



BIOCHAR BAMBU

PERBAIKI KUALITAS TANAH DAN HASIL JAGUNG

Dr. Ir. Yohanes Parlindungan Situmeang, M.Si.



BIOCHAR BAMBU PERBAIKI KUALITAS TANAH DAN HASIL JAGUNG



YOHANES PARLINDUNGAN SITUMEANG

BIOCHAR BAMBU

Perbaiki Kualitas Tanah dan Hasil Jagung

Author :
Yohanes Parlindungan Situmeang

Layouter :
Dewi

Editor :
Yohanes Parlindungan Situmeang

Design Cover :
Azizur Rachman

copyright © 2020
Penerbit



Scopindo Media Pustaka
Jl. Kebonsari Tengah No. 03, Surabaya
Telp. (031) 82519566
scopindomedia@gmail.com

ISBN : 978-623-6500-24-8

Hak cipta dilindungi oleh Undang-undang Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku tanpa izin tertulis dari Penerbit

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

Undang-undang Nomor 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

Setiap orang yang dengan atau tanpa hak melakukan pelanggaran terhadap hak ekonomi yang sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan ancaman pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp. 100.000.000 (seratus juta rupiah)

Setiap orang yang dengan atau tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp. 500.000.000 (lima ratus juta rupiah).

Setiap orang dengan atau tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau Pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp. 1.000.000.000 (satu miliar rupiah).



PRAKATA

Puji syukur penulis sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena hanya atas berkat dan karunia-Nya, buku dengan judul “Biochar Bambu Perbaiki Kualitas Tanah dan Hasil Jagung” dapat penulis selesaikan dengan baik. Buku ini dapat dipakai sebagai bahan referensi bagi mahasiswa, pelajar, praktisi, stakeholder, dan masyarakat.

Biochar dikenal dengan berbagai sebutan seperti arang hayati, si mutiara hitam, sang pembenah tanah, soil amendement, bioremediator, soil conditioner, dan si penyelamat lingkungan. Biochar adalah arang hitam berpori hasil dari proses pemanasan biomassa pada keadaan oksigen terbatas atau tanpa oksigen. Biochar berpotensi meningkatkan kadar karbon tanah, retensi air dan hara di dalam tanah, memperbaiki kesuburan tanah dan memulihkan kualitas tanah di lahan kering.

Pertanian lahan kering dicirikan dengan tingkat kesuburan rendah, ketersediaan air dan hara yang rendah, kelerengan yang curam, mudah tererosi, dan solum yang dangkal. Perbaikan kualitas tanah di lahan kering dapat dilakukan dengan menggunakan pembenah tanah biochar. Biochar yang diperkaya dengan pupuk organik kompos dan pupuk anorganik phonska dapat memenuhi unsur hara yang cukup dan seimbang serta meningkatkan hasil tanaman jagung di lahan kering. Dalam buku ini penulis mengupas tentang : (1) potensi dan karakteristik biochar bambu dan kompos dalam memperbaiki kualitas tanah di lahan kering, (2) dosis optimum biochar bambu, kompos, dan phonska yang memberikan hasil tanaman jagung tertinggi, dan (3) formulasi biochar bambu dengan kompos dan phonska dalam memperbaiki kualitas tanah dan hasil tanaman jagung.



Penggunaan biochar dari limbah bambu maupun biomasa pertanian lainnya ternyata dapat memberi manfaat untuk perbaikan kualitas lahan-lahan pertanian khususnya lahan kering. Oleh karena itu, peran pemerintah dan stakeholder pertanian sangat diperlukan untuk pengembangan teknologi pembuatan biochar yang efektif dan efisien di masa yang akan datang sehingga layak untuk diaplikasikan di lahan-lahan pertanian yang miskin unsur hara.

Penulis menyadari bahwa isi dari buku ini jauh dari sempurna oleh karena itu masukan dan saran yang berguna sangat penulis harapkan untuk perbaikan buku ini.

Denpasar, Juli 2020

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I FENOMENA PERTANIAN LAHAN KERING	1
BAB II POTENSI DAN KARAKTERISTIK LAHAN KERING .	5
A. Lahan Kering.....	6
B. Kualitas Tanah.....	7
BAB III BIOCHAR BAMBU, KOMPOS DAN PHONSKA	11
A. Biochar.....	12
B. Kompos.....	21
C. Phonska.....	22
BAB IV TANAMAN JAGUNG	25
A. Taksonomi Tanaman Jagung (<i>Zea mays L.</i>)	26
B. Morfologi Tanaman Jagung (<i>Zea mays L.</i>)	26
C. Varietas Tanaman Jagung (<i>Zea mays L.</i>)	29
D. Fase Pertumbuhan Tanaman Jagung (<i>Zea mays L.</i>).....	30
E. Syarat Tumbuh Tanaman Jagung (<i>Zea mays L.</i>).....	31
F. Kandungan Gizi Tanaman Jagung (<i>Zea mays L.</i>).....	32
G. Tanaman Jagung Hibrida Bisi-2.....	34
BAB V PERAN BIOCHAR DAN KOMPOS TERHADAP KUALITAS TANAH DI LAHAN KERING	37
A. Potensi Lahan Kering Untuk Tanaman Jagung.....	38



B. Potensi dan Karakteristik Biochar dari Limbah Bambu dan Kompos dari Kotoran Sapi.....	40
--	----

BAB VI PERAN BIOCHAR, KOMPOS, DAN PHONSKA TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN JAGUNG.....	47
A. Dosis Terbaik dari Biochar, Kompos dan Phonska dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung	48
B. Dosis Optimum dari Biochar, Kompos dan Phonska dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung	57

BAB VII KOMBINASI DOSIS BIOCHAR DENGAN KOMPOS DAN PHONSKA TERHADAP SIFAT-SIFAT TANAH, KUALITAS TANAH DAN HASIL JAGUNG	61
A. Sifat-Sifat Tanah (Fisik, Kimia, dan Biologi).....	62
B. Kualitas Tanah.....	81
C. Karakteristik Sifat-Sifat Tanah dan Kualitas Tanah di Lahan Kering	83
D. Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung.....	90
E. Efektivitas Biochar dan Kelayakan Usaha Tani Tanaman Jagung di Lahan Kering	100

BAB VIII PENUTUP	107
A. Kesimpulan	108
B. Saran.....	108

DAFTAR PUSTAKA	109
GLOSARIUM.....	121
INDEKS	125



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Indikator Kualitas Tanah yang Terpilih dan Proses Yang Dipengaruhi	9
Tabel 4.1.	Macam Bentuk Biji Jagung	29
Tabel 4.2.	Kandungan Kimia dan Gizi Jagung Kuning.....	33
Tabel 4.3.	Deskripsi Jagung Hibrida Varietas Bisi-2.....	36
Tabel 5.1.	Faktor Pembatas dan Pembobotan Relatif Indikator Kualitas Tanah	39
Tabel 5.2.	Kualitas Tanah Berdasarkan 10 Minimum Data Set	40
Tabel 5.3.	Hasil Analisis Karakteristik Biochar dan Kompos	43
Tabel 6.1.	Rata-Rata Tinggi Tanaman, Jumlah Daun dan Total Luas Daun, Umur Keluar Malai, dan Umur Keluar Rambut Tongkol Karena Perlakuan Jenis dan Dosis Pupuk	52
Tabel 6.2.	Rata-Rata Berat Segal Tongkol Tanpa Kelobot, Berat Biji Segar, Berat Biji Pipilan Kering Kadar Air 14%, Berat Kering Oven Brangkasian, dan Berat Kering Oven Total Tanaman Karena Pengaruh Jenis dan Dosis Pupuk.....	55
Tabel 6.3.	Hasil Analisis Regresi antara Dosis Biochar, Kompos, dan Phonska dengan Hasil Maksimum Berat Kering Oven Total Tanaman	58
Tabel 7.1.	Rata-Rata Kadar Air, Berat Volume, Porositas, Pasir, Debu, dan Liat Tanah Pada Perlakuan Dosis Biochar dan Jenis Pupuk.....	67
Tabel 7.2.	Rata-Rata Kandungan Pasir dalam Tekstur Tanah Pada Interaksi Dosis Biochar dengan Jenis Pupuk.....	69
Tabel 7.3.	Rata-Rata Kandungan Debu dalam Tekstur Tanah pada Interaksi Dosis Biochar dengan Jenis Pupuk.....	69
Tabel 7.4.	Rata-Rata Kandungan Liat dalam Tekstur Tanah pada Interaksi Dosis Biochar dengan Jenis Pupuk.....	70



Tabel 7.5.	Rata-Rata pH, DHL, Bahan Organik, C-organik, N-total, Dan C/N pada Perlakuan Dosis Biochar dan Jenis Pupuk.....	71
Tabel 7.6.	Rata-Rata P-tersedia pada Interaksi Dosis Biochar dengan Jenis Pupuk.....	72
Tabel 7.7.	Rata-Rata K-tersedia pada Interaksi Dosis Biochar dengan Jenis Pupuk.....	73
Tabel 7.8.	Rata-Rata KTK dan KB pada Perlakuan Dosis Biochar Dan Jenis Pupuk.....	75
Tabel 7.9.	Pengaruh Interaksi Dosis Biochar dengan Jenis Pupuk Terhadap Total Mikroba Tanah.....	76
Tabel 7.10.	Rating Kualitas Tanah Masing-Masing Perlakuan Kombinasi Dosis Biochar dan Jenis Pupuk pada Tanah Setelah Penelitian	82
Tabel 7.11.	Rating Kualitas Tanah Pada Perlakuan Dosis Biochar (D) dan Jenis Pupuk (P) pada Tanah Setelah Penelitian	83
Tabel 7.12.	Rata-Rata Umur Keluar Malai dan Rambut Tongkol Pada Perlakuan Dosis Biochar dan Jenis Pupuk.....	93
Tabel 7.13.	Rata-Rata Berat Kering Oven Akar, Berat Kering Oven Brangkasan Di Atas Tanah, Berat Segar Tongkol Tanpa Kelobot, Jumlah Tongkol, Dan Indeks Panen Pada Dosis Biochar Dan Jenis Pupuk.....	94
Tabel 7.14.	Rata-Rata Berat Kering Oven Total Per Tanaman Dan Berat 1000 Biji Kering Kadar Air 14% Pada Interaksi Dosis Biochar Dengan Jenis Pupuk	96
Tabel 7.15.	Pengaruh Interaksi Perlakuan Dosis Biochar dengan Jenis Pupuk Terhadap Berat Biji Pipilan Kering Panen per ha per ha	97
Tabel 7.16.	Pengaruh Interaksi Perlakuan Dosis Biochar Dengan Jenis Pupuk Terhadap Berat Biji Pipilan Kering Kadar Air 14% per ha	98
Tabel 7.17.	Hasil Analisis Usahatani Jagung Hibrida Bisi-2	102



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1.	Butiran Biochar Bambu dan Analisis SEM Biochar Bambu Pembesaran 2000 Kali	12
Gambar 3.2.	Diagram Mekanisme Reaksi Yang Terjadi Pada Permukaan Biochar	16
Gambar 4.1.	Tanaman Jagung (<i>Zea mays</i> L.)	26
Gambar 4.2.	Budidaya Tanaman Jagung Hibrida Bisi-2.....	34
Gambar 5.1.	Arang Bambu Dan Butiran Biochar Bambu Siap Pakai	41
Gambar 5.2.	Pembuatan Kompos.....	42
Gambar 6.1.	Hubungan Antara Dosis Biochar Dengan Berat Kering Oven Total Tanaman	58
Gambar 6.2.	Hubungan Antara Dosis Kompos Dengan Berat Kering Oven Total Tanaman	59
Gambar 6.3.	Hubungan Antara Dosis Phonska Dengan Berat Kering Oven Total Tanaman	60
Gambar 7.1.	Hubungan Dosis Biochar Bambu Dengan Kadar Air Tanah	66
Gambar 7.2.	Hubungan Dosis Biochar Bambu Dengan Berat Volume Tanah.....	67
Gambar 7.3.	Hubungan Dosis Biochar Bambu Dengan Porositas Tanah	68
Gambar 7.4.	Hubungan Interaksi Antara Dosis Biochar Dengan kompos+phonska terhadap K-tersedia	74
Gambar 7.5.	Hubungan Dosis Biochar Bambu Dengan KTK Tanah	75
Gambar 7.6.	Hasil uji SEM pembesaran 500x, 1000x, dan 2000x pada biochar bambu, tanah tanpa perlakuan (D ₀ P ₀), dan tanah dengan perlakuan terbaik (D ₂ P ₃).....	77
Gambar 7.7.	Hasil uji EDS pada biochar bambu	78



Gambar 7.8.	Hasil uji EDS tanah tanpa perlakuan (D_0P_0).....	79
Gambar 7.9.	Hasil uji EDS tanah dengan perlakuan terbaik (D_2P_3).....	80
Gambar 7.10.	Histogram interaksi DxP dengan berat biji pipilan kering kadar air 14% per ha	99





BAB I

FENOMENA PERTANIAN LAHAN KERING

Budidaya pertanian di lahan kering memiliki peluang dan tantangan untuk dikembangkan menjadi lahan yang produktif untuk tanaman palawija, khususnya tanaman jagung yang dapat beradaptasi dengan kekeringan. Kondisi lahan kering umumnya ditandai dengan berbagai keterbatasan seperti struktur tanah yang jelek, kandungan C-organik sangat rendah, dan kemampuan meretensi hara dan air rendah. Berbagai keterbatasan di lahan kering tersebut merupakan tantangan dalam pengembangan pertanian lahan kering. Pengelolaan lahan kering yang tidak sesuai dengan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air telah menyebabkan kerusakan lahan dan penurunan produktivitas lahan kering. Produktivitas lahan kering dapat ditingkatkan melalui upaya rehabilitasi yang diarahkan untuk memperbaiki kualitas tanah yang mencakup sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Salah satu upaya perbaikan kualitas tanah di lahan kering dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai bahan amelioran atau pembenah tanah biochar.

Biochar adalah bahan kaya karbon yang berasal dari biomassa seperti kayu maupun sisa hasil pengolahan tanaman yang dipanaskan dalam wadah dengan sedikit atau tanpa udara (Lehmann dan Joseps, 2009). Pembuatan biochar cara pirolisis (pembakaran tidak sempurna) dilakukan dengan menggunakan alat pembakaran atau pirolisator suhu 250-350°C selama 2,0-3,5 jam, sehingga diperoleh arang yang mengandung karbon tinggi dan dapat diaplikasikan sebagai pembenah tanah (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2012).

Biochar telah diketahui dapat meningkatkan kualitas tanah dan digunakan sebagai salah satu alternatif untuk pembenah tanah (Gani, 2009). Biochar berguna sebagai bahan yang penting untuk meningkatkan keamanan pangan dan keragaman tanaman di wilayah dengan tanah yang miskin hara, bahan organik rendah, dan kekurangan air. Biochar juga meningkatkan kualitas dan kuantitas air, serta mampu meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman (International Biochar Initiative, 2012). Bambang (2012) menambahkan bahwa pemberian biochar sebagai pembenah tanah dapat meningkatkan ketersediaan kalium, fosfor, nitrogen, kapasitas tukar kation, dan hasil tanaman serta



dapat mengurangi resiko pencucian hara khususnya kalium dan nitrogen.

Arang hitam berpori biochar memiliki sifat dengan luas permukaan spesifik yang besar, kapasitas adsorpsi yang tinggi, biaya rendah, dan stabilitas yang kuat, biochar telah diterapkan secara luas sebagai pembenah tanah dan memulihkan lingkungan yang tercemar.

Pemberian biochar ke tanah berpotensi meningkatkan kadar karbon tanah, memperbaiki kesuburan tanah dan memulihkan kualitas tanah yang telah terdegradasi (Atkinson *et al.*, 2010; Glaser *et al.*, 2002). Gani (2009) menambahkan bahwa biochar dapat menjaga keseimbangan C dan N dalam tanah untuk jangka waktu yang panjang, menambahkan pembenah tanah biochar juga dapat meningkatkan jerapan P dan N, serta meningkatkan KTK dan pH tanah.

Efektivitas biochar dalam meningkatkan kualitas tanah sangat tergantung pada sifat kimia dan fisik biochar ditentukan oleh jenis bahan baku (kayu lunak, kayu keras, sekam padi, dan lain-lain), metode karbonisasi (tipe alat pembakaran, temperatur), dan bentuk biochar (padat, serbuk, karbon aktif) (Ogawa, 2006). Glaser *et al.* (2002) menyatakan bahwa perbedaan bentuk biochar akan berpengaruh terhadap kualitas pembenah tanah dan kemampuannya dalam memperbaiki kualitas tanah.

Biochar bersifat rekalsitran yaitu sulit terdekomposisi dalam tanah sehingga aplikasi tunggal biochar dapat menyediakan efek yang bermanfaat selama beberapa musim tanam sehingga biochar tidak perlu diaplikasikan setiap musim tanam seperti pada pengaplikasian pupuk organik dan pupuk anorganik. Aplikasi biochar dapat mengurangi penggunaan pupuk sintesis melalui keberimbangan penggunaan pupuk organik dan pupuk anorganik. Biochar dapat diberikan secara bertahap, tergantung pada target tingkat aplikasi, ketersediaan cadangan biochar dan sistem pengelolaan tanah. Efek bermanfaat dari pengaplikasian biochar ke tanah akan meningkat seiring waktu (Adhi, 2013). Bahan baku pembenah tanah biochar yang bersumber dari bahan sulit didekomposisi seperti bambu telah banyak mendapat perhatian para



pemerhati lingkungan. Tanaman bambu mudah untuk dikelola, produksi biomassa tinggi, limbah yang dihasilkan dari sisa panen bambu dan sisa dari industri kerajinan bambu cukup tinggi, dan bernilai ekonomi tinggi. Situmeang *et al.*, (2013) dari hasil surveinya mendapatkan bahwa perkebunan bambu dengan luas 10.500 ha yang ada di Kabupaten Bangli, berpotensi menghasilkan bahan baku limbah bambu dalam jumlah cukup besar, dan sekitar 200 ha lahan bambu rakyat yang dikelola masyarakat setempat dapat menghasilkan limbah bambu sekitar 30 ton per hari. Limbah bambu yang jumlahnya besar dapat diproses secara pirolisis untuk mendapatkan arang bambu yang selanjutnya diolah menjadi butiran atau serbuk biochar yang siap dimanfaatkan sebagai pembenah tanah.

Biochar limbah bambu dosis 10 t ha⁻¹ yang diaplikasikan dengan cara diaduk merata pada lapisan olah tanah menunjukkan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dan berat basah total tanaman jagung (Situmeang dan Sudewa, 2013). Hasil penelitian Sujana (2014), formulasi kombinasi antara dosis biochar sekam padi 9,28 t ha⁻¹ dengan dosis kotoran ayam 8,54 t ha⁻¹ dapat memperbaiki sifat-sifat tanah dan pertumbuhan tanaman jagung, seperti terjadinya penurunan berat volume tanah, meningkatnya kadar air tanah, porositas total tanah, KTK, K-tersedia, P-tersedia, dan C-organik tanah.

Penelitian tentang manfaat biochar untuk perbaikan kualitas tanah pada lahan kering dengan berbagai komoditas tanaman, khususnya tanaman jagung masih sangat terbatas. Perbaikan kualitas tanah di lahan kering sangat strategis ke depan untuk mengatasi berbagai permasalahan pertanian di lahan kering. Perlu adanya upaya-upaya nyata untuk meningkatkan produksi tanaman jagung dengan mengoptimalkan pemanfaatan lahan kering melalui perbaikan budidaya pertanian, khususnya pemanfaatan pembenah tanah biochar.





BAB 2

POTENSI DAN KARAKTERISTIK LAHAN KERING

-
- A. Lahan Kering
 - B. Kualitas Tanah

A. Lahan kering

Lahan kering adalah lahan yang tidak pernah tergenang air sepanjang tahun (Samosir, 2000). Lahan kering sering dikaitkan dengan usahatani yang dilakukan oleh masyarakat di bagian hulu suatu daerah aliran sungai sebagai lahan atas atau lahan yang terdapat di wilayah kering yang tergantung pada air hujan sebagai sumber air dan tidak pernah tergenang air secara tetap.

Hidayat *et al.* (2000) menyatakan bahwa kendala utama yang sering dijumpai pada lahan kering adalah tingkat produktivitasnya rendah, dicirikan oleh tanah dengan pelapukan lanjut, solum tebal berwarna kemerahan, kadar liatnya tinggi, reaksi tanah masam, kapasitas tukar kation dan kejenuhan basa rendah, miskin hara terutama fosfor, kandungan bahan organik rendah, kandungan besi dan aluminium tinggi yang melebihi batas toleransi tanaman serta peka erosi. Hidayat dan Mulyani (2005) menambahkan bahwa produktivitas dan kesuburan tanah lahan kering rendah sehingga menjadi kendala dalam pengembangannya, selain mempunyai tingkat kesuburan rendah umumnya lahan kering di Indonesia memiliki kelerengan curam, dan solum dangkal yang sebagian besar terdapat di wilayah bergunung (kelerengan >30%) dan berbukit (kelerengan 15–30%), dengan luas masing-masing 51,30 juta ha dan 36,90 juta ha.

Penggunaan lahan untuk kegiatan pertanian di Provinsi Bali digolongkan ke dalam dua tipe, yaitu pertanian lahan sawah untuk padi dan pertanian bukan sawah seperti tegalan atau lahan kering yang diperuntukkan bagi tanaman palawija, hortikultura atau tanaman pangan lainnya. Menurut data dari Badan Pusat Statistik Bali (2015) bahwa dari luas lahan pertanian 354.406 ha, sekitar 123.771 ha (34,92%) merupakan lahan kering.

Tanah regosol adalah tanah marjinal di daerah beriklim basah yang mempunyai produktivitas rendah tetapi masih dapat dikelola untuk usaha pertanian. Secara alami, tanah jenis ini dapat ditumbuhi oleh berbagai macam jenis vegetasi. Rachim dan Suwardi (1999), tanah regosol umumnya belum membentuk agregat sehingga peka terhadap



erosi, kandungan N rendah, cukup mengandung unsur P dan K yang masih segar dan belum tersedia untuk diserap tanaman. Permasalahan utama dalam budidaya jagung di lahan kering yang menyebabkan produktivitas rendah, yaitu (1) faktor abiotis, yaitu ketersediaan hara dalam tanah kurang, cekaman air akibat kekeringan, dan kekurangan bahan organik tanah, dan (2) teknik budidaya, yaitu penggunaan varietas potensi hasil rendah, populasi tanaman rendah, dan takaran pupuk rendah (Balitsereal, 2006). Rendahnya produktivitas jagung di lahan kering selain faktor abiotis dan biotis, juga disebabkan karena (1) teknik budidaya masih tradisional, (2) menggunakan varietas potensi hasil rendah, (3) populasi tanaman rendah, dan (4) penggunaan pupuk yang belum optimal.

Lahan kering umumnya memiliki kandungan bahan organik yang rendah yaitu kurang dari 1% (Samosir, 2000), dan bila dibandingkan lahan yang sehat dengan kandungan bahan organik 3-5%, maka lahan kering harus dikelola secara serius melalui rehabilitasi. Rehabilitasi atau pemulihan lahan kering dilakukan dengan pemanfaatan biochar yang mudah tersedia dan mampu bertahan lama di dalam tanah, dan relatif resisten terhadap serangan mikroorganisme sehingga proses dekomposisi berlangsung lambat. Hasil penelitian Nurida dan Rahman (2011) di lahan kering menunjukkan bahwa pemberian formula pembenah tanah biochar dengan dosis 5,0-7,5 t ha⁻¹ mampu memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, antara lain dengan meningkatnya persentase pori air tersedia, C-organik, P-tersedia, K total, KTK dan respirasi mikroorganisme di dalam tanah.

B. Kualitas Tanah

Tanah, air, dan udara merupakan sumberdaya alam utama yang sangat mempengaruhi kehidupan. Tanah berfungsi sebagai tempat tumbuh dan produksi tanaman. Kemampuan tanah dapat optimal bila didukung kondisi fisika, kimia, dan biologi tanah yang baik yang biasanya menunjukkan tingkat kesuburan tanah. Tingkat kesuburan tanah yang tinggi identik dengan kualitas tanah yang tinggi.



Kualitas tanah adalah kemampuan tanah untuk berfungsi dalam suatu ekosistem yang terkait dengan daya dukungnya terhadap tanaman dan hewan, pencegahan erosi dan menghindari terjadinya suatu pengaruh negatif terhadap sumberdaya air dan udara (Karlen *et al.*, 1997). Lal (1994), menyatakan bahwa kualitas tanah adalah kemampuan tanah untuk mendukung hasil tanaman secara keberlanjutan (*sustainable*). Seybold *et al.* (1999), melihat kualitas tanah dari 2 segi : (1) sebagai kualitas inherent tanah yang ditentukan oleh lima faktor pembentuk tanah (iklim, organisme, *relief*, bahan induk dan waktu), atau (2) kualitas tanah yang bersifat dinamis, yakni perubahan fungsi tanah sebagai fungsi dari penggunaan dan pengelolaan tanah oleh manusia. Doran dan Parkin (1994) memberikan batasan kualitas tanah adalah kapasitas suatu tanah untuk berfungsi dalam batas-batas ekosistem untuk melestarikan produktivitas biologi, memelihara kualitas lingkungan, serta meningkatkan kesehatan tanaman dan hewan. Johnson *et al.* (1997) menyatakan bahwa kualitas tanah adalah ukuran kondisi tanah dibandingkan dengan kebutuhan satu atau beberapa spesies atau dengan beberapa kebutuhan hidup manusia.

Kualitas tanah berhubungan dengan efisiensi penggunaan air, hara dan pestisida, peningkatan kualitas air dan udara, mitigasi emisi gas rumah kaca, dan peningkatan hasil tanaman (Lal, 1994). Kualitas tanah tidak dapat diukur secara langsung, tetapi diduga melalui indikator yang bersifat statis maupun dinamis serta dengan mengukur karakteristik tanah yang umumnya dipengaruhi oleh penggunaan lahan dan praktek pengelolaan tanah (Shukla *et al.*, 2006).

Pengukuran kualitas tanah dilakukan berdasarkan pengamatan kondisi dinamis indikator-indikator kualitas tanah. Indikator kualitas tanah yang diukur menghasilkan indeks kualitas tanah. Indeks kualitas tanah adalah indeks yang dihitung berdasarkan nilai dan bobot tiap indikator kualitas tanah. Indeks kualitas tanah diukur dengan mengikuti tiga tahap berikut (1) seleksi indikator-indikator, (2) memberi skor pada masing-masing indikator terpilih, dan (3) pengintegrasian indikator-indikator dalam indeks (Karlen *et al.*, 2003). Soil Quality Institute (2001)



menyatakan bahwa indikator kualitas tanah adalah sifat, karakteristik atau proses fisika, kimia dan biologi tanah yang dapat menggambarkan kondisi tanah.

Pemilihan indikator-indikator kualitas tanah berdasarkan sifat-sifat yang menunjukkan kapasitas fungsi tanah. Fungsi tanah yang hendak dinilai kemudian dipilih beberapa indikator yang sesuai. Pemilihan sifat-sifat yang akan digunakan sebagai indikator kualitas tanah sangat tergantung dari tujuan dilakukannya evaluasi. Lal (1994), menyatakan bahwa evaluasi untuk menilai kualitas tanah di daerah tropis dapat dilakukan berdasarkan indikator penciri sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Indikator kualitas tanah dan proses yang dipengaruhi disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1

Indikator kualitas tanah yang terpilih dan proses yang dipengaruhi

Indikator Kualitas Tanah	Proses
Sifat Fisik:	
1. Kadar Air Tanah	Cekaman kekeringan, produksi biomassa
2. Tekstur Tanah	Kekompakan, difusi udara, infiltrasi
3. Bobot Volume	Kekompakan, infiltrasi, pertumbuhan akar
4. Porositas Tanah	Retensi dan transmisi air, airase, pertumbuhan akar
Sifat Kimia:	
5. pH-tanah	Reaksi tanah, ketersediaan hara
6. C–Organik (%)	Pembentukan stuktur, mineralisasi, aktifitas biologi
7. Hara N, P, K	Kesuburan tanah, dan cadangan hara
8. KTK	Pertukaran kation
9. KB	Jerapan dan pelepasan, pelarutan
Sifat Biologi:	
10. Total mikroba tanah	Aktifitas biologi, respirasi, transformasi, hara tanah

Sumber: Lal (1994).



Menurut Doran dan Parkin (1994), indikator-indikator kualitas tanah (1) menunjukkan proses-proses yang terjadi dalam ekosistem, (2) memadukan sifat fisika tanah, kimia tanah dan proses biologi tanah, (3) dapat diterima oleh banyak pengguna dan dapat diterapkan di berbagai kondisi lahan, dan (4) peka terhadap berbagai keragaman pengelolaan tanah dan perubahan iklim. Menurut Mausbach dan Seybold (1998) pemilihan indikator berdasarkan konsep minimum data set (MDS), yaitu sedikit mungkin tetapi dapat memenuhi kebutuhan. Andrews *et al.* (2004), penilaian indeks kualitas tanah dapat melalui penggunaan sifat tanah kunci atau indikator yang menggambarkan proses penting tanah, yaitu dengan menggunakan metode indeks penjumlahan. Penilaian dapat juga dilakukan dengan mengukur suatu perubahan fungsi tanah sebagai tanggapan atas pengelolaan dalam konteks peruntukan tanah, sifat bawaan tanah, dan pengaruh lingkungan misalnya hujan dan suhu.

Kualitas tanah untuk pertama kali diusulkan oleh Larson dan Pierce (1991) dengan persamaan: $Q = f(q_1, q_2, \dots, q_n)$, kualitas tanah (Q) adalah fungsi dari atribut-atribut kualitas tanah, namun karena beragamnya jenis tanah, iklim, lingkungan, tanaman, dan sistem pertanian Larson dan Pierce (1991) mengusulkan minimum data set (MDS) untuk memonitor perubahan dalam kualitas tanah. Selanjutnya Lal (1994), penetapan kualitas tanah dengan *soil quality rating* (SQR) yang dihitung berdasarkan penjumlahan dari nilai dan bobot tiap indikator kualitas tanah. Nilai SQR berkisar antara 20-40, semakin rendah nilai SQR maka sifat-sifat tanah yang menjadi faktor pembatas semakin sedikit sehingga kualitas tanah semakin baik. Lal (1994) memberikan contoh penjumlahan *relative weighting factor* (RWF) atau faktor pembobotan relatif dari 10 indikator kritis yang relevan. Indeks penilaian dari penjumlahan 10 indikator tanah dapat diketahui *soil quality rating* (SQR) atau status kualitas tanah dan keberlanjutan (*sustainable*) penggunaan lahan di daerah tropis.





