dalam meningkatkan serapan N. Namun tidak demikian halnya dengan biochar kayu, level dosis terendah akan lebih baik dalam meningkatkan serapan N.

Penggunaan dosis yang lebih tinggi justru menurunkan serapan N. Biochar tempurung kelapa **dosis 30 t ha⁻¹** telah dapat meningkatkan serapan N tanaman jagung, aplikasi level dosis selanjutnya tidak meningkatkan serapan N. Terdapat interaksi antara bahan dan dosis biochar pada serapan P pada tanaman jagung. Serapan P tertinggi dicapai pada biochar sekam padi **dengan dosis 45 t ha⁻¹**.

Penggunaan biochar dapat meningkatkan serapan P. Serapan P meningkat seperti pada serapan N ketika diberi biochar sekam padi, biochar kayu, maupun biochar tempurung (Gambar 5.4). Sebagaimana yang terjadi pada serapan N dan P, demikian pula yang terjadi pada serapan K. Terdapat interaksi antara bahan dan dosis biochar pada serapan K.

Biochar yang digunakan pada berbagai level dosis dapat meningkatkan serapan K tanaman jagung dibanding tanpa biochar. Serapan K tertinggi pada **biochar sekam padi dosis 45 t ha⁻¹**. **Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa** serapan K tanaman jagung mempunyai pola serapan sebagaimana pada serapan N dan P.

Serapan K tanaman jagung akan cenderung meningkat dengan pemberian biochar sekam padi dengan dosis yang semakin bertambah. Aplikasi biochar tempurung **dengan dosis 30 t ha⁻¹** lebih baik dalam meningkatkan serapan K daripada dosis 45 t ha⁻¹. Biochar kayu **dosis 15 t ha⁻¹** lebih baik dalam menyerap kalium daripada dosis 30 **dan 45 t ha⁻¹** (Gambar 5.4). Gambar 5.4.

Peningkatan serapan **hara N, P, K** dengan aplikasi biochar pada tanah yang sedang mengalami degradasi Peningkatan serapan N dengan biochar sekam sebesar 37%, 79%, dan 96% masing-masing untuk dosis 15, 30, dan 45 t ha⁻¹. Semakin banyak dosis biochar sekam padi semakin besar persentase kenaikan serapan N tanaman. Namun tidak demikian halnya dengan biochar kayu dan tempurung.

Persen kenaikan N tertinggi dari biochar kayu dicapai oleh **dosis 15 t ha⁻¹** dengan hasil 86% sedangkan dari biochar tempurung pada **dosis 30 t ha⁻¹** dengan hasil 102%.

Serapan N berkisar dari 135,35 - 206,40 kg ha⁻¹ (dengan biochar) dan 102,28 kg ha⁻¹ (tanpa biochar). Rasio (C/N biochar sekam = 29), (C/N kayu = 88), dan (C/N tempurung = 63) masih mampu menyediakan N untuk pertumbuhan tanaman dalam jangka pendek, meskipun jumlah N relatif rendah dan C relatif tinggi (Tabel 5.4). Hal ini karena ada penambahan pupuk urea sebanyak 135 kg N ha⁻¹.

Hasil analisis regresi menunjukkan adanya pola hubungan linier antara serapan **hara N, P, K dan** bobot kering brangkasan (Gambar 5.5-5.7). Bobot kering tanaman telah meningkat dengan bertambahnya **serapan N, P, K** dengan koefisien determinasi sebesar 0,95 untuk nitrogen dan fosforus serta 0,77 untuk kalium. Gambar 5.5. Hubungan antara serapan **N dan bobot kering** brangkasan tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar Gambar 5.6.

Hubungan antara serapan P dan bobot kering brangkasan tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar Gambar 5.7. Hubungan antara serapan K dan bobot kering brangkasan tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar Aplikasi biochar sekam padi dan biochar tempurung **dosis 45 t ha⁻¹** menghasilkan **serapan N, P, K** tertinggi akan tetapi hasil jagung menurun sebesar 0,5 t ha⁻¹ (biochar sekam) dan 1 t ha⁻¹ (biochar tempurung).

Hal ini membuktikan bahwa kelebihan unsur hara dalam jaringan tanaman telah menyebabkan perubahan fungsi esensial menjadi racun sehingga menyebabkan gangguan fisiologis dan menurunkan hasil tanaman. **Atau dengan kata lain** telah terjadi konsumsi mewah pada aplikasi biochar sekam dan tempurung **dosis 45 t ha⁻¹** karena terjadi peningkatan kadar hara dalam jaringan tanaman tanpa diikuti dengan kenaikan hasil tanaman.

Hasil analisis regresi menunjukkan adanya pola hubungan kwadratik antara serapan **hara N, P, K dan** bobot kering hasil biji (Gambar 5.8-5.10). Serapan N,P,K mempengaruhi bobot kering hasil biji sebesar 83-87%. Gambar 5.8. Hubungan antara serapan **N dan bobot kering** hasil biji tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar Gambar 5.9.

Hubungan antara serapan P dan bobot kering hasil biji tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar Gambar 5.10. Hubungan antara serapan K dan bobot kering hasil biji tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar Hasil penelitian ini tidak **sejalan dengan Lehmann et al. (2003)** dan Rondon et al. (2007) yang melaporkan bahwa penerapan biochar mengakibatkan penurunan serapan N.

Ada kemungkinan karena hanya sebagian kecil dari biochar yang baru diproduksi relatif

mudah mengalami mineralisasi, tetapi dapat menyebabkan imobilisasi N karena rasio C/N nya tinggi. Namun, sebagian besar sisa C organik (dengan C/N lebih tinggi) tidak menyebabkan reaksi imobilisasi karena perlawanan biologis pada tingkatan yang lebih tinggi.

Serapan P berkisar dari 17,83 - 27,10 kg ha⁻¹ (dengan biochar) dan 11,29 kg ha⁻¹ (tanpa biochar). Sebagaimana kenaikan serapan N yang sesuai dengan level dosis biochar sekam padi, demikian pula pada serapan P dari biochar sekam padi dan tempurung. Peningkatan persen serapan P seiring dengan tingkat dosis biochar sekam padi dan tempurung.

Serapan P meningkat masing-masing sebesar 58%, 90%, dan 140% (biochar sekam padi) dan 57%, 127%, dan 133% (biochar tempurung). Namun sebaliknya terjadi pada biochar kayu. Semakin banyak dosis biochar yang digunakan, semakin rendah tingkat kenaikan serapan P. Persen kenaikan serapan P menurun dengan tingkat kenaikan dosis biochar kayu, masing-masing sebesar 138%, 63%, dan 58%.

Penambahan biochar ke tanah telah ditemukan untuk merangsang infeksi mikoriza (Saito, 1990; Ishii dan Kadoya, 1994) dan mempengaruhi kelarutan P di tanah hutan (Gundale dan DeLuca, 2007), yang mungkin bertanggungjawab atas meningkatnya serapan P. Ketersediaan P juga sangat dipengaruhi oleh reaksi abiotik yang tergantung pada pH yang dapat mempengaruhi kelarutan P dalam tanah (Lehmann et al., 2003).

Secara umum, kenaikan hasil berat kering brangkasan umur 8 mst sejalan dengan kenaikan serapan hara N, P, dan K. Berat kering brangkasan meningkat dengan bertambahnya tingkat dosis biochar sekam padi, masing-masing sebesar 23%, 55%, dan 75%. Persen peningkatan berat kering brangkasan tertinggi dari biochar tempurung 30 t ha⁻¹ sebesar 75% sedangkan biochar kayu 15 t ha⁻¹ sebesar 82%.

Bobot kering brangkasan mencerminkan hasil serapan unsur hara dan air serta proses fotosintesis selama pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa telah ada peningkatan jumlah kation basa (K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) dengan aplikasi biochar. Hal ini menyebabkan kadar K dalam jaringan tanaman meningkat. Kadar K dalam jaringan daun berkisar 0,62 - 0,80% (dengan biochar) dan 0,56% (tanpa biochar).

Jumlah hara yang masuk ke dalam jaringan tanaman disebut serapan hara. Hal ini diperoleh berdasarkan hasil analisis jaringan tanaman. Serapan hara merupakan hasil kali kadar hara dalam jaringan dengan bobot kering tanaman. Serapan K berkisar dari 31,19 - 54,63 kg ha⁻¹ (dengan biochar) dan 22,91 kg ha⁻¹ (tanpa biochar).

Peningkatan serapan K sejalan dengan tingkat dosis biochar sekam padi masing-masing sebesar 77%, 108%, dan 138%. Kenaikan persen serapan K tertinggi dari biochar tempurung dicapai pada **dosis 30 t ha⁻¹** sebesar 92%. Namun persen peningkatan serapan K tertinggi dari biochar kayu dicapai pada **dosis 15 t ha⁻¹** sebesar 114%.

Biochar dapat meretensi **unsur hara di dalam tanah sehingga dapat meningkatkan** kemampuan tanaman menyerap unsur hara. Selain itu biochar juga bisa sebagai pemasok hara. Menurut Widowati et al. (2014c), biochar dapat menggantikan dan mengurangi pupuk KCl. Hasil jagung dengan hanya aplikasi biochar sebesar 6.24 t ha⁻¹ meningkat 14% dibanding hanya menggunakan pupuk KCl (5.45 t ha⁻¹).

Penelitian lain dilaporkan bahwa meningkatnya konsentrasi K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ pada tanaman karena terjadi perubahan kesuburan dengan aplikasi berbagai biochar (Rondon et al., 2007; Steiner et al., 2007; Topoliantz et al., 2005). Konsentrasi hara dalam biochar itu umumnya rendah dan peningkatan konsentrasi dalam jaringan tanaman disebabkan oleh peningkatan ketersediaan hara (Rondon et al.,

2007; Topoliantz et al., 2005). **5.4. PENGARUH KOMBINASI BAHAN DAN DOSIS BIOCHAR TERHADAP PERUBAHAN KESUBURAN TANAH** Secara umum biochar pada berbagai bahan dan level dosis **dapat meningkatkan kesuburan tanah** dengan indikator pH, karbon organik tanah, KTK, KB, dan jumlah kation basa. Perubahan sifat kimia tanah terjadi pada pengamatan 60 dan 120 hari setelah tanam.

Interaksi penggunaan biochar pada berbagai bahan dan dosis terjadi pada ketersediaan **N, P, K dan** kandungan karbon organik tanah. Secara tunggal masing-masing faktor juga **berpengaruh sangat nyata terhadap** ketersediaan **N, P, K dan** kandungan karbon organik tanah. Pengaruh pemberian bahan biochar terhadap perubahan ketersediaan unsur **hara N, P, K** berkaitan dengan komposisi kimia N, P, K yang dikandung biochar.

Khususnya aplikasi biochar pada berbagai level dosis juga **berpengaruh sangat nyata terhadap** kemasaman tanah (pH), jumlah kation basa, KB, KTK tanah yang sedang mengalami degradasi (Tabel 5.4 dan 5.5). Di sisi lain, diketahui bahwa arang memiliki luas permukaan yang tinggi karena struktur porinya. Kishimoto dan Sugiura (1985) menyatakan bahwa daerah permukaan dalam diperkirakan 200-400 m² g⁻¹ arang yang terbentuk di antara 400 °C dan 1.000 °C. Glaser et al.

(2002b) melaporkan bahwa tanah Anthrosol yang kaya arang memiliki luas permukaan tiga kali **lebih tinggi daripada tanah** sekitarnya sehingga dapat meningkatkan ketersediaan **air pada kapasitas lapangan** sebesar 18%. Penurunan nilai bulk density terjadi karena pembentukan agregat tanah sehingga dengan kehadiran kelompok

fungsional aromatik yang tinggi dan kelompok karboksilat pada biochar sekam padi.

Penurunan bulk density dan peningkatan porositas tanah di tanah yang diberi biochar sekam padi juga dikaitkan dengan luas permukaan yang lebih luas dari biochar sekam padi dibandingkan dengan bahan organik lainnya (Sujana et al., 2014). Partikel-partikel bermuatan negatif meningkatkan densitas muatan pada permukaan partikel biochar dan bertanggungjawab untuk KTK (Liang et al, 2006).

Biochar mampu meningkatkan sifat fisik tanah, seperti meningkatkan agregasi tanah, kapasitas mengikat air, pH, KTK dan kekuatan tanah (Lehman et al., 2003; Liang et al., 2006; Chan et al., 2008). Pohan (2002) menemukan bahwa luas permukaan sekam padi biochar adalah 2000 m² g⁻¹. Pengamatan 120 hst telah memberi perubahan sifat tanah yang lebih baik daripada 60 hst.

Dosis yang sama pada bahan biochar yang berbeda akan menghasilkan kenaikan sifat kimia tanah yang berbeda. Biochar yang dihasilkan dari tiga (3) jenis bahan mempunyai komposisi kimia yang berbeda (Tabel 4.1). Persentase kenaikan tertinggi dari kandungan karbon organik tanah dan pH pada dosis 15, 30, 45 t ha⁻¹ dicapai masing-masing oleh biochar dari bahan tempurung, sekam padi, sekam padi pada 60 dan 120 hst.

Persentase kenaikan terendah dari kandungan karbon organik tanah pada dosis 15, 30, 45 t ha⁻¹ semuanya dicapai oleh biochar dari bahan kayu pada 60 dan 120 hst. Persentase kenaikan terendah dari pH tanah pada dosis 15, 30, 45 t ha⁻¹ dicapai oleh biochar dari bahan kayu, tempurung, kayu. Persentase kenaikan tertinggi dari KB pada dosis 15, 30, 45 t ha⁻¹ dicapai masing-masing oleh biochar dari bahan tempurung, sekam padi, tempurung.

Persentase kenaikan terendah dari KB pada dosis 15, 30, 45 t ha⁻¹ dicapai oleh biochar dari bahan sekam, tempurung, dan kayu. Persentase kenaikan tertinggi dari KTK pada dosis 15, 30, 45 t ha⁻¹ dicapai masing-masing oleh biochar dari bahan tempurung (60 hst) dan sekam padi (120 hst), kayu (60 hst), kayu. Persentase kenaikan terendah dari KTK pada dosis 15, 30, 45 t ha⁻¹ dicapai oleh biochar dari bahan sekam (60 hst) dan kayu (120 hst).

Bahan biochar pada berbagai level telah memperbaiki kesuburan tanah dibuktikan dari karbon organik tanah, pH, kapasitas tukar kation, kejenuhan basa, dan ketersediaan hara N, P, K tanah. Kemampuan tanah untuk mempertukarkan hara dalam bentuk ion semakin baik. Kation didominasi oleh basa-basa seperti unsur K (kalium), Na (natrium), Ca (calsium), Mg (magnesium).