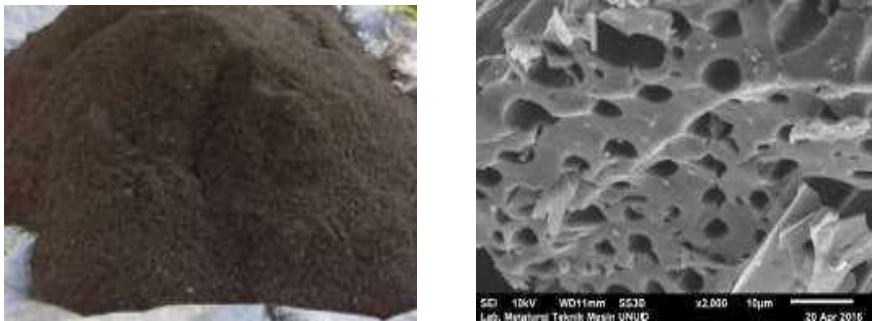
BAB 3

BIOCHAR BAMBU, KOMPOS DAN PHONSKA

-
- A. Biochar
 - B. Kompos
 - C. Phonska

A. Biochar

Biochar adalah arang hayati bersifat porous, yang terbuat dari sisa makhluk hidup (Gani, 2010). Biochar dapat menambah kelembaban dan kesuburan tanah serta bisa bertahan ribuan tahun di dalam tanah bila digunakan untuk pengurangan emisi CO₂. Penggunaan biochar dalam jangka panjang tidak mengganggu keseimbangan karbon-nitrogen, biochar mampu meningkatkan air dan nutrisi tersedia dalam tanah bagi tanaman (Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, 2009).



Gambar 3.1. Butiran biochar bambu dan analisis SEM Biochar bambu pembesaran 2000 kali

Biochar dapat diproduksi melalui pembakaran tidak sempurna biomassa. Biochar merupakan hasil sampingan dari teknologi pirolisis yang digunakan untuk produksi biofuel dan amonia. Energi dari biomassa dapat menurunkan konsumsi energi fosil dan emisi CO₂. Bahan bakar terbarukan biofuel terbuat dari biomassa yang modern dibandingkan dengan tradisional energi biomassa telah banyak diteliti mengenai potensinya menyediakan energi untuk keperluan rumah tangga dan industri (Berndes *et al.*, 2003). Prinsip yang mendasari biasanya produksi berbasis lahan berkelanjutan dari penggunaan biomassa limbah dan konversi ke bioenergi. Produksi bioenergi dari biomassa akan menghasilkan etanol melalui fermentasi mikroba, ekstraksi minyak tanaman, pirolisis dan gasifikasi biomassa. Dalam konteks bioenergi, pirolisis menjadi penting karena menghasilkan biochar.



Biochar ditemukan dalam tanah di seluruh dunia sebagai akibat dari kebakaran vegetasi dan praktek pengelolaan tanah turun-temurun. Penelitian intensif dari tanah gelap kaya biochar di Amazon (*terra preta*) telah menyebabkan apresiasi yang lebih luas sifat unik dari biochar sebagai pembenah tanah (International Biochar Initiative, 2012). Biochar dapat dibuat melalui salah satu dari tiga proses dekomposisi termal dominan : pirolisis, gasifikasi, dan karbonisasi hidrotermal. Energi yang dihasilkan berbentuk gas atau minyak yang terbentuk bersama dengan terbentuknya biochar. Sohi *et al.* (2009) membagi proses ini menjadi 3 bagian: (1) pirolisis cepat suhu 600 °C dengan waktu pemanasan singkat kurang 5 menit, produk yang dihasilkan bio-oil atau minyak, (2) gasifikasi suhu >800 °C produk yang dihasilkan gas, dan (3) pirolisis lambat suhu <400 °C, produk yang dihasilkan dalam bentuk padatan atau biochar.

Bahan baku biochar tergolong murah dan mudah diperoleh yaitu berupa limbah pertanian terutama yang sulit terdekomposisi dengan rasio C/N tinggi. Bahan baku pembuatan biochar umumnya adalah residu biomasa pertanian atau kehutanan, potongan kayu, tempurung kelapa, bambu, tandan kelapa sawit, tongkol jagung, sekam padi, kulit buah kacang-kacangan, sisa-sisa usaha perkayuan, bahan organik dari sampah kertas, sampah kota dan kotoran hewan. Limbah tersebut bila dibakar dalam keadaan oksigen yang rendah atau tanpa oksigen akan dihasilkan 3 substansi, yaitu: metana dan hidrogen yang dapat dijadikan bahan bakar, bio-oil yang dapat diperbaharui, dan biochar yang mempunyai sifat stabil dan kaya karbon lebih dari 50% (Bambang, 2012).

Hasil proses pembuatan biochar, kira-kira 50% dari karbon awal terkandung dalam biochar sedangkan pada pembakaran hanya 3%, dan dekomposisi biologi biasanya kurang dari 20% setelah 5-10 tahun. Efisiensi konversi karbon dari biomasa ke biochar ini tergantung pada tipe dari bahan dasar. Sistem tebang dan bakar (*slash-and-burn*) yang sampai sekarang masih berjalan, menyebabkan degradasi tanah dan mengeluarkan gas rumah kaca bisa ditingkatkan menjadi tebang dan



arang (*slash-and-char*) untuk lebih memperbanyak karbon yang bisa diikat dalam tanah (Lehmann *et al.*, 2006).

Deforestasi terus menjadi pendorong utama perubahan iklim. Tanaman bambu dapat memberikan pasokan tahunan dan berkelanjutan biomassa kayu. Pemanfaatan bambu dapat mengurangi tekanan penebangan kayu hutan dan dapat membantu menghindari *deforestasi*. Kuehl dan Yiping (2012), permintaan biomassa untuk energi adalah penggerak utama *deforestasi*. Sebuah sistem konversi biomassa menjadi energi gas kaya hidrogen dan memproduksi biochar sebagai hasil sampingan dapat mengatasi masalah *deforestasi*. Lehmann *et al.* (2006) dan Marris (2006), menyatakan bahwa potensi biochar di skala global dan teknologi yang tersedia mendorong pemanfaatan limbah residu kaya karbon untuk mengembalikan kesuburan tanah, penurunan hara, dan keseimbangan karbon, mendaur ulang nutrisi, menyerap karbon, dan meningkatkan kualitas tanah.

Perkembangan pemanfaatan biochar yang bersumber dari biomassa didorong oleh studi tentang tanah yang ditemui di Lembah Amazon, disebut *Terra Preta* (Lehmann *et al.* 2003; Lehmann *et al.* 2006). Tanah hitam Amazon merupakan tanah yang sudah tua, dikelola oleh bangsa Amerindian antara 500 dan 2500 tahun yang lalu. Tanah hitam ini mempertahankan kandungan karbon organik dan kesuburan yang tinggi, bahkan beberapa ribu tahun setelah ditinggalkan oleh penduduk setempat, sangat berbeda dengan tanah masam di dekatnya yang mempunyai kesuburan rendah. Kandungan bahan organik tanah dan hara yang tinggi disebabkan oleh kandungan karbon hitam yang sangat tinggi. Lehmann, (2007) menyatakan bahwa biochar telah terbukti bertahan dalam tanah hingga lebih 1000 tahun dan mampu men-sekuestrasi karbon dalam tanah.

Biochar disebut sebagai pupuk api (*fire-manure*) di abad 17 dalam buku kuno Jepang. Masyarakat pedesaan di Indonesia sudah sejak lama menggunakan arang kayu atau lainnya sebagai sumber energi dan perbaikan kesuburan tanah pada tingkat terbatas. Masyarakat modern baru menyadari manfaat dari biochar setelah penemuan tanah hitam



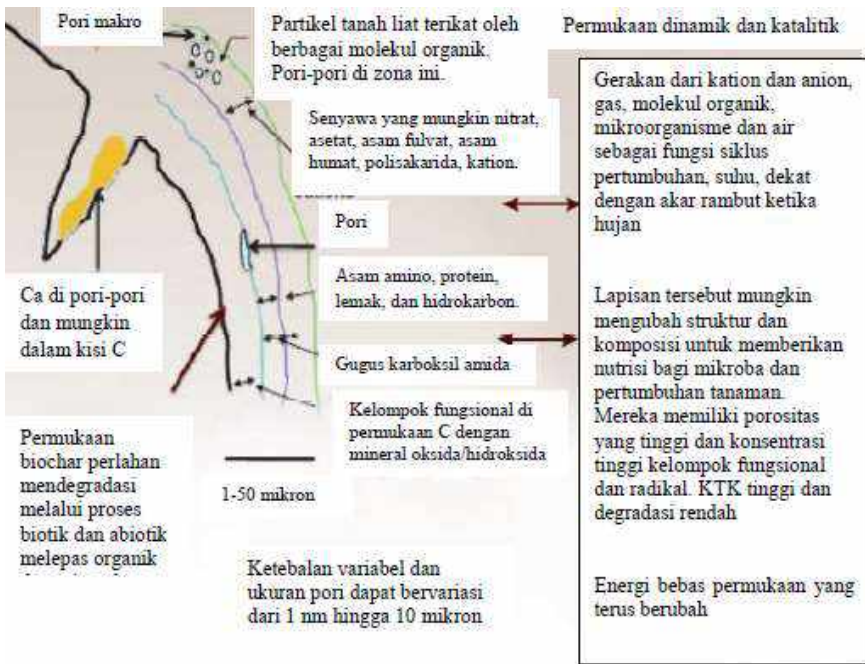
yang subur di lembah Amazon, Amerika Selatan. Masyarakat modern sejak awal abad 20 mulai meneliti pengaruh biochar terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. Penggunaan arang hayati sebagai penyubur tanaman sudah sejak lama dilakukan oleh masyarakat kuno di berbagai kawasan. Penduduk asli Amazon telah memberikan arang hayati ke dalam tanah dan hingga 100-1000 tahun kemudian terbukti kualitas sifat fisik dan kimia tanah tersebut jauh lebih baik dibanding tanah sekitarnya (Steiner *et al.*, 2007).

Manfaat penggunaan biochar di lahan kering antara lain: meningkatkan pH tanah dan KTK tanah, meningkatkan kemampuan tanah merentensi air dan hara, meningkatkan kandungan C-total tanah. Dibandingkan dengan bahan pembenah tanah yang lain, biochar mempunyai keunggulan antara lain: (1) dapat mengurangi laju emisi CO₂, bentuknya yang stabil (sulit didekomposisi) dalam tanah, biochar mampu bertahan dalam tanah untuk waktu lama (>400 tahun) dan berfungsi sebagai konservasi karbon, (2) dapat membentuk habitat yang baik bagi mikroorganisme (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2012).

Penggunaan biochar dalam perspektif iklim dipercaya sebagai karbon negatif, yang mengurangi konsentrasi karbon di atmosfer melalui beberapa mekanisme; 1) karbon dikeluarkan dari siklus hidup tumbuhan, dan terpendam dalam tanah; 2) tanah yang diperkaya dengan biochar berkurang kebutuhan air dan pemupukannya karena sifat retensinya terhadap kedua bahan ini, dimana aplikasi kedua input produksi meningkatkan emisi karbon; dan 3) mengurangi pembusukan sisa-sisa tanaman dan limbah pertanian, yang mengeluarkan gas metana lebih berbahaya dibanding CO₂ sebagai gas rumah kaca (Gani, 2009). Wilson (2014), menyatakan permukaan biochar hasil pirolisis dapat mengoksidasi dan membentuk senyawa baru. Perubahan ini menghasilkan molekul berbeda yang melekat pada permukaan disebut kelompok fungsional, terutama terdiri dari oksigen, hidrogen dan karbon. Kelompok fungsional ini membentuk ikatan dengan nutrisi dan mineral, sedangkan cincin karbon menyatu mendukung reaksi



redoks dan kumparan elektron sekitar komunitas mikroba melekat pada permukaan biochar berpotensi meningkatkan metabolisme mikroba dan daur hara. Mekanisme reaksi biochar yang dimulai setelah penambahan biochar ke tanah telah dilaporkan oleh Joseph *et al.* (2010). Proses oksidasi di permukaan biochar menyebabkan interaksi *hidrofilik* biochar dengan berbagai senyawa organik dan anorganik di tanah meningkat. Reaksi biochar dengan bahan mineral dapat mendukung sifat fisik biochar untuk stabilitas jangka panjang. Selanjutnya sesudah akar dan rambut akar berinteraksi dengan biochar, yang jauh lebih luas dari reaksi dapat terjadi melalui penyerapan nutrisi dan pelepasan eksudat akar, yang meningkatkan reaksi kompleksasi dan aktivitas mikroba di rizosfer



Gambar 3.2 Diagram mekanisme reaksi yang terjadi pada permukaan biochar (Joseph *et al.*, 2010).

Gambar 3.2 merangkum reaksi yang dapat terjadi di dalam dan di permukaan biochar. Data yang diperoleh dari pemeriksaan mikroskopis



dan spektroskopi dari permukaan telah digunakan untuk menempatkan kemungkinan mineral dan struktur organik yang dapat terjadi selama penuaan biochar. Pembentukan pori mikro, pori sedang, dan pori makro telah diidentifikasi antara dan di dalam fase organo-mineral yang berbeda. Pemahaman yang lebih besar dari interaksi ini akan memungkinkan estimasi yang lebih akurat stabilitas jangka panjang untuk mengetahui manfaat mitigasi perubahan iklim dari penerapan pembenah tanah biochar.

Biochar yang terbentuk, baik secara alami maupun buatan manusia, menjadi dasar dari banyak bahan humat yang ditemukan di tanah (Hayes, 2013). Penelitian Liang *et al.* (2010) dengan menambahkan bahan organik baru untuk tanah *Terra Preta* dan tanah alami miskin yang berdekatan, menunjukkan bahwa humus alami yang terbentuk di tanah tropis sangat sedikit dimana suhu tinggi dan kelembaban mempercepat dekomposisi mikroba, namun di tanah *Terra Preta* memiliki humus yang tinggi. Bahan organik biochar dipertahankan sebagai humus yang stabil di tanah *Terra Preta*, dimana permukaan biochar menyerap karbon dan diikat dalam senyawa dengan mineral, pada saat yang sama mendukung komunitas mikroba besar yang berpotensi membuat penggunaan sampah organik yang mengandung karbon dan nutrisi lainnya lebih efisien. Keberadaan mekanisme ini menunjukkan bahwa tanah *Terra Preta* dapat mengakumulasi karbon tambahan lebih efisien dari pada tanah alami miskin yang berdekatan.

Tanah *Terra Preta* Amazon merupakan salah satu contoh yang signifikan mengenai daya tahan dari efek arang bila ada di dalam tanah dapat meningkatkan kesuburan tanah. Tanah *Terra Preta* ini tetap sangat subur selama ratusan sampai ribuan tahun (Major, 2009). Menurut Laird (2008), karbon dalam bentuk arang di dalam tanah memiliki waktu paruh lebih dari 1.000 tahun, dan sekitar 50% dari jumlah karbon arang akan terurai setelah lebih dari 1.000 tahun.

Biochar diidentifikasi sebagai suatu soil conditioner, suatu bahan yang ditambahkan ke dalam tanah untuk memperbaiki pertumbuhan dan hasil tanaman, yang berpotensi untuk merevolusi konsep penge-



lolaan tanah. Keuntungan biochar di dalam tanah terutama terletak pada dua pilar, yaitu daya retensi/afinitas/ adsorpsinya yang sangat tinggi terhadap unsur-unsur hara dan persistensi/ kestabilannya yang sangat tinggi di dalam tanah (Cornell University, 2010). Karbon dalam bentuk arang akan dipindahkan dari atmosfer dan disekuestrasi selama ribuan tahun di dalam tanah, pada saat yang sama aplikasi arang pada lahan berkontribusi sangat lama terhadap kualitas tanah.

Santi dan Goenadi (2010) menyatakan bahwa biochar berfungsi sebagai pembenah tanah dengan cara memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Biochar dapat menyediakan habitat yang baik untuk kehidupan mikroba. Aplikasi biochar ke dalam tanah untuk meningkatkan kesuburannya biochar idealnya dicampur merata di lapisan olah tanah atau ditempatkan dekat permukaan tanah di daerah perakaran, dimana berlangsung siklus unsur hara dan penyerapan oleh tanaman. Sistem tertentu bisa mendapat manfaat dari aplikasi biochar di lapisan bawah daerah perakaran, sebagai contoh ketika melakukan *landscaping* untuk mengikat karbon atau penggunaan biochar untuk pengelolaan kelembaban. Biochar diaplikasikan untuk tujuan mengikat karbon dan akan lebih baik bila penempatannya lebih dalam di tanah.

Biochar di dalam tanah dapat memperbaiki stabilitas agregat, retensi air, dan siklus hara. Manfaat menambahkan biochar kedalam tanah antara lain: meningkatkan pertumbuhan tanaman, menekan *emisi metan*, mengurangi *emisi* NO (perkiraan 50%), mengurangi kebutuhan pupuk (perkiraan 10%), mengurangi pencucian hara, menyimpan karbon dalam jangka panjang secara stabil, mengurangi kemasaman tanah, meningkatkan pH tanah, mengurangi keracunan aluminium, meningkatkan agregat tanah sehingga dapat meningkatkan hifa fungi, meningkatkan air tanah dan kemampuan tanah menyediakan Ca, Mg, P dan K, meningkatkan respirasi mikroba tanah, meningkatkan biomassa mikroba tanah, menstimulasi simbiosis fiksasi nitrogen pada legum, meningkatkan fungi *mikoriza arbuscular*, meningkatkan kapasitas tukar kation, meningkatkan hasil tanaman (20-120 %) dan kualitas produksi tanaman pertanian (Gani, 2009).



Pemberian biochar 20 t ha⁻¹ ke tanah Oxisol selama 4 tahun (2003-2006) dapat meningkatkan hasil panen jagung di tahun ke empat, biochar dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui mekanisme mikrobiologis atau melalui perbaikan sifat fisik tanah, meningkatkan pH dan retensi kation di zona perakaran (Major *et al.*, 2010). Limbah arang dapat diterapkan sebagai biochar di tanah pertanian dan berubah menjadi sumber daya berharga untuk meningkatkan hasil panen pada tanah masam dan tanah tropis. Penggunaan dosis biochar yang relatif kecil 2-5 mg C ha⁻¹, perbaikan yang signifikan dari pertumbuhan tanaman dapat diamati (Lehmann dan Rondon, 2005). Aplikasi limbah arang di tanah menambah karbon di dalam tanah dan mengurangi emisi karbon di udara. Penggunaan arang menyebabkan substitusi fosil energi, produksi arang secara keseluruhan akan mengurangi emisi dan pengelolaan limbah arang tambahan akan menjadi penyerapan bersih.

Peningkatan konsentrasi karbon dioksida dapat diatasi dengan cara membenamkan biochar untuk penyerapan jangka panjang karbon khususnya di tanah. Biochar dapat menambah nilai produk pertanian yang tidak dipanen (Major *et al.*, 2005; Topoliantz *et al.*, 2005), dan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Lehmann *et al.*, 2003; Oguntunde *et al.*, 2004). Lehmann *et al.* (2006), memperkirakan bahwa total 9,5 miliar ton karbon berpotensi dapat disimpan dalam tanah sampai tahun 2100 dengan menggunakan berbagai program aplikasi biochar dan memanfaatkan biochar untuk penyerapan karbon dalam tanah untuk berkontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim. Interaksi ini bisa juga dimanfaatkan untuk pemulihan ekosistem terganggu, rehabilitasi lahan terkontaminasi oleh polusi dan limbah industri, meningkatkan penggunaan efisiensi pupuk dengan semua yang terkait ekonomi dan manfaat lingkungan dan pengembangan metode untuk mencapai peningkatan hasil tanaman dari kegiatan pertanian berkelanjutan.

Nurida dan Rahman (2011), melaporkan bahwa pemberian formula pembenah tanah biochar dengan dosis 5,0-7,5 t ha⁻¹ mampu



memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, yaitu dengan meningkatnya persentase pori air tersedia, P-tersedia, K-total, KTK, dan respirasi mikroorganisme tanah. Hasil penelitian Widowati *et al.* (2010) bahwa dosis 50 t ha⁻¹ biochar pupuk kandang dengan dan tanpa NPK berpengaruh baik terhadap ketersediaan NPK tanah dan hasil tanaman jagung. Produksi biomassa tanaman tidak berbeda antara biochar dan pupuk organik dengan dan tanpa NPK.

Aplikasi biochar dapat memperbaiki kualitas tanah signifikan pada tipe tanah Latosol yang bertekstur liat. Aplikasi dosis arang halus 5% (v/v) cukup nyata menaikkan laju pertumbuhan awal tanaman *M. montana* Blume. Sementara efek positif aplikasi biochar terhadap sifat kesuburan kimia tanah tampak dalam hal naiknya pH, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, KTK, KB, K₂O, P₂O₅ dan turunnya kadar H-dd dan Al-dd (Siringoringo dan Siregar, 2011). Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2012) merekomendasikan dosis penggunaan biochar per musim pada tanah-tanah yang mengalami degradasi adalah : (1) dosis 1 t ha⁻¹ untuk tanah terdegradasi ringan (bahan organik tanah 2,0-2,5%), (2) dosis 1,5-2,5 t ha⁻¹ untuk tanah terdegradasi sedang (bahan organik tanah 1,5-2,0%), dan (3) dosis 2,5 t ha⁻¹ untuk tanah terdegradasi berat (bahan organik tanah <1%). Rostaliana *et al.* (2012) melaporkan bahwa pemanfaatan biochar dengan dosis 12 t ha⁻¹ memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan kualitas tanah, yaitu berat volume dan K-tersedia, selain itu juga berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman jagung.

Pemberian biochar sekam padi 9,28 t ha⁻¹ pada tanah yang terkontaminasi limbah garmen dapat memperbaiki sifat-sifat tanah: seperti terjadinya penurunan bobot isi, meningkatnya porositas, KTK, P-tersedia, K-tersedia, dan penurunan konsentrasi ketersediaan logam berat Cu, Pb, Cd, dan Cr di dalam tanah, serta meningkatkan berat kering oven brangkasan dan hasil tanaman jagung (Sujana *et al.*, 2014). Selanjutnya Artawan, *et al.* (2015), melaporkan bahwa pemberian biochar 15 t ha⁻¹ dapat menaikkan berat segar 100 biji per tanaman jagung dari 18,67 g (kontrol) menjadi 26,78 g atau meningkat sebesar



43,44%.

B. Kompos

Kompos merupakan hasil fermentasi atau dekomposisi dari bahan-bahan organik seperti sisa tanaman, kotoran hewan atau limbah organik lainnya (Indriani, 2008). Kompos dapat dibuat dari berbagai macam bahan organik, antara lain dari kotoran sapi yang mengandung unsur hara N, P, dan K yang tinggi (Atmojo, 2003). Penguraian bahan organik dari sisa tumbuhan dan hewan oleh mikroorganisme pengurai menghasilkan pupuk kompos yang berfungsi sebagai bahan pembenah tanah, memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Setyorini, *et al.*, 2008).

Kompos dapat memperbaiki kerusakan fisik tanah akibat pemakaian pupuk anorganik secara berlebihan yang berakibat rusaknya struktur tanah dalam jangka waktu lama. Sifat fisik tanah yang semula padat dapat menjadi gembur sehingga dapat membantu pengolahan lahan menjadi lebih mudah. Penyebab tanah menjadi gembur yaitu adanya senyawa polisakarida yang dihasilkan oleh mikroorganisme pengurai serta miselium dan hifa yang berfungsi sebagai perekat partikel tanah. Kompos dapat meningkatkan unsur hara dan membantu mencegah kehilangan unsur hara karena penguapan dan perkolasi. Kompos dapat meningkatkan daya ikat antar partikel tanah, dan antar partikel tanah dengan air sehingga air menjadi lebih tersedia (Prihandini dan Purwanto, 2007).

Kompos dapat meningkatkan kandungan bahan organik tanah sehingga dapat mempertahankan dan meningkatkan kesuburan tanah. Menurut Isroi (2007), kompos seperti multi-vitamin untuk tanah pertanian, meningkatkan kesuburan tanah, dan merangsang perakaran yang sehat. Kompos juga dapat memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan kandungan bahan organik tanah dan akan meningkatkan kemampuan tanah untuk menahan air tanah. Aktivitas mikroba tanah yang bermanfaat bagi tanaman akan meningkat dengan penambahan kompos. Aktivitas mikroba membantu tanaman untuk menyerap unsur



hara dari tanah dan menghasilkan senyawa yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman. Tanaman yang dipupuk dengan kompos cenderung lebih baik kualitasnya dari tanaman yang dipupuk dengan pupuk kimia, hasil panen lebih tahan disimpan, lebih berat, lebih segar dan enak.

Kompos mempunyai beberapa sifat yang menguntungkan (Indriani, 2008), antara lain (1) memperbaiki struktur tanah, (2) memperbesar daya ikat tanah berpasir sehingga tanah tidak berderai, (3) menambah daya ikat air tanah, (4) memperbaiki drainase dan tata udara dalam tanah, (5) mempertinggi daya ikat tanah terhadap zat hara, (6) mengandung hara yang lengkap, (7) membantu proses pelapukan bahan mineral, dan (8) memberi ketersediaan bahan makanan bagi mikroba, serta (9) menurunkan aktivitas mikroorganisme yang merugikan. Hasil penelitian Fitriani *et al.* (2013), menunjukkan bahwa respon tinggi tanaman, jumlah daun tanaman, dan diameter batang tanaman jagung terbaik didapatkan pada pemberian pupuk kandang sapi 20 t ha⁻¹. Situmeang *et al.* (2016) melaporkan bahwa perlakuan dosis kompos kotoran sapi 7,5-15 t ha⁻¹ memberikan hasil terbaik pada tinggi tanaman, berat segar tongkol, dan berat segar brangkasan tanaman jagung manis.

C. Phonska

Pupuk phonska merupakan salah satu jenis pupuk majemuk berimbang mengandung N (15%), P (15%), K (15%), dan S (10%) yang dapat meningkatkan produksi dan kualitas panen, menambah daya tahan tanaman terhadap gangguan hama maupun penyakit, menjadikan tanaman lebih hijau, memacu pertumbuhan akar, memacu pembentukan bunga, dan memperbesar ukuran buah, umbi, maupun biji-bijian (Petrokimia Gresik, 2012). Penggunaan pupuk phonska dapat menyediakan unsur hara N, P, K bagi tanaman dan mempertahankan produksi serta mutu hasil pertanian, selain itu pupuk phonska juga dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi pemupukan, memiliki sifat-sifat agronomis yang menguntungkan serta mudah dalam aplikasi.



Lingga dan Marsono (2007), hara N, P, dan K memiliki fungsi : (1) nitrogen berfungsi merangsang pertumbuhan tanaman, khususnya batang, cabang, daun, dan berperan penting dalam pembentukan hijau daun pada proses fotosintesis serta pembentukan protein, lemak, dan berbagai senyawa organik lainnya, (2) fosfor berfungsi merangsang pertumbuhan akar, sebagai bahan baku pembentukan protein, membantu asimilasi pernapasan dan mempercepat pembungaan, pemasakan biji dan buah, (3) kalium berfungsi dalam memperkuat tubuh tanaman agar daun, bunga, dan buah tidak mudah gugur, meningkatkan daya tahan tanaman terhadap kekeringan dan penyakit, serta berperan dalam membantu pembentukan protein dan karbohidrat. Unsur hara makro sekunder seperti sulfur yang juga terdapat pada phonska memiliki fungsi dalam pembentukan klorofil dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan jamur, berperan dalam pembentukan senyawa minyak yang menghasilkan aroma, bermanfaat dalam menurunkan pH alkali tanah, dan juga berperan dalam perbaikan sifat fisik tanah (Novizan, 2007).

Konsentrasi unsur hara dalam pupuk majemuk phonska menunjukkan bahwa pupuk ini memiliki ketersediaan unsur hara yang seimbang. Pupuk majemuk berimbang dapat digunakan pada awal penanaman untuk mempercepat perkembangan bibit dan sebagai pupuk susulan saat tanaman memasuki fase generatif saat tanaman mulai berbunga atau berbuah (Novizan, 2007). Pupuk phonska berfungsi menjadikan tanaman lebih hijau, segar dan banyak mengandung butir hijau, mempercepat pertumbuhan tanaman, mempercepat pencapaian tinggi dan jumlah anakan tanaman, memacu pertumbuhan akar dan sistim perakaran yang baik, menjadikan batang tumbuh tegak dan kokoh sehingga mengurangi resiko roboh, memacu pembentukan bunga, mempercepat panen dan menambah kandungan protein, memperbesar ukuran buah, umbi dan biji-bijian, memperlancar proses pembentukan gula dan pati, meningkatkan daya tahan terhadap serangan hama dan penyakit serta kekeringan, meningkatkan ketahanan hasil selama pengangkutan dan penyimpanan (Petrokimia



Gresik, 2012).

Pemberian 600 kg ha⁻¹ phonska (90 N, 90 P₂O₅, 90 K₂O) atau setara dosis 200 kg ha⁻¹ urea, 250 kg ha⁻¹ SP36, dan 150 kg ha⁻¹ KCl memberikan produksi jagung tertinggi sebesar 7,22 t ha⁻¹ (Herniwati dan Tandisau, 2010). Pupuk anorganik dalam bentuk urea, SP36 dan KCl untuk tanaman jagung per hektar dapat diberikan dengan dosis: 250-300 kg urea, 150-200 kg SP36, dan 75-100 kg KCl (Purwono dan Hartono, 2008).





BAB 4

TANAMAN JAGUNG

-
- A. Taksonomi Tanaman Jagung (*Zea mays L.*)
 - B. Morfologi Tanaman Jagung (*Zea mays L.*)
 - C. Varietas Tanaman Jagung (*Zea mays L.*)
 - D. Fase Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays L.*)
 - E. Syarat Tumbuh Tanaman Jagung (*Zea mays L.*)
 - F. Kandungan Gizi Tanaman Jagung (*Zea mays L.*)
 - G. Tanaman Jagung Hibrida Bisi-2

A. Taksonomi Tanaman Jagung (*Zea mays* L.)

Jagung merupakan tanaman berumah satu Monoecious di mana letak bunga jantan terpisah dengan bunga betina pada satu tanaman. Jagung termasuk tanaman C4 yang mampu beradaptasi baik pada faktor-faktor pembatas pertumbuhan dan hasil (Carlson, 1980).

Tanaman jagung termasuk dalam keluarga rumput-rumputan dengan spesies *Zea mays* L. Secara umum klasifikasi dan sistematika tanaman jagung sebagai berikut:

Kingdom/Regnum	: Plantae (tumbuh-tumbuhan)
Divisio	: Spermatophyta (tumbuhan berbiji)
Sub Divisio	: Angiospermae (berbiji tertutup)
Classis	: Monocotyledone (berkeping satu)
Ordo	: Poales / Graminae (rumput-rumputan)
Familia	: Poaceae / Graminaceae
Genus	: <i>Zea</i>
Spesies	: <i>Zea mays</i> L. (Tjitrosoepomo, 2013).