Jumlah basa-basa yang meningkat akan mempengaruhi nilai pH tanah netral (berkisar 6,5 - 7). Nilai pH mencerminkan aktivitas kimiawi dan biologis. 5.4.1. Kandungan Karbon Organik Tanah Karbon organik tanah sebagai penentu bahan organik tanah. Bahan organik tanah menjadi kunci dinamika kesuburan tanah yang berperan dalam mempengaruhi sifat- sifat kimia tanah seperti pH.

Penggunaan bahan biochar pada berbagai tingkat dosis dapat meningkatkan kandungan karbon organik tanah. Kandungan karbon organik tanah meningkat sejak awal hingga 60 hst dan 120 hst setelah aplikasi biochar. Karbon organik tanah pada 120 hst lebih tinggi dari 60 hst. Kandungan C organik tanah meningkat dengan kenaikan tingkat dosis biochar sekam padi tetapi menurun dengan kenaikan tingkat dosis biochar tempurung dan kayu.

Hal itu terjadi karena ada perbedaan rasio karbon dan nitrogen yang dikandung bahan biochar. Rasio (C/N biochar sekam = 29), (C/N kayu = 88), dan (C/N tempurung = 63). Biochar sekam mempunyai nilai C/N yang paling kecil sehingga memungkinkan terjadinya mineralisasi lebih cepat.

Fraksi labil yang telah mengalami mineralisasi dapat mempengaruhi kesuburan tanah dalam menyediakan unsur hara. Kondisi ini yang menyebabkan biochar sekam padi memberikan hasil biji terbaik dibandingkan perlakuan biochar lainnya. Berbeda dengan tempurung kelapa dan kayu yang memiliki C/N yang tinggi sehingga lebih lambat terjadinya mineralisasi.

Oleh karena itu kandungan C organik tanah lebih rendah daripada biochar sekam padi. Peningkatan C organik tanah tertinggi dicapai pada **biochar sekam padi dosis 45 t ha⁻¹** sebesar 153% (60 hst) dan 176% (120 hst). Biochar kayu 15 t ha⁻¹ menghasilkan peningkatan C organik terendah sebesar 18% (60 hst) dan 29% (120 hst). Menurut Wilhelm et al.

(2004), karena pengaruh C organik yang meningkat terhadap hasil sebagian besar terkait dengan penambahan dan dekomposisi bahan organik aktif. Aplikasi gabungan dari biochar dosis 5 t ha⁻¹ ditambah 100% pupuk NPK anjuran secara signifikan meningkatkan kadar karbon organik dalam tanah pasca panen jagung (Gokila dan Baskar, 2015).

Bahan organik yang disediakan akan terurai menjadi tanah yang menghasilkan asam-asam organik yang **memiliki peran penting dalam** granulasi tanah dan dengan demikian tanah menjadi sarang (Sujana et al. 2014). Terdapat interaksi antara bahan dan dosis biochar pada kandungan karbon organik tanah pada 60 dan 20 hari setelah

aplikasi. **Aplikasi biochar dapat meningkatkan** kandungan C organik tanah. Perubahan C organik tanah setelah 120 hari aplikasi lebih tinggi daripada 60 hari (Gambar 5.11).

Dari kedua pengamatan tersebut menunjukkan bahwa perubahan kandungan C organik tanah tertinggi setelah aplikasi biochar sekam padi **dengan dosis 45 t ha⁻¹** kemudian diikuti **dengan dosis 30 t ha⁻¹**. Kandungan C organik tanah semakin tinggi dengan semakin bertambahnya level dosis biochar sekam padi. **Namun tidak demikian dengan** biochar kayu dan biochar tempurung kelapa muda.

Kandungan C organik tanah relatif sama dengan bertambahnya level dosis biochar kayu maupun tempurung pada 60 maupun 120 hari setelah aplikasi. Kandungan C organik pada 120 hst lebih tinggi daripada 60 hst. Gambar 5.11. Karbon organik tanah setelah aplikasi biochar pada 60 dan 120 hst Selain itu, arang memiliki potensi untuk membentuk kompleks organo mineral (Ma et al.,

1979) yang juga diamati pada tanah yang mengandung arang (Glaser et al., 2000). Hal ini diasumsikan bahwa oksidasi lambat (biotik dan/atau abiotik) di bagian tepi punggung aromatik arang karboksilat membentuk kelompok organo mineral yang bertanggung jawab untuk kedua potensi pembentukan kompleks organo-mineral dan yang secara berlanjut meningkatkan KTK (Glaser 1999; Glaser et al. 2000, 2001a).

Tidak hanya ion logam tetapi juga bahan organik terlarut dan nutrisi organik terlarut akan disimpan melalui penambahan arang ke tanah. Kemampuan biochar dalam menahan unsur hara telah menjadikan biochar mampu mengurangi kebutuhan pupuk dan meningkatkan efisiensi pemupukan. Widowati et al. (2012) melaporkan bahwa untuk menghasilkan biomassa jagung sebesar 3,2 t ha⁻¹ pada tanah yang diberi **biochar 15 t ha⁻¹** hanya memerlukan 90 kg N ha⁻¹, sedangkan pada tanah yang tidak diberi biochar membutuhkan 160 kg N ha⁻¹. Menurut Cheng et al. (2008) dan Liang et al.,

(2006), apabila biochar terkena O₂ dan air maka reaksi-reaksi oksidasi yang **spontan meningkat yang kemungkinan** besar disebabkan oleh aktivitas mikroba sehingga menghasilkan konsentrasi KTK yang sangat tinggi. Hasil analisis regresi menunjukkan adanya pola hubungan linier antara karbon organik dan bobot kering brangkasian serta bobot kering hasil biji (Gambar 5.12 dan 5.13).

Kenaikan karbon organik tanah akan diikuti dengan kenaikan bobot kering brangkasian dan hasil biji. Pengaruh karbon organik tanah pada bobot kering brangkasian (31%) dan bobot kering hasil biji (59%). Gambar 5.12. Hubungan antara kandungan karbon organik tanah dengan bobot kering brangkasian tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar Gambar 5.13. Hubungan antara kandungan karbon organik tanah dengan

bobot kering hasil biji tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar 5.4.2.

pH Tanah Tidak ada interaksi antara bahan dan dosis biochar pada pH tanah setelah 60 dan 120 hari aplikasi. Bahan biochar tidak mempengaruhi tetapi dosis biochar mempengaruhi perubahan pH tanah pada umur 60 dan 120 hari setelah aplikasi. Kenaikan unit pH relatif sama pada 60 dan 120 hst (Gambar 5.14). Pemberian biochar dosis 15 t ha⁻¹ telah mampu meningkatkan pH tanah.

Akan tetapi penggunaan dosis 30 t ha⁻¹ lebih baik dalam meningkatkan pH tanah dibanding dosis 15 t ha⁻¹. Peningkatan dosis biochar hingga 45 t ha⁻¹ tidak meningkatkan nilai pH tanah. Atau dengan kata lain bahwa dosis 30 dan 45 t ha⁻¹ menghasilkan perubahan nilai pH tanah yang sama. Gambar 5.14.

Pengaruh dosis dan bahan biochar terhadap kenaikan unit pH Aplikasi biochar sekam padi dapat meningkatkan pH tanah hingga 0,74 unit pH dari pH 5,7 sampai pH 6,5. Aplikasi biochar tempurung dapat meningkatkan pH tanah hingga 0,45 unit pH dari pH 5,7 sampai pH 6,1. Kenaikan pH terjadi karena peningkatan jumlah kation basa (Tabel 5.5) dengan aplikasi biochar.

Jumlah kation pada dosis 30 t ha⁻¹ tidak berbeda dengan dosis 45 t ha⁻¹. pH tanah yang baik (6-7) akan maksimal dalam mempengaruhi ketersediaan unsur hara di dalam tanah. Kondisi demikian akan memberikan pengaruh yang baik bagi pertumbuhan dan hasil tanaman.

Terbukti bahwa aplikasi biochar sekam paling baik dalam menghasilkan pertumbuhan dan hasil tanaman dibandingkan biochar lainnya. Aplikasi biochar kayu dapat meningkatkan pH tanah hingga 0,54 unit pH dari pH 5,7 sampai pH 6,2. Hasil penelitian ini relatif konsisten dengan hasil penelitian Mbagwu dan Piccolo (1997) bahwa penambahan arang dapat meningkatkan pH tanah pada berbagai tekstur hingga 1,2 unit pH dari 5,4 sampai 6,6 serta Khisimoto dan Sugiura (1985) yang mengungkapkan bahwa efek arang masih terdeteksi dalam waktu tiga tahun yaitu nilai pH 6,3 (plot dengan arang) dan 5,8 (plot tanpa arang). Menurut Lehmann et al.

(2009), pH adalah pendorong utama proses nitrifikasi sebagai respon terhadap penambahan biochar ke tanah. Nilai pH tanah mempengaruhi ketersediaan unsur hara di dalam tanah. Peningkatan pH berhubungan dengan penambahan biochar ke tanah masam disebabkan peningkatan konsentrasi logam alkali tanah (Ca²⁺, Mg²⁺ dan K⁺) dalam biochar dan berkurangnya konsentrasi larut Al³⁺ (Steiner et al, 2007).

Hasil analisis regresi antara pH dan bobot kering brangkas maupun bobot kering hasil

biji menunjukkan adanya pola hubungan kwadratik (Gambar 5.15 dan 5.16). Kenaikan pH tanah tidak selalu diikuti dengan kenaikan bobot kering brangkasan dan hasil biji. Pengaruh pH tanah pada bobot kering brangkasan (24%) dan bobot kering hasil biji (76%). Gambar 5.15. Hubungan antara pH tanah dengan bobot kering brangkasan tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar Gambar 5.16.

Hubungan antara pH dengan bobot kering hasil biji tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar Hasil analisis regresi antara pH dan ketersediaan hara menunjukkan adanya pola hubungan linier untuk kadar N total (Gambar 5.17), dan kwadratik untuk kadar P dan K (Gambar 5.18 dan 5.19). Semakin tinggi pH tanah akan semakin banyak kadar N total tanah. pH tanah mempengaruhi kadar N total tanah sebesar 74%.

Akan tetapi semakin tinggi pH tanah akan semakin berkurang kadar P dan K dalam tanah. Pengaruh pH terhadap ketersediaan P dan K sebesar 31%. Gambar 5.17. Hubungan antara pH tanah dengan kadar N total tanah pada tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar Gambar 5.18. Hubungan antara pH tanah dengan kadar P tanah pada tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar Gambar 5.19.

Hubungan antara pH tanah dengan kadar K tanah pada tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar 5.4.3. Kapasitas Tukar Kation Kapasitas tukar kation berfungsi untuk mempertukarkan kation basa seperti K^+ , Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} yang merupakan unsur hara esensial bagi tanaman. Hal ini berhubungan dengan jumlah muatan negatif (anion) pada permukaan koloid liat atau organik di dalam tanah.

KTK berperan sebagai penyangga dalam menyediakan unsur hara maupun pH tanah. KTK meningkat dari waktu ke waktu. KTK pada awal penelitian sebesar 14,00 mg 100 g⁻¹ meningkat menjadi 21,85 mg 100 g⁻¹ (tanpa biochar) sampai 25,52 mg 100 g⁻¹ (dengan biochar) pada 60 hst, dan meningkat lagi menjadi 23,09 mg 100 g⁻¹ (tanpa biochar) sampai 29,31 mg 100 g⁻¹ (dengan biochar) pada 120 hst.

Peningkatan KTK tanah berhubungan dengan asam-asam organik yang dihasilkan dari proses mineralisasi bahan organik tanah. Asam-asam organik akan menghasilkan gugus fungsi yang bermuatan negatif. Semakin tinggi KTK tanah akan semakin banyak jumlah basa yang dapat ditahan oleh massa tanah sehingga akan semakin baik dalam meningkatkan kesuburan tanah.

Hasil analisis regresi menunjukkan adanya pola hubungan kwadratik antara KTK dan jumlah kation basa pada umur 60 dan 120 hst (Gambar 5.20 dan 5.21). Hasil penelitian

ini sejalan dengan yang dikemukakan oleh Liang et al. (2006) bahwa kapasitas tukar kation (KTK) tanah meningkat dengan penambahan biochar, khususnya dari waktu ke waktu sebagai kelompok fungsional dioksidasi (Cheng et al., (2008). Gambar 5.20. Hubungan antara KTK tanah dengan jumlah basa pada tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar pada 60 hst Gambar 5.21.

Hubungan antara KTK tanah dengan jumlah basa pada tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar pada 120 hst Jika KTK dalam tanah rendah maka tanah tidak dapat menahan unsur hara dengan baik sehingga unsur hara dengan mudah tercuci (Major et al., 2009). Meningkatnya nilai KTK tanah dengan aplikasi biochar tidak lepas dari adanya muatan positif dan negatif yang dimiliki biochar sehingga mampu menahan kation maupun anion. Menurut Sujana et al.

(2014), senyawa khas yang mampu berpartisipasi dalam pembentukan senyawa kompleks dan pertukaran ion dalam kehadiran bahan organik adalah kelompok fungsional seperti karboksil (-COOH), hidroksil (OH-), karbonit (=C=O), metoksil (OCH₃-), dan amino (NH₂-). Munculnya kelompok-kelompok fungsional baru akan menyebabkan peningkatan aromatisitas dalam tingkat yang lebih tinggi, yang juga akan berkontribusi pada stabilitas karbon organik. Menurut Hanudin (2004), bahan organik mengandung banyak senyawa yang terdiri dari kelompok-kelompok fungsional asam organik.

Selanjutnya disampaikan bahwa kehadiran gugus fungsional aromatik (C=C) adalah tinggi pada biochar sekam padi. Hasil analisis FT-gelombang serapan IR dengan 1514,12 cm⁻¹ dan 1550,70 cm⁻¹, yang berpotensi terjadinya agregasi tanah, meningkatkan kandungan C organik, dan kompleks organo mineral. Stephen (2004) menyatakan bahwa senyawa aromatik adalah senyawa yang memiliki struktur cincin dan ikatan ganda, stabil dan tahan degradasi.

Pembentukan gugus karboksilat (O-H) pada penyerapan gelombang 3392,79 cm⁻¹ dan 3554,81 cm⁻¹ dan munculnya muatan negatif dari gugus karboksil (C-O) di daerah tangkapan air 1172,72 cm⁻¹ akan memungkinkan naiknya nilai KTK. Hasil analisis regresi menunjukkan adanya pola hubungan kwadratik antara KTK dan bobot kering brangkasian serta bobot kering hasil biji jagung (Gambar 5.22 dan 5.23).