Gambar 4.1.
Tanaman Jagung (*Zea mays* L.)

B. Morfologi Tanaman Jagung (*Zea mays* L.)

Morfologi tanaman jagung adalah sebagai berikut :

1. Akar.

Sistem perakaran jagung terdiri dari akar-akar seminal yang tumbuh



ke bawah pada saat biji berkecambah; akar koronal yang tumbuh ke atas dari jaringan batang setelah plumula muncul; dan akar udara (*brace*) yang tumbuh dari buku-buku di atas permukaan tanah. Akar-akar seminal terdiri dari akar-akar radikal atau akar primer ditambah dengan sejumlah akar-akar lateral yang muncul sebagai akar *adventitious* pada dasar dari buku pertama di atas pangkal batang. Pada umumnya akar-akar seminal berjumlah 3-5, tetapi dapat bervariasi dari 1-13. Akar koronal adalah akar yang tumbuh dari bagian 'dasar pangkal batang. Akar udara tumbuh dari buku-buku kedua, ketiga atau lebih di atas permukaan tanah, dapat masuk ke dalam tanah. Akar udara ini berfungsi dalam asimilasi dan juga sebagai akar pendukung untuk memperkokoh batang terhadap kerebahan. Apabila masuk ke dalam tanah, akar ini akan berfungsi juga membantu penyerapan hara

2. Batang

Batang jagung beruas-ruas yang jumlahnya bervariasi antara 10-40 ruas, umumnya tidak bercabang kecuali ada beberapa yang bercabang beranak yang muncul dari pangkal batang, misalnya pada jagung manis. Panjang batang berkisar antara 60-300 cm tergantung dari tipe jagung. Ruas-ruas bagian atas berbentuk agak silindris, sedangkan bagian bawah bentuknya agak bulat pipih. Tunas batang yang telah berkembang menghasilkan tajuk bunga betina. Bagian tengah batang terdiri dari sel-sel *parensim* dengan seludang pembuluh yang diselubungi oleh kulit yang keras di mana termasuk lapisan epidermis

3. Daun

Daun jagung muncul dari buku-buku batang, sedangkan pelepah daun menyelubungi ruas batang untuk memperkuat batang. Panjang daun jagung bervariasi antara 30-150 cm dan lebar 4-15 cm dengan ibu-tulang daun yang sangat keras. Tepi helaian daun halus dan kadang-kadang berombak. Terdapat juga lidah daun (*ligula*) yang transparan dan tidak mempunyai telinga daun (*auriculae*). Bagian atas epidermis umumnya berbulu dan mempunyai barisan memanjang yang terdiri dari sel-sel *bulliform*.



Adanya perubahan turgor menyebabkan daun menggulung. Bagian bawah permukaan daun tidak berbulu (*glabrous*) dan umumnya mengandung stomata lebih banyak dibanding dengan di permukaan atas. Jumlah stomata bagian atas permukaan daun diperkirakan 7000- 10.000/ cm², sedangkan di bagian bawah permukaan daun jumlahnya sekitar 10.000-16.000/cm² (6). Jumlah daun jagung tiap tanaman bervariasi antara 12-18 helai (5). Duduk daun bermacam-macam tergantung dari genotipe mulai dari hampir mendatar sampai vertikal.

4. Bunga

Hal yang unik dari tanaman jagung dibanding dengan tanaman serealia yang lain adalah karangan bunganya. jagung merupakan tanaman berumah satu (*monoecious*) di mana bunga jantan (*staminate*) terbentuk pada ujung batang, sedangkan bunga betina (*pistilate*) terletak pada pertengahan batang (6, 13). Tanaman jagung bersifat protrandry di mana bunga jantan umumnya tumbuh 1-2 hari sebelum munculnya rambut (*style*) pada bunga betina. Oleh karena bunga jantan dan bunga betina terpisah ditambah dengan sifatnya yang protrandry, maka jagung mempunyai sifat penyerbukan silang. Produksi tepung-sari (*polen*) dari bunga jantan diperkirakan mencapai 25.000-50.000 butir tiap tanaman (6). Bunga jantan terdiri dari gluma, lodikula, palea, anther, filarnen dan lemma. Adapun bagian-bagian dari bunga betina adalah tangkai tongkol, tunas, kelobot, calon biji, calon jaggel, penutup kelobot dan rambut-tambut.

5. Biji

Kulit biji merupakan bagian dari biji yang terdiri dari dua lapis sel yang menyelubungi biji yang disebut integumen. Pada biji yang telah masak, dinding sel telur (perikarp) melekat sangat erat pada kulit biji, sehingga perikarp dan kulit biji ini seolah-olah merupakan selaput tunggal. Kulit biji dan perikarp yang bersatu dan merupakan satu lapisan disebut hull yang merupakan ciri khas dari tanaman rumput-rumputan. Embrio dan endosperm yang merupakan sumber makanan terdiri dari dua bagian yaitu eksternal dan internal. Bagian eksternal adalah endosperm, sedangkan bagian internal terdapat pada kotiledon atau skutellum. Skutellum merupakan penghubung yang terletak di bagian tengah kotiledon. Pada



umumnya endosperm terdiri dari dua macam yaitu endosperm lunak dan endosperm keras. Kotiledon diselubungi oleh lapisan sel-sel tipis yang disebut epitelium yang terletak di antara kotiledon dan endosperm. Koleoptil adalah calon daun yang berfungsi untuk penetrasi ke atas permukaan tanah selama proses perkecambahan.

Berdasarkan bentuk biji, kandungan endosperm, serta sifat-sifat lain, jagung dibagi menjadi tujuh tipe, sebagaimana Tabel di bawah ini.

Tabel 4.1. Macam Bentuk Biji Jagung

No	Macam bentuk biji	Keterangan
1.	<i>Flour corn</i> atau <i>soft corn</i>	Biji jagung mengandung banyak zat pati
2.	<i>Flint corn</i> atau jagung mutiara	Jagung yang memiliki tekstur biji yang keras dan bewarna terang
3.	<i>Pop corn</i>	Biji jagung yang akan mengembang saat dipanaskan
4.	<i>Sweet corn</i> atau jagung manis	Biji jagung dengan kandungan gula yang tinggi
5.	<i>Pod corn</i>	Biji jagung yang keseluruhannya diselubungi oleh mahkota
6.	<i>Waxy corn</i>	Biji jagung dengan warna putih jernih menyerupai lilin
7.	<i>Dent corn</i> atau jagung gigi kuda	Biji jagung yang mengalami pengerutan lapisan pati yang menyebabkan bentuk biji menyerupai gigi kuda

C. Varietas Tanaman Jagung (*Zea mays* L.)

Jagung dapat dibedakan berdasarkan masa tanam, varietas dan bentuk bijinya. Menurut Cahyani (2010), tiga jenis jagung berdasarkan masa tanam, yaitu: jagung dengan masa penanaman 75-90 hari yang disebut jagung umur pendek, jagung dengan masa penanaman 90-120 hari yang disebut jagung umur genjah, dan jagung dengan masa penanaman lebih



dari 120 hari yang disebut jagung umur panjang. Berdasarkan jenis atau varietas, jagung dapat dibedakan menjadi jagung lokal, jagung hibrida dan jagung transgenik. Jagung juga dapat digolongkan berdasarkan bentuk biji. Menurut Warisno (1998), macam-macam jagung berdasarkan bentuk biji dapat dilihat pada Tabel 4.1.

D. Fase Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.)

Fase saat tanam adalah fase dimana saat benih ditanam di lubang tanam yang telah ditugal.

Fase muncul lapangan, ditandai dengan pembengkakan biji sampai dengan sebelum munculnya daun pertama. Koleoptil terdorong ke atas oleh pemanjangan mesokotil, yang mendorong koleoptil ke permukaan tanah. Ketika ujung koleoptil muncul ke luar permukaan tanah, pemanjangan mesokotil terhenti dan plumula muncul dari koleoptil dan menembus permukaan tanah.

Fase tanaman muda, fase mulai munculnya daun pertama yang terbuka sempurna sampai *tasseling* dan sebelum keluarnya bunga betina (*silking*). Fase V3-V5 (jumlah daun yang terbuka sempurna 3-5) Fase ini berlangsung pada saat tanaman berumur antara 10-18 hari setelah berkecambah. Pada fase ini akar seminal sudah mulai berhenti tumbuh, akar nodul sudah mulai aktif, dan titik tumbuh di bawah permukaan tanah. Fase V6-V10 (jumlah daun terbuka sempurna 6-10) berlangsung pada umur 18-35 hari setelah berkecambah. Fase V11 - Vn (jumlah daun terbuka sempurna 11 sampai daun terakhir) berlangsung saat tanaman berumur 33-50 hari setelah berkecambah. Tanaman tumbuh dengan cepat dan akumulasi bahan kering meningkat dengan cepat pula.

Fase berbunga (*tasseling*), fase ini berkisar antara 45-52 hari, ditandai oleh adanya cabang terakhir dari bunga jantan sebelum kemunculan bunga betina (*silke*/rambut tongkol). Tahap VI dimulai 2-3 hari sebelum rambut tongkol muncul, pada periode ini tinggi tanaman hampir mencapai maksimum dan mulai menyebarkan serbuk sari (*pollen*). Fase R1 (*silking*) Tahap silking diawali oleh munculnya rambut dari dalam tongkol yang terbungkus kelobot, biasanya mulai 2-3 hari setelah *tasseling*. Rambut



tongkol muncul dan siap diserbuki selama 2-3 hari. Rambut tongkol tumbuh memanjang 2,5-3,8 cm/hari dan akan terus memanjang hingga diserbuki. Bagian dalam biji berwarna bening dan mengandung sangat sedikit cairan. Fase R2 (*blister*) muncul sekitar 10-14 hari setelah *silking*, rambut tongkol sudah kering dan berwarna gelap. Ukuran tongkol, kelobot, dan janggol hampir sempurna, biji sudah mulai nampak dan berwarna putih melepuh, pati mulai diakumulasi ke endosperm, kadar air biji sekitar 85%, dan akan menurun terus sampai panen.

Fase panen terbentuk 18-22 hari setelah *silking*. Pengisian biji semula dalam bentuk cairan bening, berubah seperti susu. Akumulasi pati pada setiap biji sangat cepat, warna biji sudah mulai terlihat dan bagian sel pada endosperm sudah terbentuk lengkap. Kadar air biji dapat mencapai 80%.

E. Syarat Tumbuh Tanaman Jagung (*Zea mays* L.)

Tanaman jagung membutuhkan air sekitar 100-140 mm/bulan. Oleh karena itu waktu penanaman harus memperhatikan curah hujan dan penyebarannya. Penanaman dimulai bila curah hujan sudah mencapai 100 mm/bulan. Untuk mengetahui ini perlu dilakukan pengamatan curah hujan dan pola distribusinya selama 10 tahun ke belakang agar waktu tanam dapat ditentukan dengan baik dan tepat. Jagung menghendaki tanah yang subur untuk dapat berproduksi dengan baik. Hal ini dikarenakan tanaman jagung membutuhkan unsur hara terutama nitrogen (N), fosfor (P) dan kalium (K) dalam jumlah yang banyak. Tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman jagung adalah subur, gembur, banyak mengandung bahan organik, aerasi dan drainasinya baik. Jagung dapat tumbuh baik pada berbagai jenis tanah asalkan mendapatkan pengolahan yang baik. Tanah dengan tekstur lempung berdebu adalah yang terbaik untuk pertumbuhannya. Tanah-tanah dengan tekstur berat masih dapat ditanami jagung dengan hasil yang baik bila pengelolaan tanah dikerjakan secara optimal, sehingga aerasi dan ketersediaan air di dalam tanah berada dalam kondisi baik.

Tanaman jagung menghendaki tempat terbuka dan menyukai cahaya. Jumlah radiasi surya yang diterima tanaman selama fase pertumbuhan



merupakan faktor yang penting untuk penentuan jumlah biji. Intensitas cahaya merupakan faktor penting dalam pertumbuhan tanaman jagung oleh sebab itu tanaman jagung harus mendapatkan cahaya matahari langsung. Bila kekurangan cahaya batangnya akan kurus, lemah, dan tongkol kecil serta hasil yang didapatkan rendah (Wakman dan Burhanuddin, 2007).

Ketinggian tempat yang cocok untuk tanaman jagung dari 0 sampai dengan 1300 m di atas permukaan laut. Temperatur udara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman jagung adalah $23^{\circ} - 27^{\circ}$ C. Curah hujan yang ideal untuk tanaman jagung pada umumnya antara 200 sampai dengan 300 mm per bulan atau yang memiliki curah hujan tahunan antara 800 sampai dengan 1200 mm. Tingkat kemasaman tanah (pH) tanah yang optimal untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman jagung berkisar antara 5,6 sampai dengan 6,2. Saat tanam jagung tidak tergantung pada musim, namun tergantung pada ketersediaan air yang cukup. Kalau pengairannya cukup, penanaman jagung pada musim kemarau akan memberikan pertumbuhan jagung yang lebih baik (Riwandi dkk., 2014).

F. Kandungan Gizi Tanaman Jagung (*Zea mays* L.)

Biji jagung mengandung komponen gizi yang diperlukan oleh tubuh, seperti makronutrien, mineral dan vitamin. Menurut *United States Departement of Agriculture* (2016), keseluruhan komponen dasar biji jagung secara kimiawi terdiri dari karbohidrat, lemak, vitamin, mineral dan protein yaitu sekitar 9,42 gram per 100 gram, seperti yang terlihat pada Tabel 4.2.

Jagung mengandung karbohidrat yang cukup tinggi yaitu sekitar 74,26 gram per 100 gram, dan banyak terkonsentrasi pada bagian endosperm. Kandungan karbohidrat pada biji jagung terdiri atas amilosa dan amilopektin, yang tersusun dari rantai gula sukrosa. Kandungan pati dalam biji jagung berkontribusi besar dalam kesediaan total energi pada biji jagung (Warisno, 1998)

Jagung memiliki kandungan makronutrisi lainnya seperti lemak dan protein, yang tentunya diperlukan oleh tubuh. Menurut Subandi dkk. (1988), lemak jagung terdiri dari dua jenis asam lemak yaitu asam lemak



jenuh dan asam lemak tidak jenuh. Asam lemak jenuh terdiri dari asam lemak palmitat dan stearat, sementara asam lemak tidak jenuh terdiri dari asam lemak oleat dan linoleat yang banyak terkonsentrasi pada bagian lembaga.

Tabel 4.2. Kandungan Kimia dan Gizi Jagung Kuning

Kandungan nutrisi	Satuan	Kandungan per 100 g
Air	g	10,37
Energi	kcal	365
Protein	g	9,42
Lemak	g	4,74
Karbohidrat	g	74,26
Kalsium (Ca)	mg	7
Besi (Fe)	mg	2,71
Magnesium (Mg)	mg	127
Fosfor (P)	mg	210
Kalium (K)	mg	287
Thiamin	mg	0,385
Riboflavin	mg	0,201
Niasin	mg	3,627

Sumber: *United States Department of Agriculture National Database For Standard Reference* (USDA), 2016

Biji jagung mengandung protein globulin, glutelin dan prolamin, yang banyak terdapat pada kulit biji dan lembaga. Protein jagung tersusun dari beberapa asam amino penyusun. Sebagian besar asam amino penyusunnya merupakan jenis asam amino esensial atau tidak dapat dihasilkan sendiri oleh tubuh. Asam amino esensial tersebut, antara lain: metionin, triptofan, treonin, valin, sistin, tirosin, fenilalanin, isoleusin, lisin dan leusin. Biji jagung juga mengandung komponen mikronutrisi lainnya, seperti: vitamin A, vitamin E, vitamin K, beberapa vitamin B seperti, thiamin (B1), riboflavin (B2), dan niasin (B3) serta mineral-mineral yang diperlukan oleh tubuh.



G. Tanaman Jagung Hibrida Bisi-2

Jagung merupakan salah satu tanaman pangan yang menjadi primadona di Kabupaten Bangli. Sebagian besar hasil produksi jagung digunakan untuk pakan ternak bukan untuk pangan dan untuk memenuhi kebutuhan pakan ternak yang sangat besar, para peternak mengimpor jagung dari luar Bangli. Produksi jagung di Kabupaten Bangli dari tahun 2005-2014 (Badan Pusat Statistik Kabupaten Bangli, 2015), mengalami fluktuasi cenderung menurun. Penurunan produksi jagung di Bangli dipengaruhi oleh dua faktor yaitu luas panen dan produktivitas jagung. Berkurangnya luas panen diakibatkan alih tanam yang dilakukan oleh petani, dimana tanaman jagung seringkali dijadikan tanaman sela disaat musim kemarau. Penurunan produktivitas jagung karena pemeliharaan tanaman jagung tidak intensif baik dari segi bibit, pupuk, pestisida, air, dan lainnya. Penurunan produktivitas jagung dapat ditingkatkan melalui upaya perbaikan kualitas lahan kering dan pemanfaatan potensi sumberdaya lokal dari limbah bambu dan kotoran sapi yang dapat diolah dan diproduksi menjadi biochar dan kompos.



Gambar 4.2. Budidaya Tanaman Jagung Hibrida Bisi-2



Tanaman jagung hibrida bisi-2 mempunyai keunggulan yang tidak dimiliki oleh jagung hibrida yang lain. Kemampuan genetik untuk menghasilkan dua tongkol jagung yang sama besar dalam satu tanaman, tidak ada pada varietas jagung yang lain. Keunggulan ini menjadi daya tarik dan memberi keuntungan yang lebih pada petani. Lebih dari 80% tanaman jagung hibrida bisi-2 akan mengeluarkan dua tongkol jagung yang bisa dimanfaatkan petani, baik sebagai jagung pipil atau sebagai jagung sayur (*babycorn*). Keunggulan utama yang dirasakan sangat menguntungkan petani adalah kualitas hasil jagung hibrida bisi-2 yang sangat baik. Dengan kadar air panen yang cukup rendah, menyebabkan susutnya berat biji setelah proses pengeringan sangat kecil. Kadar air panen yang rendah membuat jagung hibrida bisi-2 ini bisa bertahan lama apabila disimpan dan tidak akan berjamur yang bisa menimbulkan *aflatoksin*.

Jagung hibrida bisi-2 termasuk dalam golongan hibrida silang tunggal. Mempunyai batang tanaman yang tinggi dan tegak, dengan tinggi tanaman sekitar 232 cm. Daun berwarna hijau cerah, berbentuk panjang, lebar dan terkulai. Kedudukan tongkol jagung di tengah-tengah tinggi batang. Tongkol jagung berukuran sedang dengan bentuk silindris dan seragam. Kelobotnya menutupi tongkol dengan baik sehingga dapat menghindari masuknya air hujan ke dalam tongkol. Jumlah baris dalam satu tongkol jagung hibrida bisi-2 berkisar 12-14 baris. Tipe biji semi mutiara dan warna biji kuning oranye. Menurut Muhadjir (1998), komponen dasar biji jagung secara kimiawi terdiri atas air 13,5%, protein 10%, minyak 4%, karbohidrat 61%, gula 1,4%, pentosan 6%, serat kasar 2,3%, abu 1,4%, dan zat-zat lain 0,4%. Biji jagung kaya akan karbohidrat, sebagian besar berada pada endospermium. Kandungan karbohidrat dapat mencapai 80% dari seluruh bahan kering biji.

Berdasarkan dekripsi jagung hibrida bisi-2 (Tabel 4.3), potensi hasil jagung hibrida bisi-2 mencapai 13 t ha⁻¹ pipilan kering, dengan rata-rata hasil 8,9 t ha⁻¹ pipilan kering. Bobot 1.000 butir biji jagung hibrida bisi-2 kadar air 15% adalah sekitar 265 g. Memasuki umur sekitar 56 hari, 50% rambut tongkol jagung hibrida bisi-2 sudah keluar dan panen dilakukan saat jagung sudah masak fisiologis yaitu umur sekitar 103 hari. Hasil



penelitian Abubakar *et al.* (2014) menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi pupuk kompos kotoran sapi 20 t ha⁻¹ padat dan pupuk NPK phonska 600 kg ha⁻¹ berpengaruh nyata pada tinggi tanaman, berat tongkol, dan berat pipilan kering tanaman jagung hibrida bisi-2 dibandingkan dengan tanpa perlakuan pupuk (kontrol).

Tabel 4.3. Deskripsi Jagung Hibrida Varietas Bisi-2
(KepMenTan No. 589/Kpts/TP.240/9/95)

Deskripsi	Keterangan
Tahun dilepas	1995
Asal	F1 dari silang tunggal antara FS 4 dgn FS 9. FS 4 dan FS 9 merupakan <i>tropical inbred</i> yang dikembangkan oleh Charoen Seed Co., Ltd. Thailand dan Dekalb Plant Genetic, USA.
Umur	50% keluar rambut : + 56 hari
Panen	+ 103 hari
Batang	Tinggi dan tegap
Warna batang	Hijau
Tinggi tanaman	+ 232 cm
Daun	Panjang, lebar, dan terkulai
Warna daun	Hijau cerah
Keragaman tanaman	Seragam
Perakaran	Baik
Kerebahan	Tahan
Tongkol	Sedang, silindris, dan seragam
Kedudukan tongkol	Di tengah-tengah batang
Kelobot	Menutup tongkol dengan baik
Tipe biji	Setengah mutiara (<i>semi flint</i>)
Warna biji	Kuning oranye
Jumlah baris/tongkol	12 - 14 baris
Bobot 1000 biji	+ 265 g
Rata- rata hasil	8,9 t ha ⁻¹ pipilan kering
Potensi hasil	13 t ha ⁻¹ pipilan kering
Ketahanan	Toleran terhadap penyakit bulai dan karat daun
Syarat Tumbuh	Baik ditanam di dataran rendah sampai ketinggian 1000 m di atas permukaan laut

Sumber : Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan (2013)





BAB 5

PERAN BIOCHAR DAN KOMPOS TERHADAP KUALITAS TANAH DI LAHAN KERING

-
- A. Potensi Lahan Kering Untuk Tanaman Jagung
 - B. Potensi dan Karakteristik Biochar dari Limbah Bambu dan Kompos dari Kotoran Sapi

A. Potensi Lahan Kering Untuk Tanaman Jagung

Pertanian lahan kering dicirikan dengan tingkat kualitas tanah yang rendah, ketersediaan air dan hara yang rendah, kelerengan yang curam, mudah tererosi, dan solum yang dangkal. Lahan kering mudah terdegradasi jika pengelolaannya tidak dilakukan dengan cara-cara yang tepat. Kerusakan tanah atau degradasi lahan kering menjadi kendala serius dalam pengembangan tanaman palawija, khususnya tanaman jagung. Kondisi lahan terdegradasi membuat usaha-usaha pertanian perlu mencari suatu teknologi yang dapat menghadapi permasalahan tersebut, salah satunya dengan aplikasi biochar.

Penilaian kualitas tanah dilakukan dengan cara mengumpulkan data-data indikator yang telah terpilih yang meliputi data sifat fisik, kimia, dan biologi tanah serta penggunaan data tersebut untuk mengamati perubahan pada tanah akibat perubahan penggunaan lahan dan praktek pengelolaan dengan mengacu kepada Lal (1994). Faktor pembatas dan pembobotan relatif 10 minimum data set (MDS) indikator kualitas tanah disajikan pada Tabel 5.1.

Minimum data set yang menjadi penciri kunci dari kualitas tanah di daerah topis, terdiri dari (1) penciri fisik: kadar air, berat volume, porositas, dan tekstur tanah, (2) penciri kimia: pH, C-organik, ketersediaan hara (N, P, dan K), KTK, dan KB, (3) penciri biologi: total mikroba tanah. Indikator kualitas tanah dipilih dari sifat tanah yang menunjukkan kapasitas fungsi tanah atau faktor pembatas bagi hasil tanaman. Faktor pembatas tersebut berkisar dari tanpa faktor pembatas hingga ekstrim dengan pembobotan pada skala 1 sampai 5 (Tabel 5.2). Batas atas (bobot 5) untuk sifat tanah dengan banyak faktor pembatas artinya kualitas tanah sangat buruk dan tidak berkelanjutan (*sustainable*), dan batas bawah (bobot 1) untuk sifat tanah yang tidak memiliki faktor pembatas artinya kualitas tanah sangat baik dan berkelanjutan (*sustainable*).



Tabel 5.1. Faktor pembatas dan pembobotan relatif indikator kualitas tanah

No	Indikator	Faktor pembatas dan bobot relatif				
		Tanpa	Ringan	Sedang	Berat	Ekstrim
		1	2	3	4	5
1.	Kadar Air (%)	>30	20-30	8-20	2-8	<2
2.	BV (g.cm ⁻³)	<1,3	1,3-1,4	1,4-1,5	1,5-1,6	<1,6
3.	Porositas (%)	>20	18-20	15-18	10-15	<10
4.	Tekstur Tanah	L	SiL, Si, SiCL	CL, SL	SiC, LS	S, C
5.	pH	6-7	5,8-6,0 atau 7,0	5,4-5,8 atau 7,4-7,8	5,0-5,4 atau 7,8-8,2	<5,0 atau >8,2
6.	C-organik (%)	5-10	3-5	1-3	0,5-1	<0,5
7.	Nutrisi NPK					
	-N-total (%)	>0,75	0,51-0,75	0,21-0,50	0,10-0,20	<0,10
	-P-tersedia (ppm)	>35	26-35	16-25	10-15	<10
	-K-tersedia (ppm)	>390	234-390	156-195	78-117	<78
8.	KTK (me.100g ⁻¹)	>40	25-40	17-24	5-16	<5
9.	KB (%)	>70	51-70	36-50	20-35	<20
10.	Total Mikroba (cfu.ml ⁻¹)	<100	100-200	200-350	350-500	>500

Sumber: Lal (1994) dan Balai Penelitian Tanah (2005).

Keterangan: L = Lempung, Si=Silt (debu), S= Sand (pasir), C= Clay (liat), DHL= Daya Hantar Listrik

Status kualitas tanah ditentukan dengan menghitung nilai *soil quality rating* (SQR), yaitu peringkat kualitas tanah yang dihitung berdasarkan penjumlahan bobot nilai tiap indikator kualitas tanah. Selanjutnya nilai SQR terkait dengan keberlanjutan sistem pertanian menurut Lal (1994) dibandingkan dengan kriteria status kualitas tanah berdasarkan 10 Minimum Data Set (MDS) seperti pada Tabel 5.2.



Tabel 5.2
Kualitas tanah berdasarkan 10 Minimum Data Set

Kualitas tanah	Pembobotan relatif	Bobot komulatif
Sangat baik	1	<20
Baik	2	20-25
Sedang (input tinggi)	3	25-30
Tinggi (penggunaan lahan lain)	4	30-40
Sangat buruk	5	>40

Sumber: Lal (1994)

B. Potensi dan Karakteristik Biochar dari Limbah Bambu dan Kompos dari Kotoran Sapi

Limbah pertanian khususnya limbah bambu memiliki potensi dan peluang untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biochar. Tanaman bambu mudah dikelola, produksi biomassa tinggi, nilai ekonomi tinggi, dan merupakan produk pengganti dari kayu yang berharga. Proses pembakaran tidak sempurna (pirolisis) biomassa limbah pertanian yang menghasilkan biochar dapat digunakan sebagai pembenah tanah untuk mengikat karbon, menghasilkan serat yang baik dan arang yang sangat porous yang membantu tanah menahan hara dan air (International Biochar Initiative, 2012).

Potensi limbah bambu sebagai bahan baku pembuatan biochar sangat besar. Total luas lahan perkebunan bambu tersebut mencapai 10.500 ha dan berpotensi menghasilkan bahan baku limbah bambu dalam jumlah cukup besar mencapai total 3.106 ton per hari, dan sekitar 200 ha lahan bambu rakyat yang dikelola masyarakat setempat dapat menghasilkan limbah bambu sekitar 30 ton per hari (Situmeang *et al.*, 2013). Limbah bambu berpeluang untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biochar. Limbah bambu yang melimpah dapat diproses menjadi biochar yang dapat dimanfaatkan sebagai pembenah



tanah untuk memperbaiki kualitas tanah dan produksi jagung.

Biochar bambu diproduksi secara pirolisis. Pirolisis adalah proses dekomposisi thermal dari substrat organik atau biomassa dalam ketiadaan agen oksidasi atau pasokan terbatas oksigen selama proses pembakaran biomassa. Pembuatan biochar bambu dilakukan dengan proses pirolisis lambat melalui pembakaran limbah bambu dalam wadah lubang di dalam tanah dengan suhu $<400^{\circ}\text{C}$ hingga menjadi arang bambu, dan untuk mendapatkan serbuk biochar (Gambar 5.1) arang bambu ini kemudian dihaluskan dan disaring dengan ayakan 20 mesh. Biochar yang dihasilkan memiliki rendemen berkisar 40-50%. Hasil analisis karakteristik sifat biochar dapat dilihat pada Tabel 5.3.



Gambar 5.1. Arang bambu dan butiran biochar bambu siap pakai

Potensi bahan organik dari limbah kotoran sapi sebagai bahan baku pembuatan kompos jumlahnya sangat besar. Program pertanian terintegrasi merupakan pemasok bahan baku kotoran sapi yang berkelanjutan untuk produksi kompos. Kompos adalah hasil penguraian tak lengkap dari campuran bahan organik yang dapat dipercepat secara artifisial oleh mikroorganisma dalam kondisi lingkungan lembab, hangat, aerob, dan anaerob. Kompos kotoran sapi dibuat dari campuran berbagai bahan seperti kotoran sapi (60-80%), serbuk gergaji, arang atau abu sekam, jerami, dan daun-daunan. Bahan-bahan

kemudian diaduk merata lalu disiram larutan EM4 dan molasis hingga bila diperas dengan tangan bahan tersebut akan terperas sedikit air. Kemudian ditutup dengan menggunakan terpal atau dimasukkan dalam karung goni atau tong plastik dan difermentasi selama sekitar 30 hari, dan setiap 1 minggu sekali dibalik. Aktivitas mikroba ditandai dengan adanya peningkatan suhu. di hari ke 8 sampai hari ke 21. Setelah 21 hari dibuka dan diberi kapur pertanian untuk menetralkan pH kompos. Pengomposan yang dilakukan di rumah kompos berlangsung selama kurang lebih 30 hari dan bentuknya terlihat seperti tanah, lalu perkecil ukuran dan ayak (Gambar 5.2). Hasil analisis karakteristik kompos disajikan pada Tabel 5.3.