Gambar 5.22. Hubungan antara KTK tanah dengan bobot kering brangkasian tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar Gambar 5.23. Hubungan antara KTK tanah dengan bobot kering hasil biji tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar Perubahan kapasitas tukar kation (KTK) tanah setelah aplikasi biochar pada 60 dan 120 hari menunjukkan hasil yang sama sebagaimana yang terjadi pada pH tanah.

Tidak ada interaksi antara bahan dan dosis biochar pada KTK tanah. Bahan biochar tidak berpengaruh terhadap perubahan KTK tanah tetapi dosis biochar berpengaruh sangat nyata pada KTK tanah baik pada 60 maupun 120 hari setelah aplikasi biochar. Aplikasi biochar dapat meningkatkan KTK tanah yang sedang mengalami degradasi. Kenaikan nilai KTK tanah tidak dipengaruhi oleh dosis biochar.

Penggunaan biochar pada dosis 15-45 t ha⁻¹ memberikan nilai KTK tanah yang sama berkisar 24,78 - 25,81 me 100 g⁻¹. Peningkatan KTK tanah lebih tinggi pada 120 hst daripada 60 hst (Gambar 5.24). Gambar 5.24. Pengaruh dosis dan bahan biochar terhadap peningkatan KTK tanah 5.4.4. Jumlah Kation Basa Jumlah kation basa meningkat dengan bertambahnya dosis biochar pada bahan tempurung kelapa dan kayu, akan tetapi hasil sama pada aplikasi biochar sekam padi dosis 30 dan 45 t ha⁻¹.

Meningkatnya jumlah kation basa (K⁺, Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺) setelah aplikasi biochar disebabkan oleh kemampuan biochar dalam meretensi kation-kation dalam larutan tanah. Disamping itu biochar itu sendiri mengandung komponen abu dari residu pirolisis seperti K⁺, Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ (Tabel 1). Glaser et al (2002) menyampaikan bahwa sebagian besar kation-kation tersebut tidak terikat oleh gaya elektrostatis tetapi sebagai garam larut dan karenanya mudah tersedia untuk diserap oleh tanaman. Hal itu didukung oleh hasil penelitian Widowati et al. (2014a), biochar yang mengandung kalium dapat larut dan tercuci.

Banyaknya kalium yang tercuci dari tanah yang diberi biochar 30 t ha⁻¹ tidak berbeda dengan 200 kg KCl ha⁻¹. Nitrogen yang terkandung dalam biochar sekam dapat lepas dan larut dalam proses pencucian sehingga jumlah nitrat yang tercuci semakin meningkat dengan bertambahnya dosis biochar. (Widowati et al., 2014b). Biochar sebagai bahan amandemen tanah dapat meretensi hara sehingga mengurangi kehilangan hara akibat pencucian.

Perubahan jumlah kation basa (K⁺, Na⁺, Ca²⁺ Mg²⁺) sejalan dengan dengan perubahan nilai pH tanah. Tidak terjadi interaksi antara bahan dan dosis biochar pada jumlah kation basa. Bahan biochar tidak mempengaruhi jumlah kation basa tetapi dosis biochar berpengaruh sangat nyata terhadap jumlah kation basa.

Aplikasi biochar dapat meningkatkan jumlah kation basa. Penggunaan biochar dosis 30 t ha⁻¹ tidak berbeda dengan dosis 45 t ha⁻¹ dan menunjukkan hasil yang lebih baik daripada dosis 15 t ha⁻¹ dalam meningkatkan jumlah kation basa.

Jumlah kation basa pada perlakuan tanpa biochar sebesar 8,63 me 100 g⁻¹ sedangkan

dengan perlakuan biochar dosis 15, 30, dan 45 t ha⁻¹ berturut-turut sebesar 9,91; 11,15; dan 11,34 me 100 g⁻¹. Peningkatan jumlah kation basa setelah aplikasi biochar pada 120 hst lebih tinggi daripada 60 hst (Gambar 5.25). Meningkatnya kation basa di dalam tanah sangat berarti dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Pertumbuhan tanaman yang semakin baik menyebabkan tanaman mampu menyerap hara dengan lebih baik. Gambar 5.25. Pengaruh dosis dan bahan biochar terhadap peningkatan jumlah basa 5.4.5. Kejenuhan Basa (KB) Kejenuhan basa merupakan perbandingan antara jumlah kation basa dengan KTK.

Hasil analisis tidak menunjukkan interaksi antara bahan dan dosis biochar pada KB. Bahan biochar tidak berpengaruh nyata tetapi dosis biochar berpengaruh nyata pada KB setelah 60 dan 120 hari aplikasi. Penggunaan dosis 15 t ha⁻¹ belum mampu meningkatkan nilai KB tanah, tetapi pemberian biochar dosis 30 dan 45 t ha⁻¹ telah meningkatkan KB dengan hasil yang sama berkisar 44,90 - 45,12% pada 60 hari setelah aplikasi.

Aplikasi biochar pada dosis 15 t ha⁻¹ menunjukkan nilai KB yang sama dengan tanpa biochar, yaitu sebesar 39,52 dan 40,77% pada 60 hari setelah aplikasi. Nilai KB tanah meningkat dengan semakin lamanya biochar diaplikasikan ke dalam tanah. Nilai KB pada 120 hari lebih tinggi daripada 60 hari setelah aplikasi biochar. Penggunaan biochar dapat meningkatkan nilai KB tanah pada 120 hari setelah aplikasi. Dosis 45 t ha⁻¹ menghasilkan perubahan KB tanah yang paling tinggi sebesar 65,34%.

Penurunan dosis selanjutnya menghasilkan KB sebesar 62,94% (dosis 30 t ha⁻¹), 58,59% (dosis 15 t ha⁻¹), dan 48,19% (dosis 0 t ha⁻¹). Peningkatan jumlah kejenuhan basa setelah aplikasi biochar pada 120 hst lebih tinggi daripada 60 hst (Gambar 5.26). Gambar 5.26. Peningkatan kejenuhan basa (KB) setelah aplikasi biochar pada tanah yang sedang mengalami degradasi Kejenuhan basa (KB) diartikan sebagai persen kompleks pertukaran kation yang ditempati kation basa.

Meningkatnya persen KB tanah sebagai respon dari meningkatnya kation basa (K⁺, Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺) maupun kenaikan pH tanah akibat pemberian biochar. KB meningkat 1,3 - 1,7 kali lipat lebih tinggi setelah menggunakan biochar pada 120 hst. Hasil analisis regresi menunjukkan adanya pola hubungan linier antara kejenuhan basa dan bobot kering brangkasan serta bobot kering hasil biji (Gambar 5.27 dan 5.28).

Gambar 5.27. Hubungan antara KB tanah dengan bobot kering brangkasan tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar Gambar 5.28. Hubungan antara KB tanah dengan bobot kering brangkasan tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan

terbanyak pada dosis 45 t ha⁻¹, sedangkan dosis 30 dan 15 t ha⁻¹ akan menghasilkan N total yang sama di dalam tanah.

Ada interaksi yang sangat nyata antara bahan dan dosis biochar pada kandungan P tersedia di dalam tanah setelah 60 hari aplikasi. Secara terpisah masing-masing faktor berpengaruh sangat nyata pada kandungan P tersedia di dalam tanah. Penggunaan bahan biochar pada berbagai level dosis dapat meningkatkan kandungan P tersedia di dalam tanah yang sedang mengalami degradasi.

Biochar kayu dosis 45 t ha⁻¹ menghasilkan kandungan P tersedia paling tinggi, selanjutnya diikuti oleh biochar sekam padi dosis 30 dan 45 t ha⁻¹ yang menghasilkan kandungan P tersedia yang sama banyak. Biochar tempurung kelapa pada dosis 30 dan 45 t ha⁻¹ juga menghasilkan kandungan P tersedia yang sama banyak. Biochar kayu yang digunakan pada level dosis yang semakin banyak akan semakin tinggi kandungan P tersedia di dalam tanah.

Telah terjadi interaksi yang sangat nyata antara bahan dan dosis biochar pada K tersedia di dalam tanah setelah 60 hari aplikasi. Penggunaan bahan dan dosis biochar secara tunggal dapat berpengaruh sangat nyata pada ketersediaan K di dalam tanah yang sedang mengalami degradasi. Aplikasi bahan dan dosis biochar dapat meningkatkan kandungan K tersedia di dalam tanah.

Aplikasi biochar tempurung dosis 45 t ha⁻¹ menunjukkan kandungan K tanah tertinggi. Dosis biochar tempurung yang diberikan semakin banyak akan semakin banyak pula kandungan K yang tersedia di dalam tanah yang sedang terdegradasi. Namun kandungan K tersedia di dalam tanah akan relatif sama bila menggunakan biochar sekam padi pada level dosis yang semakin bertambah.

Penggunaan biochar kayu dengan dosis 30 dan 45 t ha⁻¹ akan menghasilkan kandungan K tersedia yang sama banyak. Dosis 45 t ha⁻¹ menghasilkan peningkatan kadar kalium tertinggi pada biochar tempurung kelapa muda dan kadar fosfor tertinggi pada biochar kayu setelah 60 hst (Gambar 5.29). Gambar 5.29.

Peningkatan ketersediaan N, P, K tanah setelah aplikasi biochar pada tanah yang sedang mengalami degradasi pada 60 hst Semakin banyak biochar yang ditambahkan ke tanah semakin tinggi persentase kenaikan unsur hara N, P, K di dalam tanah setelah 60 hst aplikasi biochar. Kadar N, P, dan K tanah menunjukkan peningkatan sesuai dengan tingkat dosis.

Kadar N tanah meningkat sesuai tingkat dosis (15, 30, 45 t ha⁻¹) biochar masing-masing

sebesar 23%, 50%, dan 70% (biochar sekam padi); 27%, 30%, 50% (tempurung); dan 23%, 43%, 53% (kayu). Biochar memiliki dampak pada ketersediaan hara dalam tanah dalam dua cara yaitu, unsur hara dan retensi hara. Abu di biochar berisi hara tanaman, sebagian besar basis seperti Ca, Mg dan K tetapi juga P dan mikronutrient termasuk seng, mangan (Gokila dan Baskar, 2015).

Nitrogen merupakan unsur hara yang paling membatasi hasil tanaman. Ketersediaan N ditentukan oleh proses amonifikasi dan nitrifikasi yang terjadi di dalam tanah. Penelitian terbaru telah menunjukkan bahwa penambahan biochar ke permukaan tanah mineral secara langsung dapat mempengaruhi transformasi N (Lehmann et al., 2009). Kadar P tanah meningkat masing-masing sebesar 167%, 226%, dan 238% (biochar sekam padi); 75%, 107%, 119% (tempurung); dan 137%, 169%, 451% (kayu).

Kadar K tanah meningkat sesuai tingkat dosis (15, 30, 45 t ha⁻¹) biochar masing-masing sebesar 73%, 84%, dan 97% (biochar sekam padi); 129%, 175%, 421% (tempurung); dan 36%, 135%, 146% (kayu). PH tanah mempengaruhi ketersediaan unsur hara P. Steiner et al. (2006) melaporkan bahwa arang dapat digunakan untuk meningkatkan ketersediaan P pada tanah masam. Ketersediaan K dipengaruhi oleh tipe dan jumlah mineral dalam tanah.

Ketersediaan unsur hara N berkaitan dengan banyaknya N yang hilang akibat pencucian. Dosis 45 t ha⁻¹ menyediakan kadar N tertinggi (0,17%) dan pencucian nitrat terendah (0,43 mg l⁻¹). Hasil penelitian di rumah kaca menunjukkan pada 1-30 hst, pencucian nitrat berkurang dengan aplikasi biochar, pencucian nitrat terendah pada dosis 45 t ha⁻¹. Semakin tinggi dosis biochar, tidak semakin banyak nitrogen dan kalium yang tercuci meskipun jumlah N dan K dalam tanah semakin banyak.

Pada 30-60 hst, setiap bahan biochar menghasilkan pencucian N dan K yang sama pada berbagai dosis kecuali biochar sekam (Widowati et al, 2014). Biochar telah ditemukan untuk meningkatkan retensi hara, terutama N, di tanah tropis yang menerima curah hujan lebat (Lehmann et al., 2003; Steiner et al., 2008). Hasil analisis regresi menunjukkan adanya pola hubungan kwadratik antara serapan dengan kadar hara N, P, K di dalam tanah (Gambar 5.30 - 5.32). Gambar 5.30.

Hubungan antara kadar N tanah dengan serapan N tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar Gambar 5.31. Hubungan antara kadar P tanah dengan serapan P tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar Gambar 5.32. Hubungan antara kadar K tanah dengan serapan K tanaman jagung akibat perlakuan dosis dan bahan biochar VI.

PENUTUP - Hasil jagung meningkat 31-54% dengan bahan dan dosis biochar, tertinggi pada biochar sekam dosis 30 t ha⁻¹. - Biochar **dosis 45 t ha⁻¹** dapat menurunkan hasil jagung sebesar 4% (biochar sekam) dan 9% (tempurung kelapa muda). - **Biochar sekam padi dosis 45 t ha⁻¹**, tempurung kelapa muda dosis 30 t ha⁻¹, dan biochar kayu 15 t ha⁻¹ menghasilkan bobot kering brangkas yang sama, sebesar 7,93 t ha⁻¹. - Serapan P dan K yang tertinggi pada biochar sekam dosis 45 t ha⁻¹ dapat menurunkan hasil tanaman sebesar 4%.

- Serapan N tertinggi pada biochar tempurung dosis 30 t ha⁻¹. - Perubahan yang sangat nyata dalam meningkatkan kualitas tanah setelah pemberian biochar, seperti pH, karbon organik, KB, KTK, dan ketersediaan N,P,K tanah. - Perubahan sifat tanah setelah aplikasi biochar pada umur 120 hst lebih baik daripada umur 60 hst, kecuali pH tanah.

- Level dosis biochar yang bertambah dapat meningkatkan karbon organik tanah pada biochar sekam. - Ketersediaan N, P, K tanah meningkat dengan meningkatnya level dosis biochar. - **Biochar sekam padi dosis 45 t ha⁻¹** tertinggi dalam meningkatkan N tanah. - Biochar tempurung kelapa muda **dosis 45 t ha⁻¹** tertinggi dalam meningkatkan K tanah. - **Biochar kayu dosis 45 t ha⁻¹** tertinggi dalam meningkatkan P tanah.