Gambar 5.2. Pengolahan Kompos

Tabel 5.3 menunjukkan bahwa biochar memiliki pH H_2O , C/N, K, Ca, dan Mg relatif lebih tinggi dari pada pupuk kompos, sebaliknya kompos memiliki DHL, C-organik, N-total, P-tersedia, Na, dan kadar air relatif lebih tinggi dibandingkan dengan biochar. Kedua jenis bahan organik, biochar dan kompos memiliki karakteristik yang berbeda, namun kedua bahan ini mempunyai tujuan yang sama dan saling melengkapi dalam memperbaiki sifat-sifat tanah di lahan kering, yaitu meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air dan hara, meningkatkan porositas dan menurunkan berat volume tanah,



meningkatkan C-organik, N, P, KTK, KB, dan total mikroba di dalam tanah

Tabel 5.3. Hasil Analisis Karakteristik Biochar dan Kompos (#)

No	Jenis Analisis	Biochar Bambu	Kompos
1.	pH H ₂ O	7,48	7,35
2.	DHL (mmhos/cm)	0,77	10,92
3.	C-organik (%)	3,08	15,51
4.	N-total (%)	0,06	0,82
5.	C/N	51,33	18,91
6.	Bahan organik (%)	5,31	26,75
7.	P-tersedia (ppm)	451,78	650,14
8.	K-tersedia (ppm)	36,07	23,26
9.	Ca (mg/kg)	32,20	9,28
10.	Mg (mg/kg)	15,88	15,16
11.	Na (mg/kg)	14,62	15,26
12.	Kadar air KU (%)	5,48	22,47

Keterangan: # Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UNUD

Biochar ditambahkan ke tanah dengan tujuan untuk meningkatkan fungsi tanah dan mengurangi emisi dari biomasa yang secara alami terurai menjadi gas rumah kaca. Biochar di dalam tanah bersifat rekalsitran yaitu tahan lapuk atau sulit terdekomposisi, dan dapat memperbaiki sifat fisik tanah dan rendahnya kualitas tanah di lahan kering (Nurida dan Rachman, 2011). Kualitas tanah yang rendah di lahan kering disebabkan karena: (1) terbatasnya ketersediaan air, tanah mudah tererosi, struktur tanah padat, porositas yang rendah dan berat volume yang tinggi (sifat fisik), (2) rendahnya pH, C-organik, N, P, K, Ca, Mg, KTK dan KB (sifat kimia), dan (3) rendahnya respirasi tanah dan jumlah mikroba (sifat biologi).

Biochar bambu yang akan diformulasikan dengan pupuk organik (kompos) dan pupuk kimia (phonska) dalam upaya meningkatkan kualitas tanah dan hasil tanaman jagung di lahan kering. Rendahnya



kualitas lahan kering dapat direhabilitasi dengan pemanfaatan pembenah tanah biochar dari limbah bambu. Biochar mempengaruhi kualitas tanah dengan berbagai cara, antara lain: meningkatkan porositas, bobot volume dan ketersediaan air, meningkatkan pH, C-organik, P, K, dan KTK, mengurangi pencucian N dan meningkatkan aktifitas populasi mikroba (Bambang, 2012, Rostaliana, 2012).

Pemanfaatan biochar harus diimbangi dengan menambahkan pupuk sintesis anorganik seperti urea, SP36, dan KCl serta pupuk organik kompos. Aplikasi biochar dengan keberimbangan pupuk organik dan anorganik dapat menjamin kecukupan unsur hara bagi tanaman dan memberikan kondisi yang lebih baik bagi pertumbuhan akar serta mengurangi penggunaan pupuk sintesis. Aplikasi biochar dengan penambahan pupuk anorganik dapat menutupi kekurangan hara dari pupuk organik. Biochar dengan penambahan bahan organik sangat membantu dalam memperbaiki tanah terdegradasi, karena pupuk organik dapat mengikat unsur hara yang mudah hilang serta membantu dalam penyediaan unsur hara tanah sehingga efisiensi pemupukan menjadi lebih tinggi.

Pemberian pupuk organik selain dapat menambah tersedianya unsur hara, juga dapat memperbaiki sifat fisik tanah. Sifat fisik tanah yang dapat dipengaruhi pupuk organik adalah kemantapan agregat, bobot volume, total ruang pori, plastisitas, permeabilitas, dan daya pegang air. Hara yang berasal dari bahan organik (kompos) diperlukan oleh mikrobia tanah untuk diubah/diurai dari bentuk organik kompleks yang tidak dapat dimanfaatkan tanaman menjadi bentuk senyawa organik dan anorganik sederhana yang dapat diabsorpsi oleh tanaman (Isroi, 2008). Bahan organik diurai oleh mikroorganisme menjadi unsur-unsur yang dikembalikan ke dalam tanah seperti N, P, K, Ca, Mg, dan lain-lain sebagai hara yang dapat digunakan kembali oleh tanaman sehingga siklus hara berjalan sebagaimana mestinya.

Kompos cepat dipecah oleh aksi mikroba dalam tanah, tergantung terutama pada iklim. Biochar dapat terurai oleh mikroba setidaknya sepuluh kali lebih lama di sebagian besar tanah. Biochar memiliki efek



sinergis penting ketika ditambahkan ke kompos, membuat kompos lebih kaya nutrisi, lebih beragam secara biologis, lebih lembab, dan lebih stabil. Tanah tropis perlu biochar untuk membuat humus. Kompos dengan rasio C/N optimal akan mengandung banyak humus, namun jika tidak ada cukup karbon stabil (dari kayu, jerami atau sumber lignin lainnya) maka gula mudah terdegradasi, lemak dan protein akan dikonsumsi oleh mikroba. Kondisi ini yang terjadi di tanah tropis, dimana panas, kelembaban dan aktivitas mikroba yang tinggi akan menguraikan daun yang jatuh segera setelah menyentuh tanah. Oleh karena itu, biochar sebagai bahan dalam kompos dapat membantu menyerap nutrisi dan membentuk humus, serta mempercepat banyak proses yang terjadi di tanah yang sehat (Wilson, 2014).

Wilson (2014), menyatakan bahwa biochar yang ditambahkan ke kompos memberikan manfaat: (1) meningkatkan hasil panen, (2) mengurangi berat volume tanah, (3) meningkatkan kapasitas menahan air tanah, (4) menjadi lebih stabil dengan menggabungkan dengan mineral lempung, (5) meningkatkan kapasitas tukar kation, (6) meningkatkan pemanfaatan pupuk, dengan mengurangi pencucian dari zona akar, (7) mempertahankan mineral dalam bentuk tersedia tanaman, (8) mendukung kehidupan mikroba tanah dan keanekaragaman hayati, (9) membantu tanaman melawan penyakit dan patogen, (10) membantu tanaman tumbuh lebih baik dalam situasi garam tinggi, dan (11) menambahkan humus karbon ke tanah, mengurangi emisi karbon ke atmosfer.







BAB 6

PERAN BIOCHAR, KOMPOS, DAN PHONSKA TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN JAGUNG

-
- A. Dosis Terbaik dari Biochar, Kompos dan Phonska dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung
 - B. Dosis Optimum dari Biochar, Kompos dan Phonska dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung

A. Dosis Terbaik dari Biochar, Kompos, dan Phonska dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung

Variabel pertumbuhan dan hasil tanaman jagung yang meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, umur keluar malai dan umur keluar rambut tongkol, berat segar tongkol tanpa kelobot, berat biji segar, berat biji pipilan kering kadar air 14%, berat kering oven brangkasian, dan berat kering oven total tanaman yang diamati karena perlakuan jenis dan dosis pupuk diteliti dan diukur dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Tinggi tanaman (cm)

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan mulai tanaman berumur tiga minggu setelah tanam. Pengamatan selanjutnya dilakukan setiap minggu sampai tanaman mencapai tinggi maksimum. Pengukuran dilakukan dengan mengukur tajuk tanaman dari permukaan tanah sampai ujung daun tertinggi.

2. Jumlah daun per tanaman (helai)

Pengamatan terhadap jumlah daun dilakukan bersamaan pada saat pengukuran tinggi tanaman. Daun yang dihitung adalah daun membuka penuh dan masih hijau. Pengamatan dilakukan setiap minggu sekali sampai tanaman mencapai jumlah daun maksimum.

3. Indeks luas daun (ILD)

Pengamatan Indeks luas daun dilakukan saat tanaman berumur 28, 35, 42, 49, dan 56 hst. ILD merupakan perbandingan antara luas daun total per tanaman dengan luas lahan yang diduduki tanaman. Luas daun dihitung dengan metode panjang x lebar x konstanta. Besarnya nilai konstanta luas daun jagung adalah 0,75. Masing-masing tanaman sampel diambil tiga helai daun (atas, tengah dan bawah) dengan demikian diperoleh luas rata-rata untuk satu daun. Setelah dikalikan jumlah daun per tanaman, maka diperoleh luas daun total per tanaman. ILD dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$ILD = \frac{\text{Luas daun total/tanaman (m}^2\text{)}}{10.000 \text{ m}^2} \times \text{populasi/ha}$$



4. Umur keluar malai (hst)

Pengamatan umur keluar malai dilakukan saat malai tanaman jagung sudah muncul dari ujung batang jagung.

5. Umur keluar rambut tongkol (hst)

Pengamatan umur keluar rambut tongkol dilakukan saat rambut tongkol jagung sudah keluar dari ketiak daun.

6. Berat kering oven akar (g)

Berat kering oven akar dicari dengan cara menimbang sub sampel berat segar akar sebanyak 50 g kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80 °C sampai beratnya konstan. Berat sub sampel tersebut kemudian dikonversi menjadi berat kering oven akar per tanaman.

$$\text{BKO akar (g)} = \frac{\text{Berat segar akar (g)}}{50 \text{ g subsampel (g)}} \times \text{BKO subsampel}$$

7. Berat kering oven brangkasan (g)

Berat kering oven brangkasan dicari dengan cara menimbang sub sampel brangkasan segar sebanyak 50 g kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80 °C sampai beratnya konstan. Berat sub sampel tersebut kemudian dikonversi menjadi berat kering oven brangkasan per tanaman.

$$\text{BKO brangkasan (g)} = \frac{\text{Berat segar brangkasan (g)}}{50 \text{ g subsampel (g)}} \times \text{BKO subsampel}$$

8. Berat segar tongkol tanpa kelobot (g)

Pengukuran berat segar tongkol tanpa kelobot dilakukan dengan cara menimbang tongkol setelah kelobot jagung dikupas dari tongkol per tanaman.

9. Jumlah tongkol (buah)

Pengukuran jumlah tongkol dilakukan dengan cara menghitung jumlah tongkol per tanaman.

10. Indeks Panen (%)

Indeks panen dihitung dengan membagi hasil ekonomis dengan hasil biologis. Hasil ekonomis yaitu berat biji kering oven, sedangkan hasil biologis adalah seluruh bagian tanaman di atas tanah (brangkasan dan biji) dalam keadaan kering oven.

11. Berat kering oven total tanaman (g)

Berat kering oven total tanaman diperoleh dengan cara menjumlah



berat kering oven brangkasan, berat kering oven akar, dan berat kering oven biji per tanaman.

12. Berat 1000 biji kering kadar air 14% (g)

Penetapan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung kadar air 1000 biji saat panen dan kemudian dicari berat 1000 biji kering kadar air 14% dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{KA 1000 biji saat panen} = \frac{\text{Berat 1000 biji saat panen (g)} - \text{BKO biji (g)}}{\text{Berat 1000 biji saat panen (g)}} \times 100\%$$

$$\text{Berat 1000 biji kering KA 14\% (g)} = \frac{(100 - \text{KA 1000 biji saat panen})\%}{(100 - \text{KA 1000 biji 14\%})\%} \times 100\%$$

13. Berat biji pipilan kering panen per ha (ton)

Pengukuran berat biji pipilan kering saat panen dilakukan dengan cara mengkonversi berat biji per ubinan ke hektar. Persamaan yang dipakai adalah:

$$\text{Berat biji kering panen per ha} = \frac{10.000 \text{ m}^2 \times \text{berat biji kering panen (g)}}{1,125 \text{ m}^2 \times 1.000.000 \text{ g}} \times 1 \text{ ton}$$

14. Berat biji pipilan kering kadar air 14% per ha (ton)

Pengukuran dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung kadar air biji saat panen di petak ubinan, lalu dicari berat biji kadar air 14%, selanjutnya berat biji kadar air 14% per ubinan di konversi ke hektar dengan perhitungan:

$$\text{KA biji saat panen (\%)} = \frac{\text{Berat biji saat panen (g)} - \text{BKO biji (g)}}{\text{Berat biji saat panen (g)}} \times 100\%$$

$$\text{Berat biji pipilan KA 14\% (g)} = \frac{(100 - \text{KA biji saat panen})\%}{(100 - \text{KA biji 14\%})\%} \times 100\%$$

$$\text{Berat biji pipilan KA 14\% per ha (ton)} = \frac{10.000 \text{ m}^2 \times \text{berat biji KA 14\% (g)}}{1,125 \text{ m}^2 \times 1.000.000 \text{ g}} \times 1 \text{ ton}$$

Percobaan skala pot di rumah kaca dilakukan untuk mendapatkan dosis optimum dan hasil maksimum tanaman jagung. Untuk mencapai tujuan ini, maka digunakan rancangan acak kelompok (RAK) 3 ulangan dengan pola percobaan tersarang (nested experiment), dimana faktor dosis tersarang pada masing-masing jenis pupuk. Faktor perlakuan terdiri dari 3 jenis pupuk (J) yaitu biochar bambu (B), kompos (K), dan phonska (P) dengan 3 taraf dosis pupuk (D) serta sebuah kontrol



sebagai pembanding sehingga diperoleh 10 jenis perlakuan dengan total 30 satuan percobaan. Susunan perlakuan percobaan adalah: (1) kontrol tanpa perlakuan (D_0), (2) biochar bambu dosis 5 t ha⁻¹ (BD_1), (3) biochar bambu dosis 10 t ha⁻¹ (BD_2), (4) biochar bambu dosis 15 t ha⁻¹ (BD_3), (5) kompos dosis 10 t ha⁻¹ (KD_1), (6) kompos dosis 20 t ha⁻¹ (KD_2), (7) kompos dosis 30 t ha⁻¹ (KD_3), (8) phonska dosis 150 kg ha⁻¹ (PD_1), (9) phonska dosis 300 kg ha⁻¹ (PD_2), dan (10) phonska dosis 450 kg ha⁻¹ (PD_3).

Berdasarkan hasil penelitian pot ini, diperoleh bahwa perlakuan jenis pupuk menunjukkan pengaruh tidak nyata ($P \geq 0,05$) terhadap semua variabel yang diamati. Perlakuan dosis biochar dan pupuk kompos berpengaruh nyata ($P < 0,05$) hingga sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap seluruh variabel yang diamati, kecuali berat biji segar per tanaman dan berat biji pipilan kering kadar air 14% per tanaman, sedangkan perlakuan pupuk phonska berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap seluruh variabel yang diamati.

Rata-rata tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, umur keluar malai dan umur keluar rambut tongkol karena perlakuan jenis dan dosis pupuk disajikan pada Tabel 6.1. Tinggi tanaman maksimum diperoleh pada dosis biochar 10 t ha⁻¹ (BD_2) setinggi 256,67 cm yang berbeda nyata dengan tanpa perlakuan (D_0), 5 t ha⁻¹ (BD_1) dan 15 t ha⁻¹ (BD_3) berturut-turut 211,00 cm, 220,33 cm, dan 234,67 cm. Perlakuan dosis pupuk kompos 20 t ha⁻¹ (KD_2) memberikan tinggi tanaman tertinggi 247,00 cm yang berbeda tidak nyata dengan perlakuan 10 t ha⁻¹ (KD_1) dan 30 t ha⁻¹ (KD_3) masing-masing 240,00 cm dan 237,67 cm, namun berbeda nyata dengan tanpa perlakuan (D_0) 211,00 cm.

Perlakuan dosis pupuk phonska 300 kg ha⁻¹ (PD_2) memberikan tinggi tanaman tertinggi 245,67 cm yang berbeda tidak nyata dengan perlakuan phonska 150 kg ha⁻¹ (PD_1) dan 450 kg ha⁻¹ (PD_3) masing-masing 237,67 cm dan 239,00 cm, namun berbeda nyata dengan tanpa perlakuan (D_0) 211,00 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis 10 t ha⁻¹ biochar bambu, interval dosis 10-30 t ha⁻¹ pupuk kompos dan 150-450 kg ha⁻¹ pupuk phonska memberikan tinggi tanaman terbaik.



Tabel 6.1. Rata-rata tinggi tanaman, jumlah daun, dan total luas daun, umur keluar malai, dan umur keluar rambut tongkol karena perlakuan jenis dan dosis pupuk

Perlakuan	Tinggi Tanaman 56 hst (cm)	Jumlah Daun 56 hst (helai)	Total Luas Daun 56 hst (dm ²)	Umur Keluar Malai (hst)	Umur Keluar Rambut Tongkol (hst)
<u>Jenis Pupuk (J)</u>					
Biochar (B)	230,67 a	15,17 a	105,31 a	50,67 a	54,25 a
Kompos (K)	233,92 a	15,17 a	106,28 a	51,17 a	54,67 a
Phonska (P)	233,33 a	15,08 a	107,08 a	50,42 a	54,25 a
BNT 5%	-	-	-	-	-
<u>Dosis Biochar</u>					
0 t ha ⁻¹ (D ₀)	211,00 c	14,00 b	89,34 b	52,67 a	56,00 a
5 t ha ⁻¹ (BD ₁)	220,33 bc	14,67 b	95,82 b	50,00 b	54,00 b
10 t ha ⁻¹ (BD ₂)	256,67 a	16,00 a	119,97 a	49,67 b	53,67 b
15 t ha ⁻¹ (BD ₃)	234,67 b	16,00 a	116,10 a	50,33 b	53,33 b
<u>Dosis Kompos</u>					
0 t ha ⁻¹ (D ₀)	211,00 b	14,00 c	89,34 c	52,67 a	56,00 a
10 t ha ⁻¹ (KD ₁)	240,00 a	15,00 b	105,33 b	50,33 bc	53,67 b
20 t ha ⁻¹ (KD ₂)	247,00 a	15,67 ab	117,80 a	49,67 c	53,67 b
30 t ha ⁻¹ (KD ₃)	237,67 a	16,00 a	112,66 ab	52,00 ab	55,33 ab
<u>Dosis Phonska</u>					
0 kg ha ⁻¹ (D ₀)	211,00 b	14,00 b	89,34 b	52,67 a	56,00 a
150 kg ha ⁻¹ (PD ₁)	237,67 a	15,33 a	111,53 a	50,67 ab	55,00 a
300 kg ha ⁻¹ (PD ₂)	245,67 a	15,67 a	114,72 a	49,00 b	53,00 b
450 kg ha ⁻¹ (PD ₃)	239,00 a	15,33 a	112,72 a	49,33 b	53,00 b
BNT 5%	18,72	0,80	11,96	2,21	1,96
KK	4,75%	3,13%	6,65%	2,57%	2,13%

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama adalah tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%.

Jumlah daun tertinggi diperoleh pada dosis biochar 10 t ha⁻¹ (BD₂) dan 15 t ha⁻¹ (BD₃) sebesar 16 helai yang berbeda nyata dengan tanpa perlakuan (D₀) dan 5 t ha⁻¹ (BD₁) berturut-turut 14,00 helai dan 14,67 helai. Perlakuan dosis pupuk kompos 30 t ha⁻¹ (KD₃) memberikan jumlah daun tertinggi 16,00 helai yang berbeda tidak nyata dengan perlakuan 20 t ha⁻¹ (KD₂), namun berbeda nyata dengan tanpa perlakuan (D₀) 14,00 helai dan dosis 10 t ha⁻¹ (KD₁) 15 helai. Perlakuan dosis pupuk phonska 300 kg ha⁻¹ memberikan jumlah daun tertinggi 15,67 helai yang berbeda tidak nyata



dengan perlakuan 150 kg ha^{-1} (PD_1) dan 450 kg ha^{-1} (PD_3) masing-masing dengan nilai yang sama yaitu 15,33 helai, namun berbeda nyata dengan tanpa perlakuan (D_0) 14 helai. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat diketahui bahwa interval dosis $10\text{-}15 \text{ t ha}^{-1}$ biochar bambu, $20\text{-}30 \text{ t ha}^{-1}$ pupuk kompos dan $150\text{-}450 \text{ kg ha}^{-1}$ phonska memberikan nilai terbaik jumlah daun, sedangkan tanpa pupuk memberikan nilai terendah jumlah daun.

Total luas daun tertinggi diperoleh pada dosis biochar 10 t ha^{-1} (BD_2) setinggi $119,97 \text{ dm}^2$ yang berbeda tidak nyata dengan 15 t ha^{-1} (BD_3) yaitu $116,10 \text{ dm}^2$, namun berbeda nyata dengan tanpa perlakuan (D_0) dan 5 t ha^{-1} (BD_1) berturut-turut $89,34$ dan $95,82 \text{ dm}^2$. Perlakuan dosis kompos 20 t ha^{-1} (KD_2) memberikan total luas daun tertinggi $117,80 \text{ dm}^2$ yang berbeda tidak nyata dengan 30 t ha^{-1} (KD_3) sebesar $112,66 \text{ dm}^2$, namun berbeda nyata dengan tanpa perlakuan (D_0) dan 10 t ha^{-1} (KD_1) berturut-turut $89,34$ dan $105,33 \text{ dm}^2$. Perlakuan dosis phonska 300 kg ha^{-1} (PD_2) memberikan total luas daun tertinggi $114,72 \text{ dm}^2$, berbeda tidak nyata dengan perlakuan 150 kg ha^{-1} (PD_1) dan 450 kg ha^{-1} (PD_3) masing-masing $111,53$ dan $112,72 \text{ dm}^2$, namun berbeda nyata dengan tanpa perlakuan (D_0) $89,34 \text{ dm}^2$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interval dosis $10\text{-}15 \text{ t ha}^{-1}$ biochar, $20\text{-}30 \text{ t ha}^{-1}$ kompos dan $150\text{-}450 \text{ kg ha}^{-1}$ phonska memberikan nilai terbaik total luas daun, sedangkan tanpa pupuk memberikan nilai terendah total luas daun 56 hst .

Umur keluar malai tercepat diperoleh pada dosis biochar 10 t ha^{-1} (BD_2) saat $49,67 \text{ hst}$ yang berbeda nyata dengan tanpa perlakuan (D_0), tetapi berbeda tidak nyata dengan 5 t ha^{-1} (BD_1) dan 15 t ha^{-1} (BD_3) berturut-turut saat umur $50,00$ dan $50,33 \text{ hst}$. Perlakuan dosis kompos 20 t ha^{-1} (KD_2) memberikan umur keluar malai tercepat $49,67 \text{ hst}$ berbeda nyata dengan tanpa perlakuan (D_0) dan 30 t ha^{-1} (KD_3) berturut-turut saat umur $52,67$ dan $52,00 \text{ hst}$, tetapi berbeda tidak nyata dengan 10 t ha^{-1} (KD_1) saat umur $50,33 \text{ hst}$. Perlakuan dosis pupuk phonska 300 kg ha^{-1} (PD_2) memberikan umur keluar malai tercepat yaitu $49,00 \text{ hst}$, yang berbeda nyata dengan tanpa perlakuan (D_0) $52,67 \text{ hst}$, namun berbeda tidak nyata dengan 150 kg ha^{-1} (PD_1) dan 450 kg ha^{-1} (PD_3) masing-masing



saat umur 50,67 dan 49,33 hst. Dapat diketahui bahwa interval dosis 5-15 t ha⁻¹ biochar, 10-20 t ha⁻¹ kompos dan 150-450 kg ha⁻¹ phonska memberikan umur tercepat terbaik keluarnya malai, sedangkan tanpa pupuk memberikan waktu terlama keluarnya malai.

Umur keluar rambut tongkol tercepat diperoleh pada dosis biochar 15 t ha⁻¹ (BD₃) yaitu 53,33 hst yang berbeda tidak nyata dengan 5 t ha⁻¹ (BD₁) dan 10 t ha⁻¹ (BD₂) berturut-turut dengan nilai 54,00 dan 53,67 hst, tetapi berbeda nyata dengan tanpa perlakuan (D₀) 56,00 hst. Perlakuan dosis pupuk kompos 10 dan 20 t ha⁻¹ (KD₁ dan KD₂) memberikan umur keluar rambut tongkol tercepat 53,67 hst yang berbeda tidak nyata dengan 30 t ha⁻¹ (KD₃) sebesar 55,33 hst, namun berbeda nyata dengan tanpa perlakuan (D₀) 52,67 hst. Perlakuan dosis pupuk phonska 300 dan 450 kg ha⁻¹ (PD₂ dan PD₃) memberikan umur keluar rambut tongkol tercepat yaitu 53,00 hst, yang berbeda nyata dengan tanpa phonska (D₀) dan perlakuan 150 kg ha⁻¹ (PD₁) berturut-turut dengan nilai 56,00 dan 55,00 hst. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa interval dosis 5-15 t ha⁻¹ biochar, 10-30 t ha⁻¹ pupuk kompos dan 300-450 kg ha⁻¹ pupuk phonska memberikan umur tercepat terbaik keluarnya rambut tongkol, sedangkan tanpa pupuk memberikan waktu terlama keluarnya rambut tongkol.

Rata-rata berat segar tongkol tanpa kelobot, berat biji segar, berat biji pipilan kering kadar air 14%, berat kering oven brangkasakan, dan berat kering oven total tanaman seperti pada Tabel 6.2.

Berat segar tongkol tanpa kelobot tertinggi didapat pada dosis biochar 10 t ha⁻¹ (BD₂) sebesar 240,00 g yang tidak berbeda nyata dengan 5 t ha⁻¹ (BD₁) dan 15 t ha⁻¹ (BD₃) berturut-turut 226,33 g dan 222,80 g, namun berbeda nyata dengan tanpa biochar (D₀) 179,63 g. Perlakuan dosis kompos 30 t ha⁻¹ (KD₃) memberikan berat segar tongkol tanpa kelobot tertinggi 232,43 g yang berbeda nyata dengan tanpa kompos (D₀), namun berbeda tidak nyata dengan 20 t ha⁻¹ (KD₂) dan 10 t ha⁻¹ (KD₁) berturut-turut 230,10 g dan 220,03 g. Perlakuan dosis phonska 300 kg ha⁻¹ (PD₂) memberikan berat segar tongkol tanpa kelobot tertinggi 284,80 g, yang berbeda tidak nyata dengan phonska 450 kg ha⁻¹ (PD₃) yaitu 266,33 g, namun berbeda nyata dengan 150 kg ha⁻¹ (PD₁) dan tanpa phonska



(PD₀) masing-masing 233,10 g dan 179,63 g. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa interval dosis 5-15 t ha⁻¹ biochar, 10-30 t ha⁻¹ pupuk kompos dan 300-450 kg ha⁻¹ phonska memberikan nilai terbaik berat segar tongkol tanpa kelobot, sedangkan tanpa pupuk memberikan nilai terendah.

Tabel 6.2. Rata-rata berat segar tongkol tanpa kelobot, berat biji segar, berat biji pipilan kering kadar air 14%, berat kering oven brangkasana, dan berat kering oven total tanaman karena pengaruh jenis dan dosis pupuk

Perlakuan	Berat segar tongkol tanpa kelobot	Berat biji segar	Berat biji pipilan kering KA 14%	Berat kering oven brangkasana	Berat kering oven total
<u>Jenis Pupuk</u> ----- (g tan ⁻¹) -----					
Biochar (B)	217,19 a	161,03 a	142,03 a	293,96 a	463,44 a
Kompos (K)	215,55 a	162,26 a	144,59 a	307,87 a	482,96 a
Phonska (P)	240,97 a	175,34 a	157,42 a	312,37 a	498,27 a
BNT 5%	-	-	-	-	-
<u>Dosis Biochar</u>					
0 t ha ⁻¹ (D ₀)	179,63 b	142,03 a	130,85 a	251,10 c	410,90 c
5 t ha ⁻¹ (BD ₁)	226,33 a	165,67 a	135,12 a	276,48 bc	458,08 b
10 t ha ⁻¹ (BD ₂)	240,00 a	170,83 a	158,99 a	343,58 a	509,31 a
15 t ha ⁻¹ (BD ₃)	222,80 a	165,60 a	143,18 a	304,68 ab	475,48 ab
<u>Dosis Kompos</u>					
0 t ha ⁻¹ (D ₀)	179,63 b	142,03 a	130,85 a	251,10 b	410,90 b
10 t ha ⁻¹ (KD ₁)	220,03 a	160,63 a	143,49 a	321,70 a	496,90 a
20 t ha ⁻¹ (KD ₂)	230,10 a	169,37 a	149,07 a	342,52 a	525,05 a
30 t ha ⁻¹ (KD ₃)	232,43 a	177,00 a	154,96 a	316,16 a	498,96 a
<u>Dosis Phonska</u>					
0 kg ha ⁻¹ (D ₀)	179,63 c	142,03 b	130,85 b	251,10 b	410,90 c
150 kg ha ⁻¹ (PD ₁)	233,10 b	171,70 ab	154,57 ab	314,20 a	498,93 b
300 kg ha ⁻¹ (PD ₂)	284,80 a	189,10 a	168,53 a	363,44 a	563,91 a
450 kg ha ⁻¹ (PD ₃)	266,33 ab	198,53 a	175,74 a	320,74 a	519,34 ab
BNT 5%	37,20	32,21	25,04	50,42	43,21
KK	9,78%	11,45%	9,99%	9,77%	5,30%

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama adalah tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%



Berat biji segar cenderung tertinggi diperoleh pada dosis biochar 10 t ha⁻¹ (BD₂) sebesar 170,83 g dan terendah pada perlakuan tanpa biochar (D₀) yaitu 142,03 g. Perlakuan dosis kompos 30 t ha⁻¹ (KD₃) cenderung memberikan berat biji segar tertinggi 177,00 g dan terendah pada perlakuan tanpa kompos (D₀) yaitu 142,03 g. Perlakuan dosis phonska 450 kg ha⁻¹ (PD₃) memberikan berat biji segar tertinggi 198,53 g, yang berbeda nyata dengan perlakuan tanpa phonska (D₀) sebesar 142,03 g, namun berbeda tidak nyata dengan phonska 300 kg ha⁻¹ (PD₂) dan 150 kg ha⁻¹ (PD₁) masing-masing 189,10 g dan 171,70 g. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan dosis 0-15 t ha⁻¹ biochar, 0-30 t ha⁻¹ kompos dan 150-300 kg ha⁻¹ phonska memberikan nilai tertinggi berat biji segar, sedangkan tanpa pupuk memberikan nilai terendah.

Berat biji pipilan kering kadar air 14% tertinggi diperoleh pada dosis biochar 10 t ha⁻¹ (BD₂) sebesar 158,99 g dan terendah pada perlakuan tanpa biochar (D₀) yaitu 130,85 g. Perlakuan dosis kompos 30 t ha⁻¹ (KD₃) cenderung memberikan berat biji pipilan kering kadar air 14% tertinggi 154,96 g dan terendah pada perlakuan tanpa kompos (D₀) yaitu 130,85 g. Perlakuan dosis phonska 450 kg ha⁻¹ (PD₃) memberikan berat biji pipilan kering kadar air 14% tertinggi 168,53 g, yang berbeda nyata dengan perlakuan tanpa phonska (D₀) sebesar 130,85 g, namun berbeda tidak nyata dengan phonska 300 kg ha⁻¹ (PD₂) dan 150 kg ha⁻¹ (PD₁) masing-masing 175,74 g dan 154,57 g. Berdasarkan uraian di atas dapat diketahui bahwa interval dosis 0-15 t ha⁻¹ biochar bambu, 0-30 t ha⁻¹ kompos dan 150-450 kg ha⁻¹ phonska memberikan nilai terbaik berat biji pipilan kering kadar air 14%.

Berat kering oven brangkasan tanaman tertinggi diperoleh pada dosis biochar 10 t ha⁻¹ (BD₂) sebesar 343,58 g yang tidak berbeda nyata dengan 5 t ha⁻¹ (BD₁) dan tanpa biochar (D₀) berturut-turut 276,48 g dan 251,10 g, namun berbeda nyata dengan biochar 15 t ha⁻¹ (BD₃) 304,68 g. Perlakuan dosis kompos 20 t ha⁻¹ (KD₂) memberikan berat kering oven brangkasan tanaman tertinggi 342,52 g yang berbeda nyata dengan tanpa kompos (D₀), namun berbeda tidak nyata dengan 30 t ha⁻¹ (KD₃) dan 10 t ha⁻¹ (KD₁) berturut-turut 316,16 g dan 321,70 g. Perlakuan dosis phonska



300 kg ha⁻¹ (PD₂) memberikan berat kering oven brangkasan tanaman tertinggi 363,44 g, yang berbeda nyata dengan perlakuan tanpa phonska (D₀) sebesar 251,10 g, namun berbeda tidak nyata dengan 300 kg ha⁻¹ (PD₃) dan 150 kg ha⁻¹ (PD₁) masing-masing 320,74 g dan 314,20 g. Berdasarkan uraian di atas dapat diketahui bahwa interval dosis 10-15 t ha⁻¹ biochar, 10-30 t ha⁻¹ pupuk kompos, dan 150-450 kg ha⁻¹ pupuk phonska memberikan nilai tertinggi berat kering oven brangkasan tanaman, sedangkan tanpa perlakuan pupuk memberikan nilai terendah.

Berat kering oven total tanaman tertinggi diperoleh pada dosis biochar bambu 10 t ha⁻¹ (BD₂) yaitu 509,31 g yang berbeda nyata dengan 15 t ha⁻¹ (BD₃), 5 t ha⁻¹ (BD₁), dan tanpa bichar (D₀) berturut-turut 475,48 g, 458,08 g, dan 410,90 g. Perlakuan dosis kompos 20 t ha⁻¹ (KD₂) memberikan berat kering oven total tanaman tertinggi 525,05 g yang berbeda nyata dengan tanpa perlakuan (D₀), namun berbeda tidak nyata dengan dosis kompos 30 t ha⁻¹ (KD₃) dan kompos 10 t ha⁻¹ (KD₁) berturut-turut 498,96 g dan 496,90 g. Perlakuan dosis phonska 300 kg ha⁻¹ (PD₂) memberikan berat kering oven total tanaman tertinggi 563,91 g, yang berbeda tidak nyata dengan perlakuan phonska 450 kg ha⁻¹ (PD₃) sebesar 519,34 g, namun berbeda nyata dengan tanpa perlakuan (D₀) dan dosis phonska 150 kg ha⁻¹ (PD₁) masing-masing 410,90 g dan 498,93 g. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dosis 10 t ha⁻¹ biochar bambu, interval dosis 10-30 t ha⁻¹ kompos dan 300-450 kg ha⁻¹ phonska didapat nilai terbaik berat kering oven total tanaman, sedangkan tanpa perlakuan pupuk memberikan nilai terendah berat kering oven total tanaman.

B. Dosis Optimum dari Biochar, Kompos, dan Phonska dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung

Hasil penelitian menunjukkan kisaran terbaik biochar diperoleh pada dosis 5-15 t ha⁻¹, kompos pada dosis 10-30 t ha⁻¹, dan phonska pada dosis 150-450 kg ha⁻¹. Berdasarkan hasil terbaik ini, variabel berat kering oven total tanaman yang mencakup biomasa tanaman secara keseluruhan dipakai sebagai dasar dilakukan uji regresi untuk mendapatkan dosis optimum. Hasil analisis regresi antara dosis biochar, kompos, dan phonska

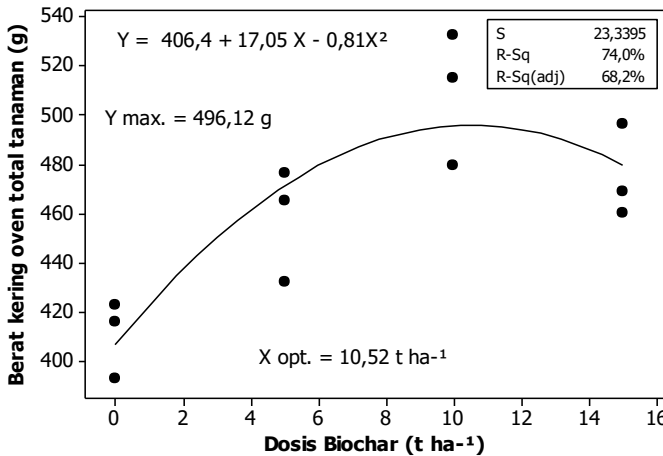


dengan hasil maksimum berat kering oven total tanaman disajikan pada Tabel 6.3 dan Gambar 6.1, 6.2, dan 6.3.

Tabel 6.3. Hasil analisis regresi antara dosis biochar, kompos, dan phonska dengan hasil maksimum berat kering oven total tanaman

Perlakuan	Persamaan regresi	Dosis optimum (X-opt)	BKO total tanaman (Y maks)	R ²
Biochar	$\hat{Y} = 406,4 + 17,05 X - 0,81 X^2$	10,52 t ha ⁻¹	496,12 g	74,0 %
Kompos	$\hat{Y} = 411,1 + 11,33 X - 0,2802 X^2$	20,22 t ha ⁻¹	525,63 g	82,4 %
Phonska	$\hat{Y} = 406,6 + 0,9232 X - 0,001473 X^2$	313,37 kg ha ⁻¹	551,25 g	82,2 %

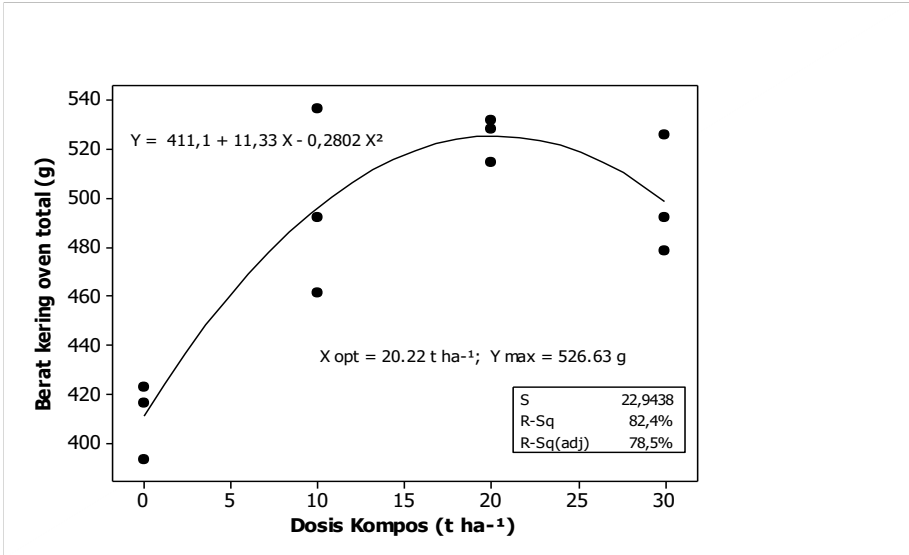
Hasil analisis regresi antara dosis biochar bambu dengan berat kering oven total tanaman menunjukkan hubungan kuadratik dengan persamaan garis regresi: $\hat{Y} = 406,4 + 17,05 X - 0,81 X^2$, dengan koefisien determinasi (R²) sebesar 74,00%. Berdasarkan hasil analisis regresi didapat dosis optimum biochar 10,52 t ha⁻¹ dan berat kering oven total tanaman 496,12 g (Tabel 6.3 dan Gambar 6.1).



Gambar 6.1. Hubungan antara dosis biochar dengan berat kering oven total tanaman



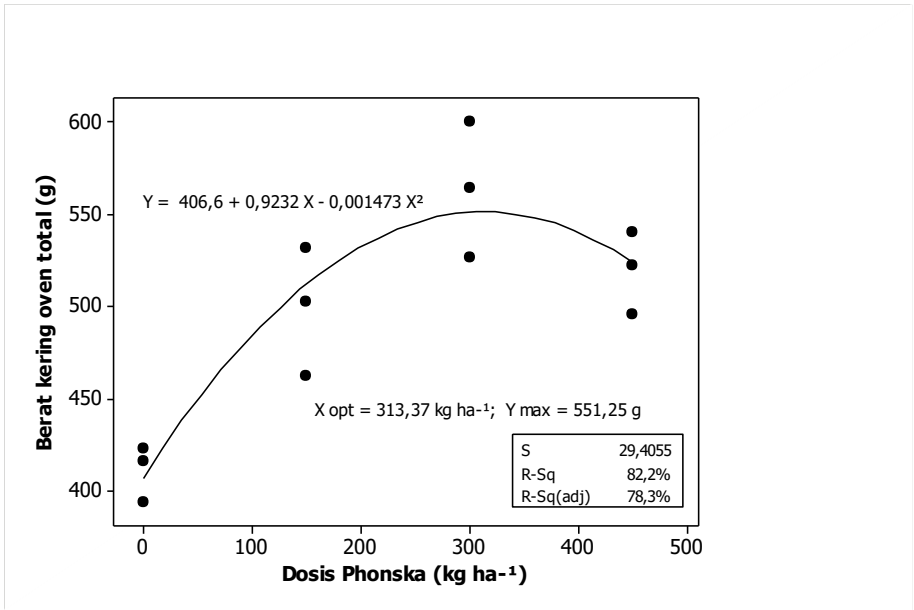
Hasil analisis regresi antara dosis pupuk kompos dengan berat kering oven total tanaman menunjukkan hubungan kuadratik dengan persamaan garis regresi : $\hat{Y} = 411,1 + 11,33 X - 0,2802 X^2$, dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 82,40 %. Berdasarkan hasil analisis regresi didapatkan dosis optimum kompos yaitu 20,22 t ha⁻¹ dengan berat kering oven total tanaman 525,63 g (Tabel 6.3 dan Gambar 6.2).



Gambar 6.2. Hubungan antara dosis kompos dengan berat kering oven total tanaman

Uji regresi antara dosis pupuk phonska dengan berat kering oven total tanaman menunjukkan hubungan kuadratik dengan persamaan garis regresi : $\hat{Y} = 406,6 + 0,9232 X - 0,001473 X^2$, dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 82,20 %, dosis optimum phonska yaitu 313,37 kg ha⁻¹ dan berat kering oven total tanaman 551,25 g (Tabel 6.3 dan Gambar 6.3).





Gambar 6.3. Hubungan antara dosis phonska dengan berat kering oven total tanaman





BAB 7

KOMBONASI DOSIS BIOCHAR DENGAN KOMPOS DAN PHONSKA TERHADAP SIFAT-SIFAT TANAH, KUALITAS TANAH DAN HASIL JAGUNG

-
- A. Sifat-Sifat Tanah (Fisik, Kimia, dan Biologi)
 - B. Kualitas Tanah
 - C. Karakteristik Sifat-Sifat Tanah dan Kualitas Tanah di Lahan Kering
 - D. Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung
 - E. Efektivitas Biochar dan Kelayakan Usaha Tani Tanaman Jagung di Lahan Kering

A. Sifat-Sifat Tanah (Fisik, Kimia, dan Biologi)

Variabel sifat-sifat tanah yang meliputi kadar air tanah, tekstur, berat volume tanah, porositas tanah (sifat fisik tanah), pH, C, N, P, K, KTK, KB (sifat kimia tanah), dan total mikroba (sifat biologi tanah) yang diamati karena perlakuan dosis biochar dengan jenis pupuk diteliti dan dianalisis dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Kadar air tanah (%)

Kadar air tanah dinyatakan dalam persen volume yaitu persentase volume air terhadap volume tanah. Penetapan kadar air dilakukan dengan sejumlah tanah basah dikeringovenkan dalam oven pada suhu 105 °C untuk waktu tertentu. Air yang hilang karena pengeringan merupakan sejumlah air yang terkandung dalam tanah. Kadar air tanah diperoleh dengan menggunakan metode gravimetric rumus:

$$u = (Ba - Bk) / Bk \times 100\%,$$

dimana

u: Kadar air (%),

Ba: Berat tanah awal,

Bk: Berat tanah kering mutlak (105 °C).

2. Tekstur tanah

Tekstur adalah perbandingan relatif pasir, debu dan liat. Penetapan tekstur tanah menggunakan metoda pipet. Dasar penetapan: bahan organik dioksidasi dengan H₂O₂ dan garam-garam yang mudah larut dihilangkan dari tanah dengan HCl sambil dipanaskan. Bahan yang tersisa adalah mineral yang terdiri atas pasir, debu, dan liat. Pasir dapat dipisahkan dengan cara pengayakan basah, sedangkan debu dan liat dipisahkan dengan cara pengendapan.

3. Berat volume tanah (g cm⁻³)

Berat volume tanah merupakan perbandingan berat tanah dengan volume total tanah. Berat volume tanah diperoleh dengan menggunakan metode ring sampel dengan rumus :

$$BV = BK / vt$$

dimana:

BV: berat volume tanah (g cm⁻³),



BK: berat tanah kering mutlak, dan
vt: volume tanah dalam ring.

4. Porositas tanah (%)

Porositas atau total ruang pori tanah adalah volume seluruh pori-pori dalam suatu volume tanah utuh. Porositas tanah dihitung berdasarkan hasil penetapan berat volume dan berat jenis tanah $2,65 \text{ g cm}^{-3}$ (Buckman dan Brady, 1982) dengan rumus :

$$\text{Porositas} = 1 - \text{BV} / \text{Bj} \times 100\%$$

dimana :

BV : berat volume tanah (g cm^{-3}),

Bj : berat jenis tanah diasumsikan $2,65 \text{ g cm}^{-3}$.

5. pH

Nilai pH menunjukkan konsentrasi ion H^+ dalam larutan tanah, yang dinyatakan sebagai $-\log[\text{H}^+]$. Peningkatan konsentrasi H^+ menaikkan potensial larutan yang diukur oleh alat dan dikonversi dalam skala pH, yang pengukurannya dengan alat pH meter, rumus: $\text{pH} = 10 \log 1 / ((\text{H}^+))$

6. C- organik tanah (%)

Analisis C-organik tanah menggunakan metode Walkley dan Black. Dasar penetapan karbon sebagai senyawa organik akan mereduksi Cr^{6+} yang berwarna jingga menjadi Cr^{3+} berwarna hijau dalam suasana asam. Intensitas warna hijau terbentuk setara dengan kadar karbon.

$$\text{C} = ((\text{B}-\text{A})\text{N FeSO}_4 \times 3) / (100 / (100 + \text{KL}) \times \text{Berat tanah Mg} \times 10 \times 100 / 7 \times 100)$$

7. N total (%)

Analisis dengan metode Kjeldhal, dasar penetapan senyawa nitrogen organik dioksidasi dalam lingkungan asam sulfat pekat dengan katalis campuran selen membentuk $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Kadar amonium dalam ekstrak ditetapkan dengan cara destilasi atau spektrofotometri, melalui destilasi dimana ekstrak dibasakan dengan larutan NaOH, dan NH_3 yang dibebaskan diikat oleh asam borat dan dititrasi dengan larutan H_2SO_4 , dengan rumus:

$$\text{N total} = (\text{ml contoh} - \text{ml blanko}) \times \text{NH}_2\text{SO}_4 \times 1,4$$

8. P tersedia (ppm) dengan metode Bray-1.

Dasar penetapan fosfat dalam suasana asam akan diikat sebagai



senyawa Fe, Al-fosfat yang larut. NH_4F yang terkandung dalam pengekstrak Bray akan membentuk senyawa rangkai dengan Fe & Al dan membebaskan ion PO_4^- . Pengekstrak ini digunakan pada tanah dengan pH agak masam sampai netral.

$\text{P-tersedia (ppm)} = \text{P dalam larutan (ppm)} \times 15 / 1,5 \times 10 / 5 \times (100 + \text{KA}) / 100$

9. K tersedia (ppm) dengan metode Bray-1

$\text{K-tersedia} = \text{Kadar K dalam larutan} \times \text{fp} \times 10 / 5 \times (100 + \text{KA}) / 100$

10. Kapasitas Tukar Kation (KTK) ($\text{me}100\text{g}^{-1}$)

Analisis menggunakan pengekstrak NH_4Oac . Dasar penetapan koloid tanah (mineral liat dan humus) bermuatan negatif, sehingga dapat menyerap kation-kation. Kation-kation dapat ditukar (dd) (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ dan Na^+) dalam kompleks jerapan tanah ditukar dengan kation NH_4 dari pengekstrak dan dapat diukur. Untuk penetapan KTK tanah, kelebihan kation penukar dicuci dengan etanol 99% NH_4 yang terjerap diganti kation Na^+ dari larutan NaCl sehingga dapat diukur sebagai KTK.

$\text{KTK (me } 100\text{g}^{-1}) = (\text{ml blanko} - \text{ml contoh} \times \text{N.NaOH}) / (\text{Bobot contoh tanah pada } 105^\circ\text{C}) \times 100$

11. Kejenuhan Basa (KB) (%)

Analisis menggunakan pengekstrak NH_4Oac . Sebagian besar kation-kation dijerap koloid tanah adalah kation-kation basa antara lain Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ dan NH_4^+ . Banyak sedikitnya tempat yang diduduki oleh kation-kation pada daerah jerapan menggambarkan kejenuhan basa.

$\text{KB}(\%) = ((\text{ml blanko} - \text{ml contoh}) \times \text{N.NaOH} \times 100 / 25 \times 100 / (\text{B.contoh})) / \text{KTK} \times 100$

12. Total mikroba tanah (cfu ml-1) menggunakan metode Planthing Method

13. Analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Energy Disper-sive Spectroscopy* (EDS), untuk mengetahui morfologi, struktur mikro permukaan, dan susunan unsur penyusun dari sampel yang diamati.

Pada tahap ini telah dilakukan percobaan skala lapangan dengan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) 3 ulangan dengan pola faktorial. Perlakuan yang diuji adalah dosis biochar (D) dan jenis pupuk



(P). Faktor Pertama adalah dosis pupuk dengan 4 taraf dosis biochar (D), yaitu: D0= tanpa biochar (0 t ha^{-1}), D1= 0,5 x dosis optimum biochar ($5,26 \text{ t ha}^{-1}$), D2= dosis optimum biochar ($10,52 \text{ t ha}^{-1}$), D3= 1,5 x dosis optimum biochar ($15,78 \text{ t ha}^{-1}$). Faktor kedua jenis pupuk (P) dengan 4 jenis, yaitu: P0= tanpa pupuk, P1= pupuk kompos ($20,22 \text{ t ha}^{-1}$), P2= pupuk phonska ($313,37 \text{ kg ha}^{-1}$), dan P3= pupuk kompos ($20,22 \text{ t ha}^{-1}$)+phonska ($313,37 \text{ kg ha}^{-1}$). Perlakuan diulang 3 kali sehingga diperoleh 48 satuan percobaan.

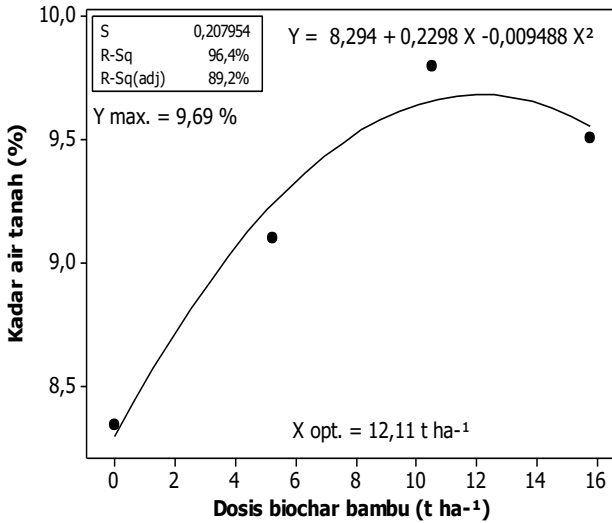
Hasil penelitian terhadap sifat-sifat tanah yang mencakup kadar air tanah, tekstur, berat volume tanah, porositas tanah, pH, C, N, P, K, KTK, KB, dan total mikroba yang diamati karena pengaruh dosis biochar dengan jenis pupuk disajikan pada Tabel 7.1- 7.9.

Kadar air, berat volume, dan porositas tanah

Hasil analisis statistik terhadap sifat fisik tanah didapatkan bahwa interaksi antara dosis biochar dengan jenis pupuk (DxP) dan perlakuan jenis pupuk (P) berpengaruh tidak nyata ($P \geq 0,05$), namun perlakuan dosis biochar (D) berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap kadar air, BV, dan porositas tanah. Rata-rata kadar air, BV, dan porositas tanah pada perlakuan biochar dan jenis pupuk disajikan pada Tabel 7.1.

Tabel 7.1 menunjukkan bahwa kadar air tertinggi (9,80%) diperoleh pada dosis biochar $10,52 \text{ t ha}^{-1}$ berbeda nyata dan meningkat sebesar 17,03% bila dibandingkan dengan perlakuan tanpa biochar (8,34%). Hasil analisis regresi antara dosis biochar dengan kadar air tanah menunjukkan hubungan kuadrat dengan persamaan garis regresi : $\hat{Y} = 8,294 + 0,2298 X - 0,009488 X^2$, dengan R^2 sebesar 96,40% (Gambar 7.1). Berdasarkan hasil analisis regresi didapat dosis optimum biochar $12,11 \text{ t ha}^{-1}$ dengan kadar air maksimum sebesar 9,69 %.





Gambar 7.1. Hubungan dosis biochar bambu dengan kadar air tanah

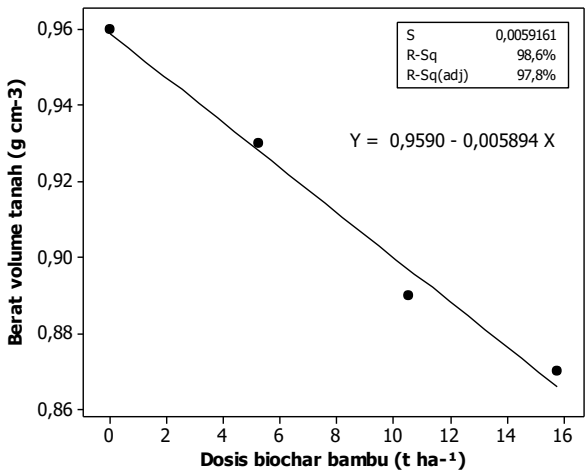
Berat volume terbaik diperoleh pada dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ sebesar 0,89 g cm³ berbeda nyata dan menurun sebesar 7,29% bila dibandingkan dengan hasil biochar tertinggi pada tanpa biochar sebesar 0,96 g cm³. Hasil analisis regresi antara dosis biochar dengan BV tanah menunjukkan hubungan linier dengan persamaan garis regresi : $\hat{Y} = 0,959 - 0,005894 X$, dengan R² sebesar 98,60% (Gambar 7.2). Sebaliknya porositas tanah tertinggi (67,23 %) diperoleh pada dosis biochar 15,78 t ha⁻¹ meningkat sebesar 5,53% dibandingkan dengan hasil biochar terendah pada tanpa biochar (63,71%). Analisis regresi antara dosis biochar dengan porositas tanah menunjukkan hubungan linier dengan persamaan garis regresi: $\hat{Y} = 63,80 - 0,2259 X$, dengan R² sebesar 99,20% (Gambar 7.3). Pengaruh berbagai jenis pupuk terhadap kadar air, berat volume, dan porositas tanah menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata (Tabel 7.1).



Tabel 7.1. Rata-rata kadar air, berat volume, porositas, pasir, debu, dan liat tanah pada perlakuan dosis biochar dan jenis pupuk

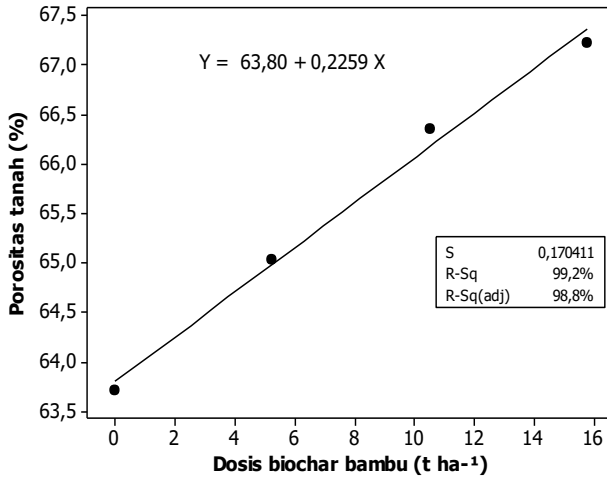
Perlakuan	Kadar air BV (%)	BV (g cm ³)	Porositas (%)	Pasir (%)	Debu (%)	Liat (%)	Tekstur
<u>Dosis Biochar</u>							
0 t ha ⁻¹ (D ₀)	8,34 b	0,96 a	63,71 b	63,60 a	24,03 a	12,37 a	LP
5,26 t ha ⁻¹ (D ₁)	9,10 ab	0,93 ab	65,03 b	64,24 a	24,82 a	10,94 a	LP
10,52 t ha ⁻¹ (D ₂)	9,80 a	0,89 b	66,35 ab	64,25 a	24,82 a	10,93 a	LP
15,78 t ha ⁻¹ (D ₃)	9,51 a	0,87 b	67,23 a	64,04 a	23,65 a	12,32 a	LP
BNT 5%	0,83	0,05	1,84	-	-	-	-
<u>Jenis Pupuk</u>							
Tanpa pupuk (P ₀)	8,62 a	0,92 a	65,28 a	63,14 b	25,09 a	11,26 a	LP
Kompos (P ₁)	9,48 a	0,90 a	66,09 a	64,28 b	23,39 ab	12,33 a	LP
Phonska (P ₂)	9,16 a	0,92 a	65,39 a	65,59 a	22,37 b	12,04 a	LP
Kompos+Phonska (P ₃)	9,49 a	0,91 a	65,56 a	63,10 b	25,97 a	10,93 a	LP
BNT 5%	-	-	-	1,30	2,76	-	-

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama adalah tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%



Gambar 7.2. Hubungan dosis biochar bambu dengan berat volume tanah





Gambar 7.3. Hubungan dosis biochar bambu dengan porositas tanah

Kandungan pasir, debu, dan liat (tekstur tanah)

Hasil analisis statistik terhadap kandungan pasir, debu, dan liat tanah didapatkan bahwa interaksi antara dosis biochar dengan jenis pupuk (DxP) dan perlakuan jenis pupuk (P) berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$), sedangkan perlakuan dosis biochar (D) berpengaruh tidak nyata ($P \geq 0,05$) terhadap kandungan pasir, debu dan liat. Rata-rata kandungan pasir, debu, dan liat pada interaksi antara dosis biochar dengan jenis pupuk dapat dilihat pada Tabel 7.2, 7.3, dan 7.4.

Tabel 7.2 menunjukkan bahwa kandungan pasir tertinggi didapat pada interaksi dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ dengan jenis pupuk kompos (D₂P₁) yaitu 68,43 %, yang berbeda nyata dengan hasil terendah interaksi tanpa biochar dan jenis pupuk kompos (D₀P₁) sebesar 61,84%. Kandungan debu pada interaksi tanpa biochar dengan kompos (D₀P₁) memberikan nilai tertinggi kandungan debu sebesar 29,08% (Tabel 7.3).



Tabel 7.2. Rata-rata kandungan pasir dalam tekstur tanah pada interaksi dosis biochar dengan jenis pupuk

Perlakuan	Jenis Pupuk (P)			
	Tanpa Pupuk (P ₀)	Kompos (P ₁)	Phonska (P ₂)	Kompos+Phonska (P ₃)
<u>Dosis Biochar (D)</u>	----- % -----			
0 t ha ⁻¹ (D ₀)	61,94 ab B	61,84 b B	66,79 ab A	63,83 a B
5,26 t ha ⁻¹ (D ₁)	63,22 b B	63,47 b B	67,53 a A	62,72 a B
10,52 t ha ⁻¹ (D ₂)	62,74 ab B	68,43 a A	63,63 c B	62,21 a B
15,78 t ha ⁻¹ (D ₃)	64,67 a A	63,39 b A	64,43 bc A	63,65 a A
BNT 0,05	2,59			

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama ke arah vertikal dan huruf kapital yang sama ke arah horisontal adalah tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%.

Tabel 7.3. Rata-rata kandungan debu dalam tekstur tanah pada interaksi dosis biochar dengan jenis pupuk

Perlakuan	Jenis Pupuk (P)			
	Tanpa Pupuk (P ₀)	Kompos (P ₁)	Phonska (P ₂)	Kompos+Phonska (P ₃)
<u>Dosis Biochar (D)</u>	----- % -----			
0 t ha ⁻¹ (D ₀)	26,38 ab AB	29,08 a A	17,49 b C	23,17 a B
5,26 t ha ⁻¹ (D ₁)	28,06 a A	20,94 b B	22,09 ab B	28,20 a A
10,52 t ha ⁻¹ (D ₂)	25,59 ab A	19,89 b B	27,29 a A	26,50 a A
15,78 t ha ⁻¹ (D ₃)	22,35 b A	23,64 ab A	22,60 ab A	26,00 a A
BNT 0,05	5,52			

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama ke arah vertikal dan huruf kapital yang sama ke arah horisontal adalah tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%



Kandungan liat terendah didapat pada interaksi dosis biochar 5,26 t ha⁻¹ dengan tanpa pupuk (D₁P₀) dan liat tertinggi sebesar 15,72 % didapat pada interaksi tanpa biochar dengan phonska (Tabel 7.4). Berdasarkan hasil pengukuran tekstur tanah (Tabel 7.2, 7.3, dan 7.4) didapat perbandingan pasir, debu dan liat pada berbagai dosis biochar (B) maupun jenis pupuk (P) menunjukkan kelas tekstur tanah lempung berpasir.