INTERNET SOURCES:

<1% - <http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/jsl/article/download/6470/5763>

<1% - <https://id.scribd.com/doc/293745621/Makalah-Teknologi-Energi-Bersih>

<1% - <https://bel-aja.blogspot.com/2013/06/makalah-kondisi-dan-sifat-tanah.html>

<1% - https://www.academia.edu/25041285/Laporan_Maes_Aspek_Tanah

<1% - <http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/psp/article/download/3401/2883>

<1% -

https://www.academia.edu/20700906/MENGETAHUI_TINGKAT_PENCEMARAN_TANAH_DAN_PENGOLAHAN_LINDI_PADA_TEMPAT_PEMROSESAN_AKHIR_GUNUNG_KUPANG_BANJARBARU

<1% - <https://www.scribd.com/document/352970631/JDMLM-Vol-4-No-4-July-2017>

<1% - <https://naldc.nal.usda.gov/download/41358/PDF>

<1% -

http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Major%20et%20al%20Plant%20and%20Soil%20for%20CIAT.pdf

<1% -

<https://www.scribd.com/document/366630143/Aplikasi-Biochar-Limbah-Daduk-Tebu-Untuk-Peningkatan-Produktivitas-Lahan-Marginal>

<1% -

[http://download.portalgaruda.org/article.php?article=435266&val=7750&title=RESPON%20TANAMAN%20JAGUNG%20\(ZEA%20MAYS%20L\)%20TERHADAP%20APLIKASI%20BIOCHAR%20DAN%20PUPUK%20SUSULAN%20N%20DAN%20K%20PADA%20TANAH%20TERDEGRADASI](http://download.portalgaruda.org/article.php?article=435266&val=7750&title=RESPON%20TANAMAN%20JAGUNG%20(ZEA%20MAYS%20L)%20TERHADAP%20APLIKASI%20BIOCHAR%20DAN%20PUPUK%20SUSULAN%20N%20DAN%20K%20PADA%20TANAH%20TERDEGRADASI)

<1% -

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/57701/Chapter%20II.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

<1% -

<https://novalindabarus.blogspot.com/2012/01/praktek-kualitas-tanah-di-lahan-sawah.html>

<1% - <http://digilib.unila.ac.id/3629/14/BAB%20II.pdf>

<1% -

<https://geografi13.wordpress.com/2015/06/09/pengaruh-iklim-terhadap-pertanian/>

<1% - <https://mututanah1.wordpress.com/2012/02/14/hello-world/>

<1% - <http://www.neraca.co.id/article/60265/generasi-muda-adalah-akar-bangsa>

1% - <https://yugohyu.blogspot.com/2011/05/>

1% -

<https://hendriindustri21.blogspot.com/2013/05/jurnal-degradasi-lahan-dan-dampaknya.html>

<1% - <https://pt.scribd.com/document/12585123/I01-LHP-Pantai-Berpasir>

<1% -

<https://forestryinformation.wordpress.com/2013/01/18/sifat-sifat-tanah-dan-problematika-lahan-terdegradasi-serta-cara-mengatasinya/>

<1% - <http://eprints.undip.ac.id/56153/2/I.pdf>

<1% -

https://www.researchgate.net/publication/237313273_PERKEMBANGAN_PENELITIAN_SUMBER_DAYA_LAHAN_DAN_KONTRIBUSINYA_UNTUK_MENGATASI_KEBUTUHAN_LAHAN_PERTANIAN_DI_INDONESIA

<1% -

https://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/26630/Sistem_Informasi_Pengelolaan_DAS-5.pdf?sequence=1&isAllowed=y

<1% -

<https://heryantos.blogspot.com/2013/04/perubahan-ekosistem-pada-lahan-pertanian.html>

1% - <http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/jti/article/download/253/144>

<1% - <https://suntoro.staff.uns.ac.id/files/2009/04/11-degradasi-lahan.pdf>

<1% -

<http://www.blog.ub.ac.id/ningtyisme/files/2012/09/jurnal-pembangunan-pertanian-berkelanjutan.pdf>

<1% -

<https://id.123dok.com/document/yr5wr7q-potensi-dan-ketersediaan-sumber-daya-lahan-untuk-mendukung-ketahanan-pangan.html>

<1% -

<https://tatisembilan.blogspot.com/2010/07/ilmu-pengetahuan-dan-teknologi-iptek.html>

<1% - <https://nasih.files.wordpress.com/2011/01/kesuburan-tanah-lahan-marginal.pdf>

<1% -

<http://hortikultura.litbang.pertanian.go.id/berita-965-efisiensi-air-mendukung-off-season-mangga.html>

<1% -

<https://makalahnurulsholehuddin.blogspot.com/2015/03/manajemen-kesuburan-tanah.html>

<1% - <https://dsafriansyah.blogspot.com/2010/04/>

<1% - http://pur-plso.unsri.ac.id/userfiles/60_rima-purnamayani-revisi1.pdf

<1% - <https://jurnal.uns.ac.id/prosbi/article/download/17638/14064>

<1% -

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/63227/Chapter%20II.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

<1% -

https://mafiadoc.com/65-pengaruh-aplikasi-arang-terhadap-pertumbuhan-_5999d4e71723dd99bd186df0.html

<1% -

<https://docobook.com/agrimeta-jurnal-pertanian-berbasis-keseimbangan-ekosistem.html>

<1% - <https://jurnal.unitri.ac.id/index.php/buanasains/article/viewFile/160/161>

<1% - <https://www.scribd.com/document/325716292/2007-Aga>

<1% - <https://jurnal.unitri.ac.id/index.php/buanasains/article/download/154/155>

<1% -

<https://www.scribd.com/document/382822820/Pengaruh-Pupuk-Organik-Dan-Arang-Hayati-Terhadap-K>

<1% - <https://cropagro.unram.ac.id/index.php/caj/article/download/247/176/>

<1% -

https://www.academia.edu/35875260/_BIOCHAR_ASEM_ARANG_SEKAM_SEBAGAI_MEDIA_INVESTASI_PENYIMPANAN_AIR_PADA_MUSIM_KEMARAU_DI_LAHAN_SAWAH_Oleh

<1% - <https://www.scribd.com/document/390709021/6503-15874-1-SM-pdf>

<1% -

<https://sang-pendobrak.blogspot.com/2013/10/pengaruh-kombinasi-pupuk-kandang-sapi.html>

<1% - http://eprints.undip.ac.id/45583/4/Bab_4.pdf

<1% - <http://repository.ub.ac.id/view/subjects/630.html>

<1% -

http://bse.mahoni.com/data/2013/kelas_11smk/Kelas_11_SMK_Teknik_Pengecoran_Logam_&Perlakuan_Panas_3.pdf

<1% -

<https://putribamboo.blogspot.com/2010/09/arang-tempurung-kelapa-selama-ini-lebih.html>

<1% -

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/67978/Chapter%20III-VI.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

<1% -

https://www.researchgate.net/publication/236590808_The_Reduction_of_Inorganic_Fertilizers_Using_The_Addition_of_Plant_Bokashi_in_the_Tomato_Cultivation