Tabel 7.4. Rata-rata kandungan liat dalam tekstur tanah pada interaksi dosis biochar dengan jenis pupuk

Perlakuan	Jenis Pupuk (P)			
	Tanpa Pupuk (P ₀)	Kompos (P ₁)	Phonska (P ₂)	Kompos+Phonska (P ₃)
Dosis Biochar (D)	----- % -----			
0 t ha ⁻¹ (D ₀)	11,68 ab AB	9,08 b B	15,72 a A	13,00 a AB
5,26 t ha ⁻¹ (D ₁)	8,72 b B	15,59 a A	10,39 b B	9,08 a B
10,52 t ha ⁻¹ (D ₂)	11,68 ab A	11,69 ab A	9,09 b A	11,29 a A
15,78 t ha ⁻¹ (D ₃)	12,98 a A	12,97 ab A	12,98 ab A	10,35 a A
BNT 0,05	4,16			

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama ke arah vertikal dan huruf kapital yang sama ke arah horisontal adalah tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%.

pH, DHL, Bahan organik, C-organik, N-total dan C/N

Hasil analisis statistik (sidik ragam) terhadap pH, DHL, bahan organik, C-organik, N-total dan C/N menunjukkan bahwa interaksi antara dosis biochar dengan jenis pupuk (DxP) berpengaruh tidak nyata (P≥0,05). Perlakuan dosis biochar (D) berpengaruh nyata (P<0,05) terhadap DHL, dan berpengaruh sangat nyata (P<0,01) terhadap pH, bahan organik, C-organik, N-total, dan C/N tanah. Perlakuan jenis pupuk (P) berpengaruh sangat nyata (P<0,01) terhadap DHL, bahan organik, C-organik, dan N-total, namun berpengaruh tidak nyata (P<0,05) terhadap



pH dan C/N. Rata-rata pH, DHL, bahan organik, C-organik, N-total, dan C/N pada perlakuan biochar dan jenis pupuk disajikan pada Tabel 7.5.

Tabel 7.5. Rata-rata pH, DHL, bahan organik, C-organik, N-total, dan C/N pada perlakuan dosis biochar dan jenis pupuk

Perlakuan	pH	DHL (mmhos cm ⁻¹)	BO (%)	C-org (%)	N-total (%)	C/N
<u>Dosis Biochar</u>						
0 t ha ⁻¹ (D ₀)	6,62 c	0,097 b	6,27 b	3,63 b	0,174 b	21,96 a
5,26 t ha ⁻¹ (D ₁)	6,72 ab	0,113 b	6,90 a	4,00 a	0,176 b	23,38 a
10,52 t ha ⁻¹ (D ₂)	6,74 a	0,106 b	6,42 b	3,72 b	0,188 b	20,20 a
15,78 t ha ⁻¹ (D ₃)	6,68 bc	0,125 a	6,29 b	3,65 b	0,216 a	17,45 b
BNT 5%	0,07	0,016	0,24	0,14	0,026	3,23
<u>Jenis Pupuk</u>						
Tanpa pupuk (P ₀)	6,66 a	0,101 b	6,03 b	3,50 b	0,167 b	21,91 a
Kompos (P ₁)	6,67 a	0,110 b	6,63 a	3,85 a	0,175 b	22,70 a
Phonska (P ₂)	6,74 a	0,100 b	6,58 a	3,82 a	0,204 a	19,26 a
Kompos+Phonska (P ₃)	6,68 a	0,131 a	6,62 a	3,84 a	0,207 a	19,12 a
BNT 5%	-	0,016	0,24	0,14	0,026	-

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama adalah tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%

Tabel 7.5 menunjukkan bahwa DHL 0,12 mmhos cm⁻¹ dan N-total 0,22% tertinggi diperoleh pada perlakuan dosis biochar 15,78 t ha⁻¹ (D₃). Nilai tertinggi pH 6,72, bahan organik 6,90%, C-organik 4,00%, dan C/N 21,96 diperoleh pada dosis biochar 5,26 t ha⁻¹ (D₁) yang berbeda nyata dengan hasil terendah pada tanpa biochar (D₀) berturut-turut dengan pH 6,62, bahan organik 6,27%, C-organik 3,63 %, dan C/N 21,96.

Perlakuan jenis pupuk kompos+phonska (P₃) memberikan nilai tertinggi DHL dan N-total tanah masing-masing sebesar 0,13 mmhos cm⁻¹ dan 0,21% yang berbeda nyata dengan hasil terendah pada perlakuan tanpa pupuk (P₀) masing-masing 0,10 mmhos cm⁻¹ dan 0,17%. Bahan organik dan C-organik tertinggi didapat pada jenis pupuk kompos (P₁) sebesar 6,63% dan 3,85 % yang berbeda nyata dengan hasil terendah pada tanpa pupuk (P₀) masing-masing sebesar 6,03 % dan 3,50 %.



P-tersedia, dan K-tersedia

Hasil analisis statistik terhadap P-tersedia dan K-tersedia didapatkan bahwa interaksi antara dosis biochar dengan jenis pupuk berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap P-tersedia dan K-tersedia tanah. Perlakuan biochar berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap P-tersedia, dan berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap K-tersedia tanah. Perlakuan jenis pupuk berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap P-tersedia dan K-tersedia. Rata-rata P-tersedia dan K-tersedia pada interaksi antara biochar dengan jenis pupuk disajikan pada Tabel 7.6 dan 7.7.

Kandungan P-tersedia tertinggi didapat pada interaksi antara dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ dengan kompos (D₂P₁) 68,06 ppm yang berbeda nyata dengan hasil terendah pada interaksi antara tanpa biochar dengan kompos (D₀P₁) dan interaksi antara 10,52 t ha⁻¹ dengan tanpa pupuk (D₂P₀) dengan P-tersedia masing-masing 40,65 ppm dan 25,75 ppm (Tabel 7.6).

Tabel 7.6. Rata-rata P-tersedia pada interaksi dosis biochar dengan jenis pupuk

Perlakuan	Jenis Pupuk (P)			
	Tanpa Pupuk (P ₀)	Kompos (P ₁)	Phonska (P ₂)	Kompos+Phonska (P ₃)
<u>Dosis Biochar (D)</u>	----- ppm -----			
0 t ha ⁻¹ (D ₀)	30,49 a B	40,65 b AB	35,98 b AB	49,34 ab A
5,26 t ha ⁻¹ (D ₁)	32,76 a B	42,56 b B	64,70 a A	37,09 b B
10,52 t ha ⁻¹ (D ₂)	25,75 a B	68,06 a A	38,99 b B	63,38 a A
15,78 t ha ⁻¹ (D ₃)	38,18 a A	40,75 b A	42,30 b A	41,39 b A
BNT 0,05	0,29			

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama ke arah vertikal dan huruf kapital yang sama ke arah horisontal adalah tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%



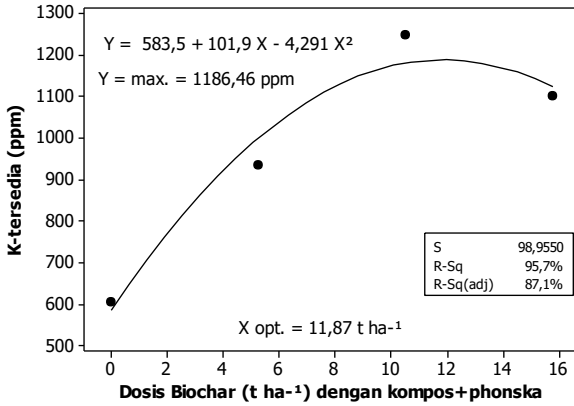
Kandungan K-tersedia tertinggi diperoleh pada interaksi antara biochar 10,52 t ha⁻¹ dengan kompos+phonska (D₂P₃) sebesar 1247,02 ppm yang berbeda nyata dengan hasil terendah pada interaksi antara tanpa biochar dengan kompos+phonska (D₀P₃) dan interaksi antara 10,52 t ha⁻¹ dengan tanpa pupuk (D₂P₀) dengan K-tersedia masing-masing sebesar 605,67 ppm dan 947,19 ppm (Tabel 7.7). Hasil analisis regresi antara dosis biochar bambu pada kompos+phonska (DP₃) dengan K-tersedia didapat hubungan kuadratik $\hat{Y} = 583,5 + 101,9 X - 4,291 X^2$, dengan R² sebesar 95,70%, dosis optimum biochar 11,87 t ha⁻¹ dan K-tersedia maksimum sebesar 1186,46 ppm (Gambar 7.4).

Tabel 7.7. Rata-rata K-tersedia pada interaksi dosis biochar dengan jenis pupuk

Perlakuan	Jenis Pupuk (P)			
	Tanpa Pupuk (P ₀)	Kompos (P ₁)	Phonska (P ₂)	Kompos+Phonska (P ₃)
<u>Dosis Biochar (D)</u>	----- ppm -----			
0 t ha ⁻¹ (D ₀)	444,07 d C	746,98 b A	331,41 c D	605,67 d B
5,26 t ha ⁻¹ (D ₁)	674,56 c C	997,94 a A	710,76 b C	934,42 c B
10,52 t ha ⁻¹ (D ₂)	947,19 b C	1010,59 a B	695,08 b D	1247,02 a A
15,78 t ha ⁻¹ (D ₃)	1026,34 a B	1046,57 a AB	1018,34 a B	1100,93 b A
BNT 0,05	56,10			

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama ke arah vertikal dan huruf kapital yang sama ke arah horisontal adalah tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%





Gambar 7.4. Hubungan interaksi antara dosis biochar dengan kompos+phonska terhadap K-tersedia

Kapasitas Tukar Kation (KTK) dan Kejenuhan Basa (KB)

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa interaksi antara dosis biochar dengan jenis pupuk (DxP) berpengaruh tidak nyata ($P \geq 0,05$) terhadap KTK dan KB tanah. Perlakuan dosis biochar (D) berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap KTK dan KB, sedangkan perlakuan jenis pupuk (P) berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap KTK dan sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap KB tanah. Rata-rata KTK dan KB tanah pada perlakuan dosis biochar dengan jenis pupuk disajikan pada Tabel 7.8.

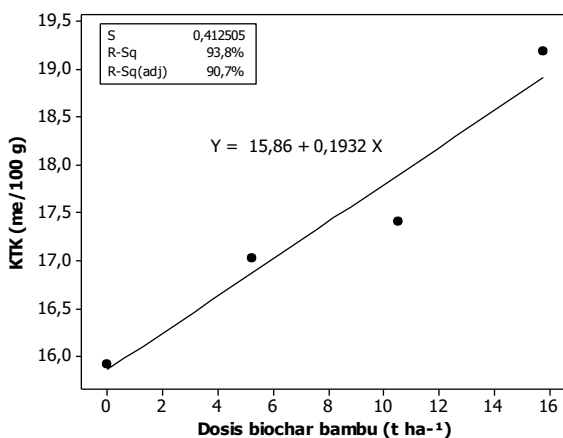
Tabel 7.8 menunjukkan bahwa KTK tertinggi diperoleh pada biochar dosis 15,78 t ha⁻¹ (D₃) sebesar 19,18 me/100g tanah yang berbeda nyata dengan KTK terendah yang diperoleh pada perlakuan tanpa biochar 0 t ha⁻¹ (D₀) sebesar 15,92 me/100g tanah, sedangkan KB tertinggi diperoleh pada dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ (D₂) yang berbeda nyata dengan KB terendah pada perlakuan dosis biochar 15,78 t ha⁻¹ (D₃) sebesar 34,54%. Hasil analisis regresi antara dosis biochar dengan KTK tanah didapat hubungan linier dengan persamaan garis regresi : $\hat{Y} = 15,86 + 0,1932 X$, dengan R² sebesar 93,80% (Gambar 7.5).



Tabel 7.8. Rata-rata KTK dan KB pada perlakuan dosis biochar dan jenis pupuk

Perlakuan	KTK (me/100g)	KB (%)
<u>Dosis Biochar</u>		
0 t ha ⁻¹ (D ₀)	15,92 b	42,80 ab
5,26 t ha ⁻¹ (D ₁)	17,02 b	44,53 ab
10,52 t ha ⁻¹ (D ₂)	17,40 ab	53,20 a
15,78 t ha ⁻¹ (D ₃)	19,18 a	34,54 b
BNT 5%	2,30	12,72
<u>Jenis Pupuk</u>		
Tanpa pupuk (P ₀)	16,10 b	30,63 b
Kompos (P ₁)	19,06 a	44,31 a
Phonska (P ₂)	17,57 ab	44,98 a
Kompos + Phonska (P ₃)	16,79 b	55,14 a
BNT 5%	2,30	12,72

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama adalah tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%



Gambar 7.5. Hubungan dosis biochar bambu dengan KTK tanah



Total mikroba tanah

Hasil analisis statistik terhadap total mikroba tanah didapatkan bahwa interaksi dosis biochar dengan jenis pupuk (DxP), perlakuan dosis biochar (D) berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$), dan perlakuan jenis pupuk (P) berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap total mikroba tanah. Rata-rata total mikroba tanah pada interaksi antara dosis biochar dengan jenis pupuk disajikan pada Tabel 7.9.

Tabel 7.9. Pengaruh interaksi dosis biochar dengan jenis pupuk terhadap total mikroba tanah

Perlakuan	Jenis Pupuk (P)			
	Tanpa Pupuk (P ₀)	Kompos (P ₁)	Phonska (P ₂)	Kompos+Phonska (P ₃)
<u>Dosis Biochar (D)</u>	(10 ⁶ x cfu ml ⁻¹)			
0 t ha ⁻¹ (D ₀)	2,17 c B	2,32 c B	3,17 b A	3,63 a A
5,26 t ha ⁻¹ (D ₁)	3,27 b A	3,50 b A	3,87 a A	3,42 ab B
10,52 t ha ⁻¹ (D ₂)	3,97 a A	3,52 b A	3,47 ab A	3,72 a A
15,78 t ha ⁻¹ (D ₃)	2,47 c C	4,22 a A	3,32 ab B	2,85 b BC
BNT 0,05	0,68			

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama ke arah vertikal dan huruf kapital yang sama ke arah horisontal adalah tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%

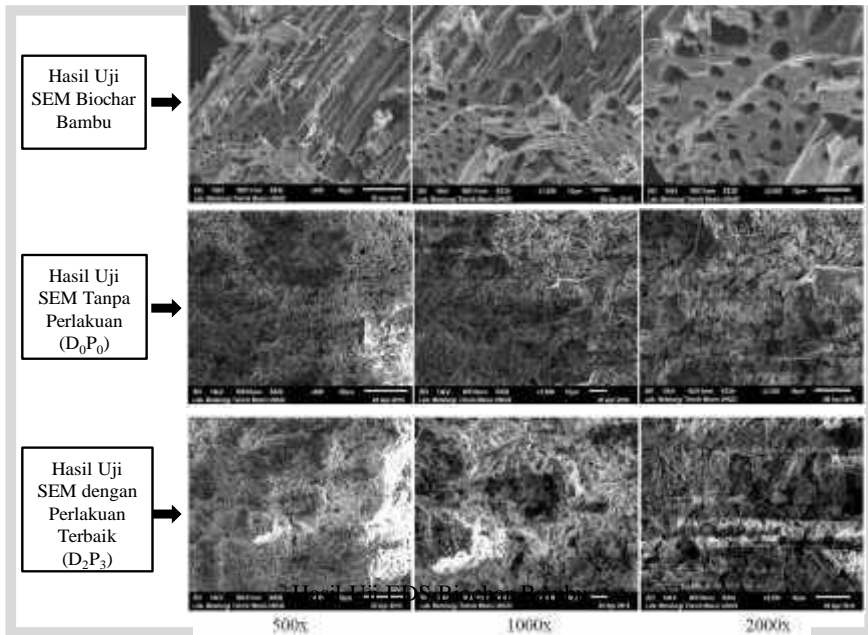
Berdasarkan Tabel 7.9, total mikroba tertinggi diperoleh pada interaksi dosis biochar 15,78 t ha⁻¹ dengan jenis pupuk kompos (D₃P₁) sebesar 4,22 x 10⁶ cfu ml⁻¹ yang berbeda nyata dengan dengan hasil terendah pada interaksi antara tanpa biochar dengan dengan kompos (D₀P₁) dan interaksi antara dosis biochar 15,78 t ha⁻¹ dengan tanpa pupuk (D₃P₀) berturut-turut 2,32 x 10⁶ cfu ml⁻¹ dan 2,47 x 10⁶ cfu ml⁻¹. Interaksi biochar 10,52 t ha⁻¹ dengan jenis kompos+phonska (D₂P₃) memberikan total mikroba tertinggi 3,72 x 10⁶ cfu ml⁻¹. Total Mikroba terendah dalam penelitian ini didapat pada interaksi antara tanpa biochar dengan tanpa pupuk (D₀P₀) sebanyak 2,17 x 10⁶ cfu ml⁻¹.



Morfologi Permukaan dan Unsur Penyusun Biochar Bambu

Alat *Scanning Electron Microscope* (SEM) yang digunakan dalam penelitian ini adalah salah satu tipe mikroskop elektron yang mampu menghasilkan resolusi tinggi dari gambaran suatu permukaan sampel.

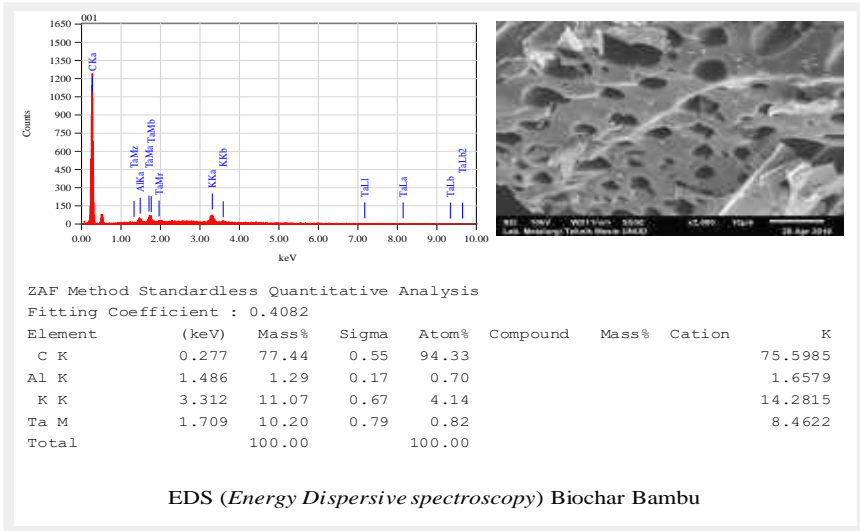
Penggunaan mikroskop elektron SEM pada pembesaran 500x, 1000x, dan 2000x terhadap biochar, tanah tanpa perlakuan, dan tanah dengan perlakuan terbaik diperoleh hasil gambar morfologi dengan struktur pori mikro yang berbeda di permukaan (Gambar 7.6, 7.7, 7.8).



Gambar 7.6. Hasil uji SEM pembesaran 500x, 1000x, dan 2000x pada biochar bambu, tanah tanpa perlakuan (D_0P_0), dan tanah dengan perlakuan terbaik (D_2P_3)

Gambar SEM mempunyai karakteristik secara kualitatif dalam dua dimensi karena menggunakan elektron sebagai pengganti gelombang cahaya serta berguna untuk menentukan struktur permukaan sampel. Material yang dikarakterisasi SEM berupa lapisan tipis yang memiliki ketebalan 20 μm dari permukaan. Gambar topografi permukaan

berupa tonjolan, lekukan dan ketebalan lapisan tipis dari penampang melintangnya (Mulder, 1996 *dalam* Cahyana *et al.*, 2014).



Gambar 7.7. Hasil uji EDS pada biochar bambu

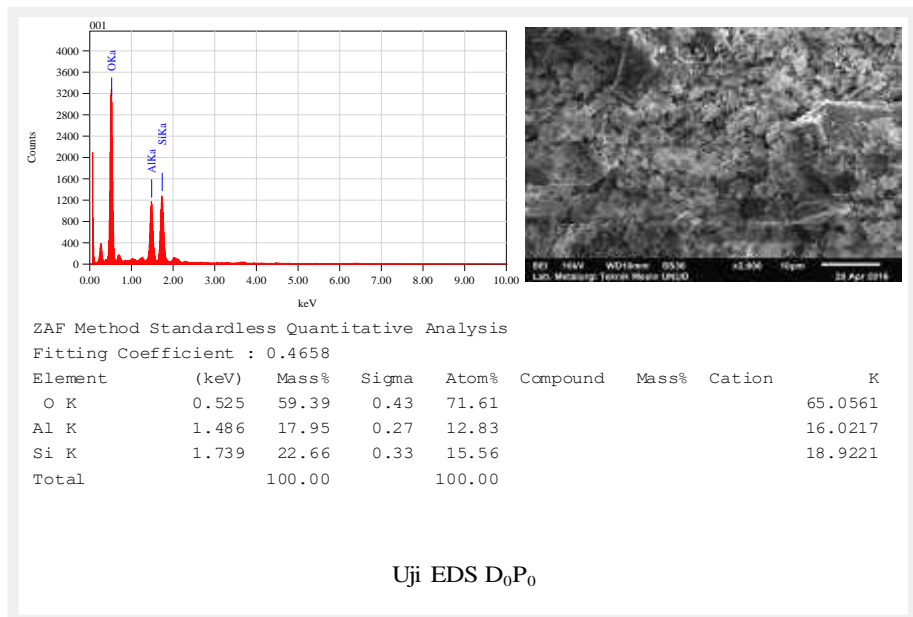
Alat SEM umumnya dilengkapi dengan EDS. EDS dihasilkan dari Sinar X karakteristik, yaitu dengan menembakkan sinar X pada posisi yang ingin diketahui komposisinya. Setelah ditembakkan pada posisi yang diinginkan maka akan muncul puncak-puncak tertentu yang mewakili suatu unsur yang terkandung. Gambar 7.7 menunjukkan hasil analisis kuantitatif EDS biochar bambu, terlihat unsur C memberikan nilai tertinggi yaitu 77,44% diikuti unsur K, Ta, dan Al masing-masing 11,07%, 10,20% dan 1,29%. Kandungan karbon (C) tergolong sangat tinggi, sedangkan unsur penyusun lainnya seperti kalium (K), tantalum (Ta), dan aluminium (Al) tergolong rendah.

Permukaan biochar pada SEM pembesaran 2000x terlihat morfologi biochar dengan luas permukaan yang besar dan struktur pori mikro yang tersebar di permukaan. Pori-pori biochar ini menyebabkan membaiknya sistem aerasi dan draenasi, serta meningkatnya

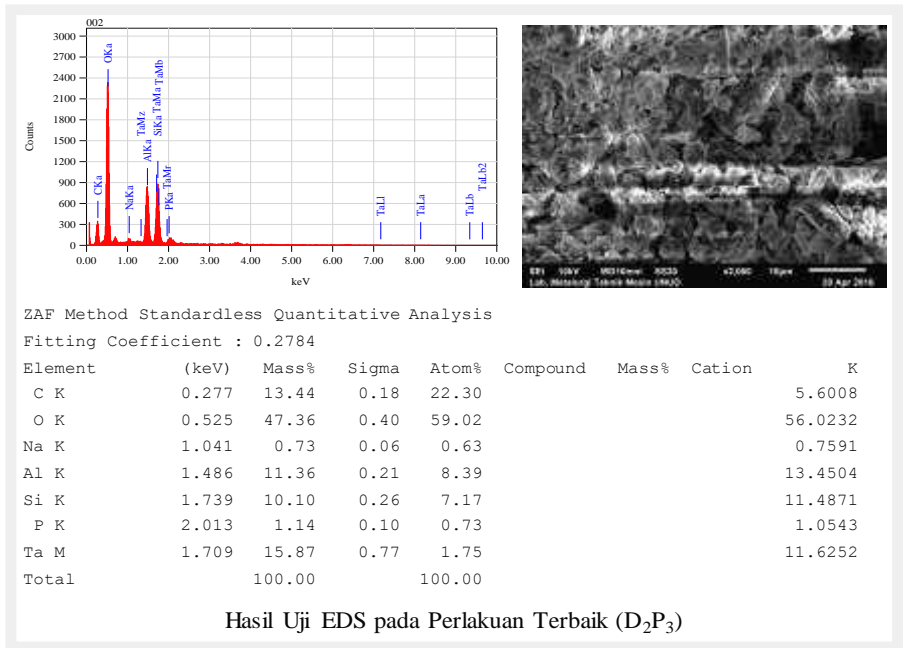


kemampuan tanah menyerap ion dan air di dalam tanah. Stabilitas biochar yang lebih tinggi terhadap dekomposisi dan mampu menyerap ion dan air dengan baik dibandingkan bahan organik lainnya karena luas permukaan besar (Liang *et al.*, 2006; Lehmann, 2007). Hua *et al.* (2009) menambahkan bahwa biochar bambu memiliki struktur yang sangat mikroporous, dengan efisiensi adsorpsi sekitar 10 kali lebih tinggi dari biochar kayu tradisional.

Analisis kuantitatif EDS pada tanah tanpa perlakuan (D_0P_0), menunjukkan unsur persentase tertinggi diperoleh pada unsur O sebesar 59,39% diikuti unsur Si dan Al masing-masing 22,66% dan 17,95%, sedangkan unsur penyusun tanah pada perlakuan terbaik D_2P_3 , persentase tertinggi diperoleh pada unsur O sebesar 47,36% diikuti unsur Ta, C, Al, Si, P, dan Na masing-masing 15,87%, 13,44%, 11,36%, 10,10%, 1,14% dan 0,73% (Gambar 7.8).



Gambar 7.8. Hasil uji EDS tanah tanpa perlakuan (D_0P_0)



Gambar 7.9. Hasil uji EDS tanah dengan perlakuan terbaik (D_2P_3)

Hasil terbaik pada formulasi biochar dengan kompos dan phonska (D_2P_3) juga didukung oleh hasil analisis SEM pembesaran 2000x yang memperlihatkan morfologi permukaannya dengan sebaran pori mikro dan EDS yang memperlihatkan pemetaan unsur penyusunnya yang lebih baik (Gambar 7.9) dibandingkan hasil analisis SEM dan EDS pada tanah tanpa perlakuan (D_0P_0).

Hasil analisis kuantitatif EDS dengan persentase unsur O sebesar 47,36% pada perlakuan D_2P_3 (Gambar 7.9) menunjukkan proses oksidasi atau sirkulasi udara di dalam tanah berlangsung baik akibat menurunnya berat volume dan meningkatnya porositas tanah. Unsur penyusun tanah pada perlakuan D_2P_3 terlihat lebih banyak dan beragam dibandingkan dengan tanah tanpa perlakuan (D_0P_0), kondisi ini menunjukkan bahwa formulasi biochar 10,52 t ha⁻¹ dengan jenis pupuk kompos+phonska (D_2P_3) telah menyebabkan terjadinya perubahan sifat-sifat tanah dan kualitas tanah secara keseluruhan menjadi lebih



baik. Atkinson *et al.* (2010), penurunan berat volume tanah oleh biochar dapat menjadi salah satu indikator dari peningkatan struktur tanah atau agregasi, dan aerasi. Semakin tinggi total porositas (pori makro dan mikro) semakin tinggi kualitas tanah fisik karena pori mikro terlibat dalam adsorpsi molekul dan transportasi sementara pori makro mempengaruhi aerasi dan hidrologi. Chan *et al.* (2007), menambahkan bahwa dengan adanya pori, luas permukaan dan daya serap alami biochar yang tinggi terhadap hara dan air serta kemampuan biochar untuk bertindak sebagai media untuk mikroorganisme diidentifikasi sebagai alasan utama biochar sebagai bahan untuk memperbaiki sifat fisik tanah.

B. Kualitas tanah

Penilaian kualitas tanah dalam penelitian ini menggunakan *soil quality rating* (SQR), yaitu peringkat kualitas tanah yang dihitung berdasarkan penjumlahan bobot nilai indikator kualitas tanah yang terpilih sebagai minimum data set (Lal, 1994). Hasil pengukuran SQR atau rating kualitas tanah masing-masing perlakuan kombinasi dosis biochar dan dengan jenis pupuk (DP) pada tanah setelah penelitian dapat dilihat pada Tabel 7.10.

Tabel 7.10 menunjukkan bahwa nilai SQR berkisar dari 18-23. Nilai SQR terendah 18 dengan status keberlanjutan sangat baik (*highly sustainable*) diperoleh pada dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ dengan jenis pupuk kompos dan phonska (D₂P₃), sedangkan SQR tertinggi 23 dengan status baik diperoleh pada perlakuan tanpa biochar dan pupuk (D₀P₀) dan dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ dan tanpa pupuk (D₂P₀). Berdasarkan Tabel 7.10 juga dapat diketahui perlakuan tanpa biochar dan pupuk (D₀P₀), dosis biochar 5,26 t ha⁻¹ dan tanpa pupuk (D₁P₀), dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ dan tanpa pupuk (D₂P₀), dosis biochar 15,78 t ha⁻¹ dan tanpa pupuk (D₃P₀) memberikan nilai SQR tertinggi, namun setelah dosis biochar dikombinasikan dengan berbagai jenis pupuk kompos (P₁), phonska (P₂) dan kompos+phonska (P₃) terlihat nilai SQR menurun menjadi lebih rendah.



Tabel 7.10. Rating kualitas tanah masing-masing perlakuan kombinasi dosis biochar dan jenis pupuk pada tanah setelah penelitian

Perlakuan	Indikator kualitas tanah										SQR	Status
	KA	Tt	BV	Pt	pH	C	N,P,K	KTK	KB	TM		
D ₀ P ₀	4	3	1	1	1	2	2	4	4	1	23,00	baik
D ₀ P ₁	3	3	1	1	1	2	2	3	4	1	21,00	baik
D ₀ P ₂	3	3	1	1	1	2	2	3	3	1	20,00	baik
D ₀ P ₃	3	3	1	1	1	2	2	4	2	1	20,00	baik
D ₁ P ₀	3	3	1	1	1	2	2	4	3	1	21,00	baik
D ₁ P ₁	3	3	1	1	1	2	2	3	3	1	20,00	baik
D ₁ P ₂	3	3	1	1	1	2	2	3	3	1	20,00	baik
D ₁ P ₃	3	3	1	1	1	2	2	4	2	1	20,00	baik
D ₂ P ₀	3	3	1	1	1	2	3	4	4	1	23,00	baik
D ₂ P ₁	3	3	1	1	1	2	2	3	2	1	19,00	sangat baik
D ₂ P ₂	3	3	1	1	1	2	2	3	3	1	20,00	baik
D ₂ P ₃	3	3	1	1	1	2	2	3	1	1	18,00	sangat baik
D ₃ P ₀	3	3	1	1	1	2	2	4	4	1	22,00	baik
D ₃ P ₁	3	3	1	1	1	2	2	3	3	1	20,00	baik
D ₃ P ₂	3	3	1	1	1	2	2	3	3	1	20,00	baik
D ₃ P ₃	3	3	1	1	1	2	2	3	4	1	21,00	baik

Keterangan:

D₀ (tanpa biochar), D₁ (5,26 t ha⁻¹), D₂ (10,52 t ha⁻¹), D₃ (15,78 t ha⁻¹), P₀ (tanpa pupuk), P₁ (kompos), P₂ (phonska), dan P₃ (kompos+phonska), KA = kadar air, Tt= tekstur tanah, BV= berat volume, Pt= porositas tanah, KTK= kapasitas tukar kation, KB= kejenuhan basa, TM= total mikroba, *Soil Quality Rating* (SQR): <20 = sangat baik, 20-25 = baik, 25-30 = sedang, 30-40 = buruk, >40= sangat buruk.

Hasil pengukuran rating kualitas tanah perlakuan tunggal dosis biochar (D) dan jenis pupuk (P) pada tanah setelah penelitian dapat dilihat pada Tabel 7.11. Dari Tabel 7.11 menunjukkan bahwa indeks kualitas tanah pada dosis biochar berkisar antara 19-21. Status kualitas tanah sangat baik dengan nilai SQR terendah 19 diperoleh pada dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ (D₂) dan status baik yaitu dengan nilai SQR 21 pada tanpa biochar (D₀) dan dosis biochar 15,78 t ha⁻¹ (D₃). Rating kualitas tanah pada perlakuan jenis pupuk dengan nilai SQR berkisar antara 20-22. Nilai SQR terendah



20 diperoleh pada jenis pupuk kompos (P₁), jenis pupuk phonska (P₂) dan kompos+phonska (P₃) masing-masing dengan status baik, serta SQR tertinggi pada tanpa pupuk (P₀) sebesar 22. Penilaian kualitas tanah sebelum penelitian didapatkan nilai SQR 26 dengan status sedang yang artinya memerlukan input yang tinggi dalam penggunaan lahan, yang menurun menjadi nilai SQR 18 dan 19 dengan status sangat baik setelah percobaan berbagai dosis biochar dan jenis pupuk (Tabel 7.10 dan 7.11).

Tabel 7.11. Rating kualitas tanah pada perlakuan dosis biochar (D) dan jenis pupuk (P) pada tanah setelah penelitian

Perlck.	Indikator kualitas tanah										SQR	Status
	KA	Tt	BV	Pt	pH	C	N,P,K	KTK	KB	TM		
Dosis Biochar												
D ₀	3	3	1	1	1	2	2	4	3	1	21,00	baik
D ₁	3	3	1	1	1	2	2	3	3	1	20,00	baik
D ₂	3	3	1	1	1	2	2	3	2	1	19,00	sangat baik
D ₃	3	3	1	1	1	2	2	3	4	1	21,00	baik
Jenis Pupuk												
P ₀	3	3	1	1	1	2	2	4	4	1	22,00	baik
P ₁	3	3	1	1	1	2	2	3	3	1	20,00	baik
P ₂	3	3	1	1	1	2	2	3	3	1	20,00	baik
P ₃	3	3	1	1	1	2	2	4	2	1	20,00	baik

Keterangan:

KA = kadar air, Tt= tekstur tanah, BV= berat volume, Pt= porositas tanah, KTK= kapasitas tukar kation, KB= kejenuhan basa, TM= total mikroba, Soil Quality Rating (SQR): <20 = sangat baik, 20-25 = baik, 25-30 = sedang, 30-40 = buruk, >40= sangat buruk.

C. Karakteristik Sifat-sifat Tanah dan Kualitas Tanah di Lahan Kering

Berdasarkan hasil analisis tanah, beberapa sifat tanah yang harus diperbaiki adalah kandungan C-organik dan KTK yang masih tergolong sedang, kadar N-total yang rendah, K-tersedia dan DHL tanah yang masih sangat rendah. Kondisi tanah ini dapat diperbaiki kesuburan tanahnya dengan pemberian biochar dan kompos yang kaya karbon, sedangkan



untuk memperbaiki rendahnya hara N dan K tersedia dapat dilakukan dengan pemberian pupuk NPK phonska. Berdasarkan hasil evaluasi status tanah di atas maka sifat-sifat tanah di lahan kering berpotensi untuk diperbaiki dengan pemberian biochar, pupuk kompos dan phonska. Glaser *et al.* (2002), pengkayaan tanah dengan karbon melalui penambahan biochar berpengaruh positif terhadap stabilitas agregat tanah, KTK, kandungan C-organik, retensi air dan hara tanah.

Hasil analisis biochar dan kompos menunjukkan bahwa biochar memiliki pH H₂O adalah netral, sedangkan tingkat dekomposisi C/N, kandungan K-tersedia, Ca, dan Mg relatif lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk kompos. Sebaliknya pupuk kompos memiliki DHL, C-organik, N-total, bahan organik, P-tersedia, Na, dan kadar air relatif lebih tinggi dibandingkan dengan biochar. Kompos dan biochar yang digunakan sebagai bahan organik dan pembenah tanah memiliki karakteristik yang berbeda, baik kandungan hara maupun proses dekomposisinya di dalam tanah. Berbeda dengan bahan organik segar yang mudah terdekomposisi, kompos adalah hasil akhir dari proses dekomposisi bahan organik yang relatif stabil sehingga laju dekomposisi selanjutnya relatif lambat. Dekomposisi yang berjalan lambat menyebabkan pemberian kompos dapat meningkatkan C-organik, melepaskan unsur hara makro N, P, K, dan unsur hara mikro di dalam tanah. Tingkat dekomposisi biochar dengan C/N sangat tinggi yaitu 51,33 dan kompos C/N tinggi yaitu 18,91. Hal ini menunjukkan bahwa proses dekomposisi biochar berlangsung sangat lambat dan lama bahkan sampai ratusan tahun dibanding dengan kompos. Dekomposisi yang lambat ini disebabkan karena biochar mengandung C-organik struktur aromatik yang rekalsitran (Lehmann *et al.*, 2006). Sifat rekalsitran biochar yaitu lebih tahan terhadap oksidasi dan lebih stabil dalam tanah sehingga memiliki pengaruh jangka panjang terhadap perbaikan kualitas tanah (Steiner *et al.*, 2007). Berdasarkan evaluasi karakteristik biochar dan kompos dapat diketahui bahwa biochar dan kompos berpotensi untuk memperbaiki sifat-sifat tanah di lahan kering sehingga pengujian biochar dan kompos terhadap tanaman jagung dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya.



Pemberian dosis biochar 10,52 hingga 15,78 t ha⁻¹ telah menyebabkan terjadinya perbaikan beberapa sifat fisika tanah yang diamati seperti kadar air, berat volume, porositas, dan tekstur tanah. Kadar air tertinggi (9,80%) yang diperoleh pada dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ meningkat sebesar 17,03% dibandingkan dengan perlakuan tanpa biochar 8,34%. Meningkatnya kadar air tanah pada dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ disebabkan karena menurunnya berat volume tanah dan meningkatnya porositas tanah. Sejalan dengan Steiner *et al.* (2007) bahwa aplikasi biochar menurunkan kepadatan tanah, meningkatkan porositas dan kandungan air tanah. Semakin besar nilai porositas tanah maka semakin besar pula daya simpan air secara maksimum oleh tanah. Chan *et al.*, (2007) melaporkan bahwa kandungan air kapasitas lapang meningkat secara signifikan setelah aplikasi biochar.

Berat volume terbaik diperoleh pada dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ sebesar 0,89 g cm³ menurun sebesar 7,29% dibandingkan dengan hasil biochar tertinggi pada tanpa biochar sebesar 0,96 g cm³, sebaliknya pada porositas tanah tertinggi (67,23 %) diperoleh pada dosis biochar 15,78 t ha⁻¹ meningkat sebesar 5,53% dibandingkan dengan hasil biochar terendah pada tanpa biochar (63,71%). Menurunnya berat volume tanah disebabkan karena adanya pembentukan agregat tanah yang didukung oleh senyawa cincin aromatis (C=C) dan gugus karboksilat (O-H) yang tinggi pada biochar (Sujana, 2014). Menurut Glaser *et al.* (2002) pembentukan agregat tanah karena adanya organo mineral yang ada di ujung kerangka aromatis dari biochar yang membentuk gugus karboksilat. Menurunnya berat volume tanah dan meningkatnya porositas tanah juga disebabkan luasnya permukaan biochar sejalan dengan hasil analisis SEM pembesaran 2000x. Luas permukaan biochar yang besar menyebabkan biochar sering dipakai sebagai absorben dibanding bahan absorben lainnya (Thies dan Rillig, 2009). Karakteristik tanah sebelum dan sesudah penelitian ber-tekstur lempung berpasir. Tekstur lempung berpasir umumnya membentuk sebaran pori makro dan mikro yang tersusun rapat dan kompak menyebabkan nilai berat volume tanah menurun dan menaikkan porositas tanah sejalan dengan hasil analisis SEM pembesaran 2000x pada perlakuan



terbaik D₂P₃. Aplikasi Biochar dapat mengurangi berat volume dari tanah yang berbeda (Laird *et al.*, 2010; Chen *et al.*, 2011). Atkinson *et al.* (2010) melaporkan bahwa penurunan berat volume tanah oleh biochar dapat menjadi salah satu indikator dari peningkatan struktur tanah atau agregasi, dan aerasi. Semakin tinggi total porositas (pori makro dan mikro) semakin tinggi kualitas tanah fisik karena pori mikro terlibat dalam adsorpsi molekul dan transportasi sementara pori makro mempengaruhi aerasi dan hidrologi. Chan *et al.* (2007) melaporkan bahwa adanya pori, luas permukaan dan daya serap alami biochar yang tinggi terhadap hara dan air serta kemampuan biochar untuk bertindak sebagai media untuk mikroorganisme diidentifikasi sebagai alasan utama biochar sebagai bahan untuk memperbaiki sifat fisik tanah.

Kandungan C-organik merupakan variabel sifat kimia penting karena berkaitan dengan biochar yang kaya karbon dan sifat rekalsitran biochar yang sukar lapuk. Dari hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian biochar berpengaruh sangat nyata terhadap C-organik tanah. Hasil tertinggi C-organik yaitu 4,00% diperoleh pada biochar dosis 5,26 t ha⁻¹ nyata meningkat sebesar 30,36% dibandingkan perlakuan tanpa biochar yaitu 3,63%. Tingginya kandungan C-organik pada biochar dosis 5,26 t ha⁻¹ disebabkan sifat rekalsitran biochar yang tahan degradasi dan sangat stabil didalam tanah sehingga proses dekomposisinya berlangsung sangat lama. Menurut Stephen (2004) senyawa aromatik dengan struktur cincin dan ikatan rangkap C bersifat stabil dan tahan terhadap degradasi. Hammond *et al.* (2007) menambahkan bahwa biochar yang mengandung senyawa aromatik dan bersifat rekalsitran mampu mempertahankan stabilitas C dalam tanah dan berumur lama.

Joseph *et al.* (2010) menjelaskan bahwa mekanisme reaksi pada permukaan biochar, dapat berlangsung di dalam dan di luar permukaan biochar. Proses oksidasi di permukaan biochar menyebabkan interaksi dengan berbagai senyawa organik dan anorganik di tanah meningkat. Reaksi biochar dengan bahan mineral (anorganik) dapat mendukung sifat fisik biochar untuk stabilitas jangka panjang. Interaksi biochar dengan akar di bawah permukaan dapat terjadi melalui penyerapan nutrisi dan



pelepasan eksudat akar yang menyebabkan meningkatnya reaksi kompleksasi dan aktivitas mikroba di rizosfer. Mekanisma ini pada pemeriksaan mikroskop dan spektroskopi terlihat pada permukaan biochar tersebut secara perlahan mendegradasi melalui proses biotik dan abiotik melepas organik dan mineral selama penuaan biochar.

Karbon tanah mempengaruhi kualitas tanah, seperti stabilitas agregat (sifat fisik), ketersediaan hara (sifat kimia), dan aktivitas mikroorganisma tanah (sifat biologi). Pemberian biochar dosis 5,26 hingga 15,78 t ha⁻¹ pada berbagai jenis pupuk telah menyebabkan perbaikan beberapa sifat kimia dan biologi tanah, seperti pH, DHL, bahan organik, N-total, rasio C/N, P-tersedia, K-tersedia, KTK, KB, dan total mikroba tanah.

Perbaikan sifat kimia dan biologi tanah pada pemberian berbagai dosis biochar disebabkan karena meningkatnya kemampuan tanah dalam menyerap hara dan membaiknya kehidupan mikroorganisma di dalam tanah. Liang *et al.* (2006), menyatakan bahwa penggunaan biochar dapat meningkatkan pH tanah, KB, dan KTK tanah. Lehmann (2007) menambahkan semakin tinggi kandungan N, P, K, pada tanah yang diberi biochar menunjukkan adanya kontribusi positif pembenah organik terhadap perbaikan ketersediaan hara tanah. Biochar dapat meningkatkan C-organik, KTK, ketersediaan hara P dan K di dalam tanah (Steiner *et al.*, 2007) dan meningkatkan populasi dan aktivitas biologi tanah (Rondon *et al.*, 2007). Widowati *et al.* (2010) menambahkan bahwa biochar dapat meningkatkan status kesuburan tanah, terutama meningkatkan C-organik, N, K dan KTK tanah.

Salah satu faktor yang menentukan kualitas tanah adalah kandungan bahan organik tanah. Kandungan bahan organik tanah tertinggi diperoleh pada dosis biochar 5,26 t ha⁻¹ yaitu 6,90 % meningkat sebesar 10,05 % dibandingkan dengan hasil terendah pada tanpa biochar yaitu 6,27 %. Tanah dengan kandungan dan kualitas bahan organik yang tinggi akan memberikan kondisi tumbuh dan berkembang yang baik bagi tanaman jagung. Hal ini disebabkan oleh peranan bahan organik dalam memperbaiki sifat-sifat fisika, kimia, dan biologi tanah. Peranannya terhadap sifat fisika tanah diantaranya agar stabilitas agregat struktur tanah, distribusi



ukuran pori dan kapasitas menyimpan air tetap terjaga. Peranan bahan organik terhadap sifat kimia tanah yaitu dapat meningkatkan KTK, dan dalam proses dekomposisi yang dilakukan mikroorganisma tanah akan melepaskan N, P, S dan beberapa unsur hara mikro yang sangat dibutuhkan tanaman. Nurmi (2003) menambahkan, bahan organik dapat mengimmobilisasi bahan kimia buatan yang berdampak merugikan bagi pertumbuhan tanaman, mengkomplek logam-logam berat, meningkatkan kapasitas sanga tanah dan meningkatkan aktivitas mikroorganisma di dalam tanah.

Pemberian biochar yang menyebabkan perubahan sifat-sifat tanah menjadi lebih baik, seperti dibahas pada uraian di atas sekaligus juga dapat dinilai perubahan sifat-sifat tanah tersebut dengan menggunakan penilaian kualitas tanah. Berdasarkan sifat-sifat tanah tersebut dipilih 10 minimum data set sebagai indikator kualitas tanah, kemudian diberi nilai faktor pembobotan relatif atau *Relative Weighing Factor* (RWF) indikator kualitas tanah. Indikator kualitas tanah untuk masing-masing variabel diberi nilai bobot 1-5 dari sangat baik (1) sampai dengan sangat buruk (5), kemudian ke 10 MDS tersebut dijumlahkan sehingga diperoleh *indeks rating comulative* indikator tanah yang merupakan rating kualitas tanah atau *Soil Quality Rating* (SQR). Nilai SQR tertinggi diperoleh pada kombinasi perlakuan tanpa biochar dan pupuk (D_0P_0) dan dosis biochar $10,52 \text{ t ha}^{-1}$ dan tanpa pupuk (D_2P_0), sedangkan nilai SQR terendah 18 dengan status SQR sangat baik diperoleh pada kombinasi biochar $10,52 \text{ t ha}^{-1}$ dengan jenis pupuk gabungan kompos dan phonska (D_2P_3). Semakin rendah nilai SQR maka semakin baik indeks keberlanjutan (*sustainability index*) bagi usahatani jagung di lahan kering, sebaliknya semakin tinggi nilai SQR maka semakin buruk indeks keberlanjutannya.

Rendahnya nilai rating kualitas tanah atau sangat baiknya kualitas tanah pada formulasi dosis biochar $10,52 \text{ t ha}^{-1}$ yang dikombinasikan dengan jenis pupuk kompos dan phonska (D_2P_3) disebabkan karena adanya perbaikan sifat-sifat tanah pada perlakuan D_2P_3 yang telah memberikan keseimbangan dan kecukupan unsur hara yang dibutuhkan tanaman jagung. Kualitas tanah pada D_2P_3 didukung oleh hasil analisis



SEM pembesaran hingga 2000x terlihat susunan pori mikro dengan luas permukaan yang lebih besar pada morfologi atau permukaan perlakuan D_2P_3 semakin membaik dibanding tanpa perlakuan D_0P_0 . Permukaan tanah D_2P_3 pada SEM pembesaran hingga 2000x terlihat dengan susunan rongga pori mikro dan makro tersebar dengan jumlah relatif banyak di permukaan tanah. Rongga pori tanah yang banyak ini menyebabkan tanah lebih porous dan lebih gembur. Dengan kondisi ini, maka pemberian formulasi $10,52 \text{ t ha}^{-1}$ dengan jenis pupuk kompos+phonska (D_2P_3) ke dalam tanah dapat memperbaiki kualitas sifat fisik tanah, melalui retensi hara dan air di dalam pori tanah. Perbaikan kualitas tanah akibat pemberian biochar, didukung oleh karakteristik fisik permukaan biochar pada SEM pembesaran 2000x terlihat jelas morfologi biochar dengan luas permukaan yang besar dan struktur pori mikro yang tersebar di permukaan biochar. Pori-pori biochar yang sangat porous ini menyebabkan membaiknya sistem aerasi dan drainasi, serta meningkatnya kemampuan tanah menyerap ion dan air di dalam tanah. Biochar memiliki karakteristik stabilitas yang lebih tinggi terhadap dekomposisi dan mampu menyerap ion dan air dengan baik dibandingkan bahan organik lainnya, karena luas permukaan yang lebih besar, permukaan negatif, dan kerapatan (Liang *et al.*, 2006; Lehmann, 2007). Hua *et al.* (2009) menambahkan bahwa biochar bambu memiliki struktur yang sangat mikroporous, dengan efisiensi adsorpsi sekitar sepuluh kali lebih tinggi dari biochar kayu tradisional.

Alat SEM yang digunakan dalam penelitian ini adalah salah satu tipe mikroskop elektron yang mampu menghasilkan resolusi tinggi dari gambaran suatu permukaan sampel. Gambar SEM mempunyai karakteristik secara kualitatif dalam dua dimensi karena menggunakan elektron sebagai pengganti gelombang cahaya serta berguna untuk menentukan struktur permukaan sampel. Material yang dikarakterisasi SEM berupa lapisan tipis yang memiliki ketebalan $20 \mu\text{m}$ dari permukaan. Gambar topografi permukaan berupa tonjolan, lekukan dan ketebalan lapisan tipis dari penampang melintangnya (Mulder, 1996 *dalam* Cahyana *et al.*, 2014).



D. Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung

Hasil yang diperoleh dari penelitian pot di rumah kaca menunjukkan bahwa perlakuan dosis 10-15 t ha⁻¹ biochar bambu, 10-30 t ha⁻¹ pupuk kompos, dan 150-450 kg ha⁻¹ phonska memberikan nilai terbaik pertumbuhan tanaman jagung seperti tinggi tanaman, jumlah daun, dan total luas daun. Selanjutnya memasuki fase generatif tanaman jagung, saat keluarnya malai dan rambut tongkol tercepat didapat pada perlakuan dosis 5-15 t ha⁻¹ biochar bambu, 10-30 t ha⁻¹ pupuk kompos dan 300-450 kg ha⁻¹ phonska. Pengukuran biomasa tanaman dan hasil biji setelah panen seperti berat segar tongkol tanpa kelobot, berat biji segar, berat biji pipilan kering kadar air 14%, berat kering oven brangkasan, dan berat kering oven total tanaman dengan hasil terbaik diperoleh pada perlakuan dosis 5-15 t ha⁻¹ biochar bambu, 10-30 t ha⁻¹ pupuk kompos dan 150-450 kg ha⁻¹ phonska.

Berat kering oven total tanaman tertinggi diperoleh pada (1) dosis biochar 10 t ha⁻¹ sebesar 509,31 g meningkat sebesar 23,95% bila dibandingkan dengan tanpa biochar sebesar 410,90 g, (2) dosis kompos 20 t ha⁻¹ sebesar 525,05 g, meningkat sebesar 27,78% bila dibandingkan dengan tanpa perlakuan sebesar 410,90 g, dan (3) dosis phonska 300 kg ha⁻¹ sebesar 563,91 g, meningkat sebesar 37,24% bila dibandingkan dengan tanpa perlakuan sebesar 410,90 g. Selanjutnya untuk mendapatkan hasil yang maksimum pada masing-masing perlakuan biochar, kompos, dan phonska di atas dilakukan penentuan dosis optimum dengan analisis regresi.

Hasil analisis regresi antara dosis biochar bambu dengan berat kering oven total tanaman menunjukkan hubungan kuadratik, dengan persamaan garis regresi: $\hat{Y} = 406,4 + 17,05 X - 0,81 X^2$, dengan R² sebesar 74,00 %, dosis optimum biochar 10,52 t ha⁻¹ dan berat kering oven total tanaman maksimum 496,12 g. Tingginya berat kering oven total tanaman pada perlakuan dosis optimum biochar 10,52 t ha⁻¹ diduga disebabkan biochar sebagai pembenah tanah mampu memperbaiki sifat-sifat tanah. Pengaruh biochar terhadap sifat-sifat tanah yaitu dapat meningkatkan porositas tanah, kapasitas menahan air, KTK, KB, C-organik, nutrisi, dan aktivitas mikroba di dalam tanah. Biochar dapat berfungsi sebagai pembenah tanah,



meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan memasok sejumlah nutrisi yang berguna serta meningkatkan sifat fisik dan biologi tanah (Lehmann dan Rondon, 2005; Steiner et al., 2007). Sifat-sifat tanah ini sangat penting dalam mendorong pertumbuhan awal dan merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman, kondisi ini menyebabkan dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ memberikan tinggi tanaman, jumlah daun, dan total luas daun per tanaman tertinggi. Meningkatnya jumlah daun dan total luas daun dapat meningkatkan laju pertumbuhan dan perkembangan tanaman, karena jumlah cahaya yang dapat di intersepsi dalam proses fotosintesis untuk membentuk bahan kering tanaman akan semakin meningkat. Asimilat yang terbentuk sebagai hasil dari proses fotosintesis akan digunakan untuk pembentukan sel-sel baru dalam proses pertumbuhan dan perkembangan organ-organ vegetatif tanaman serta translokasi fotosintat yang dialirkan ke tongkol untuk pengisian biji.

Hasil analisis regresi antara dosis kompos dengan berat kering oven total tanaman menunjukkan hubungan kuadratik: $\hat{Y} = 411,1 + 11,33 X - 0,2802 X^2$, dengan R² sebesar 82,40%, dosis optimum kompos 20,22 t ha⁻¹ dan berat kering oven total tanaman maksimum 525,63 g. Tingginya berat kering oven total tanaman pada dosis optimum kompos 20,22 t ha⁻¹ diduga disebabkan pupuk kompos mampu memperbaiki sifat-sifat tanah dan kualitas tanah. Pupuk kompos merupakan hasil dekomposisi bahan organik yang dapat berfungsi memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah, seperti peningkatan kapasitas retensi air tanah yang lebih besar, perbaikan porositas tanah, pH, DHL, dan KTK tanah, serta sebagai sumber hara N, P, K, dan C-organik tanah. Novizan (2007), kompos mengandung asam humat yang mampu meningkatkan kapasitas tukar kation, meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah, meningkatkan pH tanah, menyediakan unsur hara makro dan mikro. Menurut Indriani (2008), kompos dapat memperbaiki struktur tanah, menambah daya ikat air tanah, memperbaiki drainase dan tata udara dalam tanah, mempertinggi daya ikat tanah terhadap zat hara, mengandung hara yang lengkap, dan sebagai bahan makanan bagi mikroba. Hasil analisis regresi antara dosis pupuk phonska dengan berat kering oven total tanaman



menunjukkan hubungan kuadrat, dengan persamaan garis regresi: $\hat{Y} = 406,6 + 0,9232 X - 0,001473 X^2$, dengan R^2 sebesar 82,20 %, dosis optimum phonska 313,37 kg ha⁻¹ dan berat kering oven total tanaman maksimum 551,25 g. Tingginya berat kering oven total tanaman pada dosis optimum pupuk phonska 313,37 kg ha⁻¹ disebabkan karena pupuk phonska mampu menyediakan unsur hara NPK untuk pertumbuhan tanaman jagung. Pupuk NPK phonska disebut juga sebagai pupuk majemuk karena mengandung unsur hara utama lebih dari dua jenis, dengan kandungan unsur hara N (15%) dalam bentuk NH₃, P (15%) dalam bentuk P₂O₅ dan K (15%) dalam bentuk (K₂O). Unsur fosfor (P) yang berperan penting dalam transfer energi di dalam sel tanaman, mendorong perkembangan akar dan pembuahan lebih awal, memperkuat batang sehingga tidak mudah rebah, serta meningkatkan serapan N pada awal pertumbuhan. Unsur kalium (K) juga sangat berperan dalam pertumbuhan tanaman untuk memacu translokasi karbohidrat dari daun ke organ tanaman (Agustina, 2004).

Berdasarkan dosis optimum dari biochar sebesar 10,52 t ha⁻¹, kompos sebesar 20,22 t ha⁻¹, dan phonska sebesar 313,37 kg ha⁻¹ yang didapatkan dari hasil penelitian pot, selanjutnya dilakukan penelitian lapang pengujian formulasi dosis optimum biochar yang dikombinasikan dengan kompos dan phonska untuk mendapatkan kualitas tanah terbaik dan hasil tanaman jagung tertinggi. Hasil penelitian lapang menunjukkan bahwa tinggi tanaman dan jumlah daun daun 56 hst tertinggi diperoleh pada perlakuan dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ (D₂) masing-masing dengan nilai 271,25 cm dan 15,13 helai yang berbeda nyata dengan nilai terendah tinggi tanaman dan jumlah daun yang diperoleh pada perlakuan tanpa biochar (D₀) masing-masing 253,78 cm dan 14,49 helai. Indeks luas daun 56 hst belum menunjukkan adanya perbedaan yang nyata pada pemberian berbagai taraf dosis biochar, sedangkan umur keluar malai dan rambut tongkol tercepat diperoleh pada dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ (D₂) masing-masing pada umur 59,49 hst dan 62,17 hst yang berbeda nyata dengan umur keluar malai dan rambut tongkol terlama pada tanpa biochar (D₀) masing-masing pada umur 61,10 hst dan 63,38 hst (Tabel 7.12).



Perlakuan jenis pupuk kompos+phonska (P₃) memberikan nilai tertinggi dari tinggi tanaman 277,23 cm, jumlah daun 15,38 helai dan indeks luas daun 56 hst sebesar 5,27 yang berbeda nyata dengan nilai terendah dari tinggi tanaman 242,03 cm, jumlah daun 14,40 helai dan indeks luas daun 56 hst sebesar 4,66, sedangkan umur keluar malai dan rambut tongkol tercepat diperoleh pada jenis pupuk phonska (P₂) maupun kompos+phonska (P₃) yang berbeda nyata dengan umur keluar malai dan rambut tongkol terlama pada perlakuan tanpa pupuk (P₀) (Tabel 7.12).

Tabel 7.12. Rata-rata umur keluar malai dan rambut tongkol pada perlakuan dosis biochar dan jenis pupuk

Perlakuan	Tinggi Tanaman 56 hst (cm)	Jumlah Daun 56 hst (helai)	Indeks Luas Daun 56 hst	Umur keluar malai (hst)	Umur keluar rambut tongkol (hst)
<u>Dosis Biochar</u>					
0 t ha ⁻¹ (D ₀)	253,78 b	14,49 b	4,78 a	61,10 a	63,38 a
5,26 t ha ⁻¹ (D ₁)	257,93 b	15,00 a	4,97 a	59,96 b	62,64 ab
10,52 t ha ⁻¹ (D ₂)	271,25 a	15,13 a	5,09 a	59,49 b	62,17 b
15,78 t ha ⁻¹ (D ₃)	270,19 a	15,01 a	5,01 a	60,04 b	62,32 b
BNT 5%	11,53	0,33	-	0,95	0,82
<u>Jenis Pupuk</u>					
Tanpa pupuk (P ₀)	242,03 c	14,40 c	4,66 c	61,99 a	64,38 a
Kompos (P ₁)	260,18 b	14,74 b	4,85 bc	61,01 b	63,36 b
Phonska (P ₂)	273,72 a	15,11 a	5,08 ab	58,78 c	61,42 c
Kompos+Phonska (P ₃)	277,23 a	15,38 a	5,27 a	58,81 c	61,35 c
BNT 5%	11,53	0,33	0,26	0,95	0,82

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama adalah tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa berat kering oven akar, berat kering oven brangkas di atas tanah, dan berat segar tongkol tanpa kelobot tertinggi diperoleh pada dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ (D₂) masing-masing 24,23 g, 251,26 g, dan 278,33 g berbeda nyata dengan nilai terendah



berat kering oven akar, berat kering oven brangkasan di atas tanah, dan berat segar tongkol tanpa kelobot diperoleh pada dosis tanpa biochar 0 t ha⁻¹ (D₀) masing-masing 14,48 g, 209,23 g dan 239,72 g. Jumlah tongkol tertinggi cenderung diperoleh pada dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ (D₂) sebanyak 1,43 buah berbeda tidak nyata dengan dosis biochar 0 t ha⁻¹ (D₀), 5,26 t ha⁻¹ (D₁), dan 15,78 t ha⁻¹ (D₃) berturut-turut sebanyak 1,26 buah, 1,33 buah, dan 1,31 buah tongkol. Indeks panen yang merupakan persentase dari perbandingan hasil ekonomi dengan hasil biologis dan ekonomi menunjukkan persentase tertinggi pada dosis 10,52 t ha⁻¹ (D₂) yaitu 39,79% yang berbeda nyata dengan indeks panen terendah pada 15,78 t ha⁻¹ (D₃) yaitu 36,62% (Tabel 7.13).