<1% - <https://zombiedoc.com/modul-praktikum-tpt-lengkap.html>

<1% - <https://duniapertanianinsaya.blogspot.com/2013/10/cara-panen-padi.html>

<1% - <https://jurnal.ugm.ac.id/jbp/article/viewFile/1603/1419>

<1% -

http://protan.studentjournal.ub.ac.id/index.php/protan/oai?verb=ListRecords&metadataPrefix=oai_dc

<1% -

<https://menujumasadepan.files.wordpress.com/2011/01/uji-aktivitas-antibakteri.doc>

<1% -

https://www.academia.edu/25918086/Organisme_yang_dapat_melakukan_proses_fotosintesis_seperti_tumbuhan_dan_algae_menghasilkan_bahan_organik_untuk_biosfer

<1% -

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/18774/Chapter%20II.pdf;sequence=4>

<1% -

<https://id.scribd.com/doc/316416742/001-SEMREGIONALWILAYAHSUMATERA-2014>

<1% - <https://kentanghitamsukur.blogspot.com/>

<1% - <https://zombiedoc.com/2017-tanggal-6-januari-2017.html>

<1% - <https://setiono774.blogspot.com/2011/01/>

<1% -

<https://id.123dok.com/document/4yr3j57y-kajian-pemberian-pupuk-hayati-dan-amandemen-terhadap-serapan-hara-n-p-serta-pertumbuhan-bibit-tanaman-kelapa-sawit-elaeis-guineensis-jacq-pada-tanah-gambut-desa-ajamu-labuhan-batu.html>

<1% -

<http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/jti/article/download/5726/Pengaruh%20Amelioran%2C%20Pupuk%20dan%20Sistem%20Pengelolaan%20Tanah%20Sulfat%20M asam%20terhadap%20Hasil%20Padi%20dan%20Emisi%20Metana.pdf>

<1% -

https://cicakgenit.blogspot.com/2015/09/tanaman-gulma-kerugian-akibat-gulma_26.html

<1% - <https://id.scribd.com/doc/217649486/Jurnal-Cabe-Jaw>

<1% -

<https://id.123dok.com/document/lq58kmrq-penentuan-dosis-optimum-pemupukan-n-p-dan-k-pada-sorgum-sorghum-bicolor-l-moench-dengan-metode-multinutrient-response.html>

<1% -

https://www.researchgate.net/publication/315945828_Respons_pertumbuhan_bibit_kelapa_sawit_Elaeis_guineensis_Jacq_terhadap_pemberian_fungi_mikoriza_arbuskular_dan_cekaman_air

<1% -

https://www.academia.edu/15261110/PENGARUH_APLIKASI_ARANG_TERHADAP_PERTUMBUHAN_AWAL_Michelia_Montana_Blume_DAN_PERUBAHAN_SIFAT_KESUBURAN_TANAH_PADA_TIPE_TANAH_LATOSOL_The_Effect_of_Biochar_Application_on_Early_Growth_of_Michelia_montana_Blume_and_Change_in_Soil_Fertility_of_Latosol_Soil_Type

<1% - <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/Agrosia/article/download/1088/900>

<1% - <https://www.scribd.com/document/396412111/LAPORAN>

<1% - http://www.biochar.org/joomla/images/stories/Events/steiner_CSD.pdf

<1% - <http://www.scielo.br/pdf/asagr/v35n3/v35n3a09.pdf>

<1% -

<https://id.123dok.com/document/eqo4650z-pemanfaatan-fungi-mikoriza-arbuskula-dan-arang-tempurung-kelapa-untuk-meningkatkan-pertumbuhan-semai-gmelina-dan-balsa.html>

<1% -

<http://widyariset.pusbindiklat.lipi.go.id/index.php/widyariset/article/viewFile/172/166>

<1% -

<https://iihamidah24.blogspot.com/2014/11/makalah-pengaruh-bahan-organik-terhadap.html>

<1% -

<https://es.scribd.com/document/328355212/Tingkat-Penggunaan-Persentase-Pati-Gembili-Dioscorea-aculeata-L-Pada-Sifat-Fisik-Dan-Akseptabilitas-Nugget-Ayam-pdf>

<1% -

<https://id.123dok.com/document/z3g73rmy-prosiding-pertanian-2017-cover.html>

<1% - <http://eprints.unram.ac.id/4106/1/Jurnal%20Ridwan%20C1B008014.pdf>

<1% -

https://sinta.unud.ac.id/uploads/dokumen_dir/2bd7d9ab1aadf253fce345810c4e8b0a.PDF

F

<1% - <https://jtsl.ub.ac.id/index.php/jtsl/article/download/136/146>

<1% -

<https://id.123dok.com/document/4yrokl7y-respons-pertumbuhan-dan-produksi-kacang-tanah-arachis-hypogaeal-dengan-pemberian-pupuk-kandang-ayamdan-pupuk-npk-15-15.html>

<1% - http://eprints.upnjatim.ac.id/3212/1/R_Mapeta_9_3_Agust_2007.pdf

<1% - <https://rsdin.blogspot.com/2014/10/ph-tanah.html>

<1% -

<https://kumpulanrppdanmakalah.blogspot.com/2015/05/makalah-tentang-pengaruh-olah-tanah.html>

<1% -

https://www.academia.edu/32702523/Aplikasi_Biochar_Terhadap_Pertumbuhan_dan_Hasil_Tanaman_Padi_di_Lahan_Rawa_Lebak_Biochar_Application_Influences_on_Growth_and_Yield_of_Rice_at_Riparian_Wetlands

<1% -

<https://yohannes1.blogspot.com/2012/06/hubungan-ph-tanah-dengan-kesediaan.html>

<1% -

<https://atp2blog.blogspot.com/2014/03/pupuk-dan-16-unsur-hara-esensial-bagi.html>

<1% - <https://dsafriansyah.blogspot.com/2010/04/sifat-kimia-tanah.html>

<1% -

<https://cabaimerah24.blogspot.com/2016/07/pengaruh-komposisimedia-tanam-terhadap.html>

<1% -

https://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/10872/Bab%20IV_2006ahu.pdf?sequence=10&isAllowed=y

<1% - <https://id.scribd.com/doc/214301699/11aaaa-pdddf>

<1% -

https://www.researchgate.net/publication/323936209_Pengaruh_Pupuk_Majemuk_NPKS_dan_NPK_terhadap_Pertumbuhan_dan_Hasil_Padi_Sawah_pada_Inceptisol

<1% -

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/21674/Chapter%20II.pdf;sequence=4>

<1% -

<https://www.slideshare.net/purwandaruwidyasunu/dasardasar-ilmu-tanah-kimia-kesuburan-tanah-dan-unsur-hara-tanaman>

<1% - <http://repository.ub.ac.id/view/year/2016.html>

<1% - <https://helyulitra-lik.blogspot.com/2008/11/sifat-fisika-tanah.html>

<1% - <https://es.scribd.com/document/396564625/PROSEDING-FINAL-fix-pdf>

<1% -

<https://id.123dok.com/document/1y96w4vy-pengaruh-pemberian-pupuk-organik-dan-pupuk-anorganik-terhadap-kadar-n-p-dan-k-tanah-serapan-n-p-dan-k-serta-pertumbuhan-padi-dengan-metode-sri-system-of-rice-intensification.html>

<1% -

<https://adibfauzanh0712004.blogspot.com/2013/12/laporan-praktikum-kesuburan-tanah.html>

<1% - <https://dsafriansyah.blogspot.com/2011/11/>

<1% - <https://id.scribd.com/doc/140740532/Tanah-pasir>