Tabel 7.13. Rata-rata berat kering oven akar, berat kering oven brangkasan di atas tanah, berat segar tongkol tanpa kelobot, jumlah tongkol, dan indeks panen pada dosis biochar dan jenis pupuk

Perlakuan	Berat kering oven akar	Berat kering oven brangkasan di atas tanah	Berat segar tongkol tanpa kelobot	Jumlah tongkol	Indeks panen
<u>Dosis Biochar</u>	----- (g tan ⁻¹) -----		-----	(buah)	(%)
0 t ha ⁻¹ (D ₀)	14,48 c	209,23 c	239,72 c	1,26 a	37,59 b
5,26 t ha ⁻¹ (D ₁)	21,20 b	228,92 bc	251,94 bc	1,33 a	38,13 ab
10,52 t ha ⁻¹ (D ₂)	24,23 a	251,26 a	278,33 a	1,43 a	39,79 a
15,78 t ha ⁻¹ (D ₃)	21,63 ab	245,45 ab	272,22 ab	1,31 a	36,62 b
BNT 5%	2,66	20,91	21,69	-	2,15
<u>Jenis Pupuk</u>					
Tanpa pupuk (P ₀)	15,08 b	197,76 d	242,92 b	1,18 b	37,61 a
Kompos (P ₁)	20,76 a	222,14 c	252,92 b	1,29 ab	38,53 a
Phonska (P ₂)	22,35 a	246,46 b	262,08 b	1,40 a	38,11 a
Kompos+Phonska (P ₃)	23,36 a	268,51 a	284,31 a	1,46 a	37,87 a
BNT 5%	2,66	20,91	21,69	0,19	-

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama adalah tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%



Perlakuan jenis pupuk kompos+phonska (P_3) memberikan nilai tertinggi dari berat kering oven akar, berat kering oven brangkasan di atas tanah, berat segar tongkol tanpa kelobot, dan jumlah tongkol yang berbeda nyata dengan nilai terendah dari berat kering oven akar, berat kering oven brangkasan di atas tanah, berat segar tongkol tanpa kelobot, dan jumlah tongkol yang diperoleh pada perlakuan dosis tanpa biochar 0 t ha⁻¹ (D_0) berturut-turut dengan nilai 15,08 g, 197,76 g, 242,92 g, dan 1,18 buah tongkol. Indeks panen nilai tertinggi cenderung diperoleh pada jenis pupuk kompos (P_1) 38,53% yang berbeda tidak nyata dengan perlakuan tanpa pupuk (P_0), phonska (P_2), dan kompos+phonska (P_3) masing-masing sebesar 37,61%, 38,11%, dan 37,87% (Tabel 7.13).

Berat kering oven total tanaman tertinggi diperoleh pada interaksi dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ dengan pupuk kompos+phonska (D_2P_3) 485,36 g berbeda nyata dengan berat kering oven total tanaman pada interaksi antara dosis biochar 15,78 t ha⁻¹ dan kompos+phonska (D_3P_3), interaksi antara tanpa biochar dengan kompos+phonska (D_0P_3), dan interaksi antara dosis biochar 5,26 t ha⁻¹ dengan kompos+phonska (D_2P_3) masing-masing sebesar 357,64 g, 376,67 g, dan 405,14 g (Tabel 7.14).

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian pada Tabel 7.14 terlihat bahwa berat 1000 biji kering kadar air 14% tertinggi diperoleh pada perlakuan interaksi antara dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ dengan jenis kompos+phonska (D_2P_3) sebesar 296,12 g yang berbeda nyata dengan 1000 biji kering kadar air 14% pada perlakuan interaksi antara dosis biochar 15,78 t ha⁻¹ dengan jenis kompos+phonska (D_3P_3) sebesar 272,87 g, namun berbeda tidak nyata pada perlakuan interaksi antara tanpa biochar dengan kompos+phonska (D_0P_3) sebesar 283,72 g, dan perlakuan interaksi antara dosis biochar 5,26 t ha⁻¹ dengan kompos+phonska (D_2P_3) sebesar 283,72 g.



Tabel 7.14. Rata-rata berat kering oven total per tanaman dan berat 1000 biji kering kadar air 14% pada interaksi dosis biochar dengan jenis pupuk

Berat kering oven total per tanaman				
Perlakuan	Jenis Pupuk (P)			
	Tanpa Pupuk (P ₀)	Kompos (P ₁)	Phonska (P ₂)	Kompos+Phonska (P ₃)
<u>Dosis Biochar (D)</u>	----- g tan ⁻¹ -----			
0 t ha ⁻¹ (D ₀)	230,55 c C	300,95 c B	327,26 b B	376,67 b A
5,26 t ha ⁻¹ (D ₁)	284,12 b B	322,68 bc B	377,14 a A	405,14 b A
10,52 t ha ⁻¹ (D ₂)	337,03 a C	366,13 ab BC	404,27 a B	485,36 a A
15,78 t ha ⁻¹ (D ₃)	332,45 a B	385,33 a A	374,60 ab AB	357,64 b AB
BNT 0,05	47,50			
Berat 1000 biji kering kadar air 14%				
Perlakuan	Jenis Pupuk (P)			
	Tanpa Pupuk (P ₀)	Kompos (P ₁)	Phonska (P ₂)	Kompos+Phonska (P ₃)
<u>Dosis Biochar (D)</u>	----- g tan ⁻¹ -----			
0 t ha ⁻¹ (D ₀)	245,74 b C	261,24 b BC	273,64 a AB	283,72 ab A
5,26 t ha ⁻¹ (D ₁)	240,31 b B	276,74 ab A	278,68 a A	283,72 ab A
10,52 t ha ⁻¹ (D ₂)	273,64 a B	275,97 ab B	284,11 a AB	296,12 a A
15,78 t ha ⁻¹ (D ₃)	276,74 a A	284,50 a A	286,82 a A	272,87 b A
BNT 0,05	19,27			

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama ke arah vertikal dan huruf kapital yang sama ke arah horisontal adalah tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%



Berat biji pipilan kering panen per ha tertinggi diperoleh pada interaksi dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ dengan jenis pupuk kompos+phonska (D₂P₃) sebesar 13,71 ton berbeda nyata dengan hasil terendah berat biji pipilan kering panen per ha pada interaksi dosis biochar 15,78 t ha⁻¹ dengan kompos+phonska (D₃P₃) sebesar 9,46 ton (Tabel 7.15).

Berdasarkan Tabel 7.15 terlihat bahwa hasil berat biji pipilan kering panen per ha berkisar dari 6,63 - 13,71 ton. Hasil tertinggi diperoleh pada interaksi antara biochar 10,52 t ha⁻¹ dengan jenis pupuk kompos+phonska (D₂P₃) 13,71 ton, sedangkan hasil terendah berat biji pipilan kering kadar air 14% per ha diperoleh pada tanpa biochar dan pupuk (D₀P₀) yaitu 6,63 ton.

Tabel 7.15. Pengaruh interaksi perlakuan dosis biochar dengan jenis pupuk terhadap berat biji pipilan kering panen per ha per ha

Perlakuan	Jenis Pupuk (P)			
	Tanpa Pupuk (P ₀)	Kompos (P ₁)	Phonska (P ₂)	Kompos+Phonska (P ₃)
<u>Dosis Biochar (D)</u>	----- t ha ⁻¹ -----			
0 t ha ⁻¹ (D ₀)	6,63 b B	8,77 b A	9,53 b A	10,24 bc A
5,26 t ha ⁻¹ (D ₁)	8,02 ab C	9,10 ab BC	10,69 ab AB	11,20 b A
10,52 t ha ⁻¹ (D ₂)	9,60 a C	10,63 a BC	11,30 a B	13,71 a A
15,78 t ha ⁻¹ (D ₃)	9,27 a A	10,36 ab A	9,90 ab A	9,46 c A
BNT 0,05	1,63			

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama ke arah vertikal dan huruf kapital yang sama ke arah horisontal adalah tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%



Berat biji pipilan kering kadar air 14% per ha tertinggi diperoleh pada interaksi dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ dengan jenis pupuk kompos+phonska (D₂P₃) sebesar 12,84 ton berbeda nyata dengan hasil terendah berat biji pipilan kering kadar air 14% per ha pada interaksi dosis biochar 15,78 t ha⁻¹ dengan kompos+phonska (D₃P₃) yaitu 8,60 ton (Tabel 7.16).

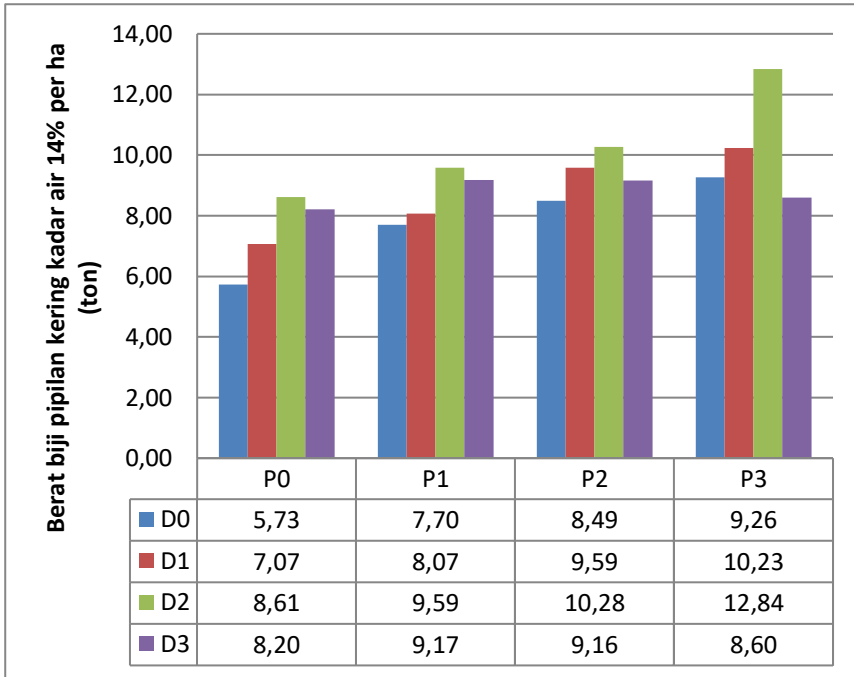
Berdasarkan Tabel 7.16 dan Gambar 7.10 terlihat bahwa hasil berat biji pipilan kering kadar air 14% per ha berkisar dari 5,73 - 12,84 ton. Hasil tertinggi diperoleh pada interaksi antara biochar 10,52 t ha⁻¹ dengan jenis pupuk kompos+phonska (D₂P₃) 12,84 ton, sedangkan hasil terendah berat biji pipilan kering kadar air 14% per ha diperoleh pada tanpa biochar dan pupuk (D₀P₀) yaitu 5,73 ton.

Tabel 7.16. Pengaruh interaksi perlakuan dosis biochar dengan jenis pupuk terhadap berat biji pipilan kering kadar air 14% per ha

Perlakuan	Jenis Pupuk (P)			
	Tanpa Pupuk (P ₀)	Kompos (P ₁)	Phonska (P ₂)	Kompos+Phonska (P ₃)
<u>Dosis Biochar (D)</u>	----- t ha ⁻¹ -----			
0 t ha ⁻¹ (D ₀)	5,73 c C	7,70 b B	8,49 b AB	9,26 bc A
5,26 t ha ⁻¹ (D ₁)	7,07 bc C	8,07 ab BC	9,59 ab AB	10,23 b A
10,52 t ha ⁻¹ (D ₂)	8,61 a C	9,59 a BC	10,28 a B	12,84 a A
15,78 t ha ⁻¹ (D ₃)	8,20 ab A	9,17 ab A	9,16 ab A	8,60 c A
BNT 0,05	1,53			

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama ke arah vertikal dan huruf kapital yang sama ke arah horisontal adalah tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%





Keterangan: D₀ (tanpa biochar), D₁ (5,26 t ha⁻¹), D₂ (10,52 t ha⁻¹), D₃ (15,78 t ha⁻¹), P₀ (tanpa pupuk), P₁ (kompos), P₂ (phonska), dan P₃ (kompos+phonska).

Gambar 7.10. Histogram interaksi DxP dengan berat biji pipilan kering kadar air 14% per ha

Pemberian berbagai taraf dosis biochar pada jenis pupuk yang sama, hasil tertinggi diperoleh pada interaksi antara biochar 10,52 t ha⁻¹ dengan jenis pupuk kompos+phonska (D₂P₃) berbeda nyata dengan perlakuan lainnya (D₀P₃, D₁P₃, dan D₃P₃). Formulasi dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ pada berbagai taraf dosis biochar dengan jenis pupuk kompos+phonska (D₂P₃) memberikan hasil berat biji kering pipilan kadar air 14% per ha tertinggi sebesar 12,84 ton yang secara nyata meningkat sebesar 38,61% bila dibandingkan dengan hasil pada interaksi tanpa biochar dengan jenis pupuk kompos+phonska (D₀P₃) yaitu 9,26 ton (Tabel 7.16).



Pemberian dosis biochar yang sama pada berbagai jenis pupuk, hasil tertinggi diperoleh pada interaksi antara biochar 10,52 t ha⁻¹ dengan jenis pupuk kompos+phonska (D₂P₃) berbeda nyata dengan perlakuan lainnya (D₂P₀, D₂P₁, dan D₂P₂). Formulasi dosis biochar 10,52 ton ha⁻¹ yang dikombinasikan dengan pupuk kompos+phonska (D₂P₃) memberikan hasil berat biji kering pipilan kadar air 14% per ha tertinggi sebesar 12,84 ton yang secara nyata meningkat 49,10% bila dibandingkan dengan hasil terendah pada interaksi dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ dengan tanpa pupuk (D₂P₀) yaitu 8,61 ton (Tabel 7.16).

E. Efektivitas Biochar dan Kelayakan Usahatani Tanaman Jagung di Lahan Kering

Penilaian untuk mengetahui efektivitas biochar bambu yang dikombinasikan dengan berbagai jenis pupuk dilakukan dengan analisis *Relative Agronomic Effectiveness* (RAE) selanjutnya untuk mengetahui tingkat keuntungan dan kelayakan usaha tani dilakukan dengan analisis *Incremental Benefit Cost Ratio* (IBCR).

RAE adalah perbandingan antara kenaikan hasil karena penggunaan suatu pupuk dengan kenaikan hasil dengan penggunaan pupuk standar dikalikan 100 (Machay *et al.*, 1984), dengan perhitungan sebagai berikut:

$$RAE (\%) = \frac{\text{Hasil pada pupuk yang diuji} - \text{Hasil pada kontrol}}{\text{Hasil pada pupuk standar} - \text{Hasil pada kontrol}} \times 100$$

IBCR adalah analisis usaha tani untuk mengetahui tingkat keuntungan usahatani dengan penerapan teknologi pupuk alternatif dan analisis dampak penerapan teknologi yang bertujuan untuk melihat produksi dan pendapatan yang diterima petani sebelum dan sesudah mengikuti kegiatan pengujian (Kadariah, 2001). Hasil usaha tani dikatakan layak dan menguntungkan apabila *output* lebih besar dari pada *input* atau nilai IBCR >1 dengan formula sebagai berikut :

$$IBCR = \frac{\text{Penerimaan dengan perlakuan} - \text{Penerimaan pada kontrol}}{\text{Pengeluaran dengan perlakuan} - \text{Pengeluaran pada kontrol}}$$



Analisis varian (ANOVA) digunakan untuk mengetahui pengaruh kombinasi biochar dengan jenis pupuk kompos dan phonska terhadap variabel yang diukur. Uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf 5% digunakan menentukan perbedaan nilai rata-rata masing-masing variabel. Analisis regresi digunakan untuk menentukan dosis optimum dari perlakuan yang diamati. Pengolahan data hasil penelitian dilakukan dengan menggunakan *software* program *microsoft excel* dan *Minitab*.

Hasil analisis *Relative Agronomic Effectiveness* (RAE) untuk mengetahui efektivitas biochar bambu yang dikombinasikan dengan berbagai jenis pupuk dan analisis *Incremental Benefit Cost Ratio* (IBCR) untuk mengetahui tingkat keuntungan usaha tani dapat dilihat pada Tabel 7.16. Hasil tertinggi 12,84 ton yang didapat pada formulasi pemberian biochar 10,52 t ha⁻¹ yang dikombinasikan dengan kompos+phonska (D₂P₃) dengan nilai RAE tertinggi sebesar 119,69% dengan IBCR 1,27 tergolong sangat efektif, layak dan menguntungkan untuk usahatani tanaman jagung di lahan kering. Sebaliknya nilai terendah RAE diperoleh pada biochar 15,78 t ha⁻¹ yang dikombinasikan dengan kompos dan phonska (D₃P₃) dengan nilai RAE 11,37% dan IBCR 0,44 yang tergolong tidak efektif dan tidak layak untuk usahatani tanaman jagung di lahan kering.

Nilai RAE tertinggi 119,69% pada D₂P₃ diikuti oleh perlakuan D₁P₂, D₁P₃, D₂P₂, D₁P₁, D₂P₁, D₃P₁, D₃P₂, dan D₃P₃ berturut-turut dengan nilai RAE 91,02%, 89,33%, 60,18%, 50,78%, 49,80%, 49,33%, 34,76%, dan 11,37%. Berdasarkan hasil analisis usahatani jagung di lahan kering dapat diketahui bahwa interaksi perlakuan biochar dengan tanpa pupuk (D₁P₀, D₂P₀), perlakuan tanpa biochar dengan phonska (D₀P₂), maupun perlakuan biochar dengan phonska (D₁P₂, D₂P₂, D₃P₂) memberikan nilai IBCR > 1 tergolong menguntungkan, namun sebaliknya pemberian kompos (D₀P₁, D₀P₃, D₁P₁, D₁P₃, D₂P₁, D₃P₁, dan D₃P₃) semuanya tergolong tak layak (IBCR < 1) dan tidak menguntungkan untuk usahatani tanaman jagung di lahan kering (Tabel 7.17).



Tabel 7.17. Hasil analisis usahatani jagung hibrida bisi-2

Perlakuan	HBPK	Pengeluaran (Rp)	Penerimaan (Rp)	Keuntungan Rp	RAE (%)	IBCR
D ₀ P ₀	5,73	4.275.000	17.194.108	12.919.108	-	-
D ₀ P ₁	7,70	14.385.000	23.090.808	8.705.808	-	0,58
D ₀ P ₂	8,49	5.747.839	25.484.912	19.737.073	-	5,63
D ₀ P ₃	9,26	15.857.839	27.792.494	11.934.655	-	0,92
D ₁ P ₀	7,07	6.905.000	21.220.004	14.315.004	-	1,53
D ₁ P ₁	8,07	17.015.000	24.214.056	7.199.056	50,78	0,55
D ₁ P ₂	9,59	8.377.839	28.766.193	20.388.354	91,02	2,82
D ₁ P ₃	10,23	18.487.839	30.687.440	12.199.601	89,33	0,95
D ₂ P ₀	8,61	9.535.000	25.836.980	16.301.980	-	1,64
D ₂ P ₁	9,59	19.645.000	28.773.659	9.128.659	49,80	0,75
D ₂ P ₂	10,28	11.007.839	30.826.800	19.818.961	60,18	2,02
D ₂ P ₃	12,84	21.117.839	38.522.248	17.404.409	119,69	1,27
D ₃ P ₀	8,20	12.165.000	24.609.344	12.444.344	-	0,94
D ₃ P ₁	9,17	22.275.000	27.518.059	5.243.059	49,33	0,57
D ₃ P ₂	9,16	13.637.839	27.491.262	13.853.423	34,76	1,10
D ₃ P ₃	8,60	23.747.839	25.814.896	2.067.057	11,37	0,44

Keterangan:

D₀ (tanpa biochar), D₁ (5,26 t ha⁻¹), D₂ (10,52 t ha⁻¹), D₃ (15,78 t ha⁻¹), P₀ (tanpa pupuk), P₁ (kompos), P₂ (phonska), dan P₃ (kompos+phonska), HBPK (Hasil biji pipilan kering KA14% (t ha⁻¹)) RAE (*Relative Agronomic Effectiveness*), IBCR (*Incremental Benefit Cost Ratio*), IBCR>1 adalah layak, IBCR<1 adalah tak layak.

Pengaruh dosis biochar dan jenis pupuk terhadap pertumbuhan hasil tanaman jagung seperti yang telah diuraikan pada hasil penelitian, menunjukkan bahwa pemberian biochar yang dikombinasikan dengan jenis pupuk telah memberikan pertumbuhan dan hasil yang signifikan dibandingkan dengan perlakuan tanpa biochar dan tanpa pupuk. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan interaksi antara biochar dengan jenis pupuk pada komponen hasil berat kering oven total tanaman, berat 1000 biji kering kadar air 14%, berat biji pipilan kering panen per ha, dan berat biji pipilan kering kadar air 14% per ha.



Berat kering oven total tanaman, berat 1000 biji kering kadar air 14%, berat biji pipilan kering panen per ha, dan berat biji pipilan kering kadar air 14% per ha tertinggi diperoleh pada interaksi dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ dengan pupuk kompos+phonska (D₂P₃). Sebaliknya hasil terendah berat biji pipilan kering kadar air 14% per ha didapat pada tanpa biochar dan pupuk (D₀P₀).

Berat biji pipilan kering kadar air 14% per ha dalam penelitian ini merupakan indikator komponen hasil yang utama dan sebagai dasar untuk menentukan efektivitas biochar dan kelayakan usahatani jagung di lahan kering. Formulasi dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ yang dikombinasikan dengan jenis pupuk kompos dan phonska (D₂P₃) memberikan hasil berat biji kering pipilan kadar air 14% per ha tertinggi sebesar 12,84 ton yang secara signifikan meningkat sebesar 38,61% bila dibandingkan dengan hasil pada interaksi tanpa biochar dengan jenis pupuk kompos dan phonska (D₀P₃) yaitu 9,26 ton, yang merupakan pupuk yang biasa dipakai oleh petani setempat. Kebiasaan petani setempat di Desa Sulahan untuk usahatannya masih menggunakan input pupuk seperti kompos dan pupuk majemuk NPK phonska dan NPK mutiara, sedangkan penggunaan biochar masih belum dikenal masyarakat setempat sehingga melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pentingnya pembenah tanah biochar dalam meningkatkan kualitas tanah dan hasil tanaman jagung. Hasil berat biji kering pipilan kadar air 14% per ha tertinggi sebesar 12,84 ton diperoleh pada interaksi D₂P₃ meningkat sebesar 49,10% bila dibandingkan dengan hasil pada interaksi dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ dengan tanpa pupuk (D₂P₀) yaitu 8,61 ton (Tabel 7.16). Hasil ini bila dibandingkan dengan hasil berat biji pipilan kering per ha pada deskripsi jagung hibrida bisi-2 yaitu 8,9 ton, maka hasil berat biji pipilan kering per ha 12,84 ton pada perlakuan D₂P₃ meningkat sebesar 44,27 %, artinya hasil yang didapat dari penelitian ini sudah melebihi target produksi jagung bisi-2.

Tingginya hasil tanaman jagung pada formulasi interaksi antara dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ dengan kompos dan phonska (D₂P₃) disebab-



kan karena terjadinya perbaikan sifat-sifat tanah di lahan kering, seperti meningkatnya P-tersedia dari 30,49% menjadi 63,38 % dan K-tersedia dari 444,07 ppm menjadi 1247,02 ppm dan meningkatnya total mikroba dari $2,17 \times 10^6$ cfu ml⁻¹ menjadi $3,72 \times 10^6$ cfu ml⁻¹. Secara umum tingginya hasil pada D₂P₃ didukung dengan membaiknya sifat-sifat tanah pada pemberian dosis biochar 10,52 t ha⁻¹ (D₂). Pemberian biochar 10,52 t ha⁻¹ dapat meningkatkan agregasi tanah dari agregat mikro menjadi agregat yang lebih besar, menurunkan BV tanah dan meningkatkan porositas tanah, meningkatkan kemampuan tanah menahan air dan hara, meningkatkan KTK dan total mikroorganisma tanah. Kondisi ini ditandai dengan menurunnya BV tanah dari 0,96 g cm⁻³ menjadi 0,87 g cm⁻³ dan meningkatnya porositas tanah dari 63,71% menjadi 67,23% dan kadar air tanah dari 8,34% menjadi 9,80%, meningkatnya pH tanah dari 6,62 menjadi 6,74, meningkatnya hara N-total tanah dari 0,17% menjadi 0,22 %, C-organik tanah dari 3,63% menjadi 4,00%, meningkatnya KTK tanah dari 15,85 mg 100g⁻¹ menjadi 17,40 mg 100g⁻¹ dan KB dari 42,80% menjadi 53,40 %. Tingginya hasil pada D₂P₃ juga didukung oleh hasil analisis SEM pembesaran 2000x dan EDS yang memperlihatkan morfologi permukaannya dengan sebaran pori mikro dan susunan penyusunnya yang lebih baik. Biochar bambu dapat memperbaiki sifat tanah seperti agregasi dan kapasitas memegang air tanah, pH dan KTK tanah serta meningkatkan populasi dan aktivitas biologi tanah (Chan *et al.*, 2007; Masulili *et al.*, 2010, Rondon *et al.*, 2007). Biochar sangat penting untuk meningkatkan kemampuan tanah menyimpan karbon, meningkatkan kesuburan tanah, menjaga keseimbangan ekosistem tanah, dan bisa juga bertindak sebagai pupuk dan meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman dengan menyediakan dan mempertahankan hara di dalam tanah (Glaser *et al.*, 2002; Major *et al.*, 2005; Steiner *et al.*, 2007).

Secara umum membaiknya sifat-sifat tanah dalam meningkatkan hasil tanaman jagung terlihat dalam penilaian kualitas tanah. Kualitas tanah pengaruh kombinasi terbaik didapat pada perlakuan biochar 10,52 t ha⁻¹ dengan pupuk kompos+phonska (D₂P₃) dengan SQR 18



dengan status kualitas tanah sangat baik. Kualitas tanah pengaruh tunggal terbaik ditemukan pada perlakuan biochar 10,52 t ha⁻¹ (D₂) dengan nilai SQR 19 dengan status kualitas tanah sangat baik, sedangkan pada perlakuan berbagai jenis pupuk didapat nilai SQR berkisar 20-22, dengan status kualitas tanah baik. Efektivitas agrokonomik biochar bambu yang dikombinasikan dengan jenis pupuk kompos, phonska, dan kompos+phonska diperoleh nilai RAE berkisar dari 11,37%-119,69%. Nilai RAE tertinggi 119,69% diperoleh pada perlakuan biochar 10,52 t ha⁻¹ dengan pupuk kompos+phonska (D₂P₃) dan nilai RAE terendah 11,37% didapat pada perlakuan biochar 15,78 t ha⁻¹ dengan pupuk kompos+phonska (D₃P₃). Perlakuan interaksi D₂P₃ sangat efektif (RAE 119,69%) dan menguntungkan (IBCR 1,27) serta secara nyata memberikan hasil tanaman jagung tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Analisis usahatani jagung di lahan kering menggunakan pupuk kimia phonska lebih menguntungkan dibandingkan dengan pembenah tanah biochar dan kompos (Tabel 7.17). Tabel 7.17 dapat memberikan gambaran bahwa biochar dosis 5,26-10,52 t ha⁻¹ dengan tanpa pupuk dan pemberian berbagai taraf dosis biochar dengan phonska didapat IBCR>1 tergolong layak dan menguntungkan, sedangkan formulasi biochar dengan pupuk kompos maupun gabungan kompos dan phonska didapat IBCR<1 tergolong tak layak, kecuali pada D₂P₃. Formulasi biochar 10,52 t ha⁻¹ dengan kompos dan phonska (D₂P₃) memberikan nilai IBCR 1,27 yang tergolong layak dan menguntungkan untuk usaha tani tanaman jagung. Struktur biaya usahatani jagung dengan asumsi harga kompos Rp.500/kg, biochar Rp. 500/kg, harga phonska setara pupuk NPK mutiara Rp. 4.700/kg, dan harga jual hasil panen biji pipilan kering kadar air 14% Rp. 3.000/kg. Pengeluaran untuk biaya pupuk per hektar: kompos > biochar > phonska sehingga usahatani tanaman jagung dengan kompos untuk sekali panen belum layak secara finansial (IBCR<1) (Tabel 7.17) namun pemberian biochar dengan tanpa kompos dan dengan phonska adalah layak (IBCR>1). Rendahnya nilai IBCR pada kompos, disebabkan karena biaya untuk



pembelian kompos sangat besar sementara pengaruh terhadap hasil jagung pada panen pertama masih rendah. Proses dekomposisi kompos di dalam tanah berlangsung lambat (*slow release*), sedangkan biochar dekomposisinya sangat lambat dan lebih stabil di dalam tanah sehingga pemberian kompos pada usahatani jagung di lahan kering dapat diulang setelah tiga kali panen, sedangkan pemberian biochar dapat lebih lama lagi sehingga kelayakan usahatani jagung dengan $IBCR > 1$ dapat diperoleh pada saat panen kedua dan selanjutnya.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat dibuktikan bahwa: (1) Pemanfaatan biochar bambu dan pupuk kompos berpotensi memperbaiki karakteristik sifat-sifat tanah di lahan kering, (2) pemberian biochar bambu, kompos, dan phonska di lahan kering terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung, diperoleh hasil tanaman maksimum dengan dosis optimum dari biochar bambu, kompos, dan phonska, (3) Kombinasi biochar bambu pada dosis optimumnya dengan jenis pupuk kompos dan phonska pada dosis optimumnya dapat memperbaiki sifat-sifat tanah dan kualitas tanah serta dapat meningkatkan hasil tanaman jagung dengan efektivitas agronomik yang tinggi serta layak untuk usahatani tanaman jagung di lahan kering.

Implikasi dari temuan ini bagi ilmu pengetahuan di bidang pertanian adalah diperlukan penelitian lebih banyak lagi mengenai biochar yang berbahan baku bambu dan efektivitasnya bila dikombinasikan dengan berbagai jenis pupuk dalam memperbaiki kualitas tanah. Temuan penelitian ini berimplikasi pada pengembangan produk biochar melalui banyak pengujian untuk mendapatkan formulasi biochar dengan jenis pupuk yang tepat dalam memperbaiki kualitas tanah dan hasil tanaman jagung di lahan kering. Temuan formulasi ini juga berimplikasi kepada pengambil kebijakan untuk mendukung tersedianya bahan baku biochar yang cukup untuk pembuatan formulasi biochar bambu dengan pupuk kompos dan phonska hingga diperolehnya paten produk tersebut.





BAB 8

PENUTUP

-
- A. Kesimpulan
 - B. Saran

A. Kesimpulan

1. Karakteristik biochar bambu memiliki potensi besar dalam memperbaiki sifat-sifat tanah dan kualitas tanah di lahan kering.
2. Didapatkan dosis optimum biochar bambu, kompos, dan phonska masing-masing sebesar $10,52 \text{ t ha}^{-1}$, $20,22 \text{ t ha}^{-1}$, dan $313,37 \text{ kg ha}^{-1}$ pada budidaya tanaman jagung di lahan kering.
3. Penggunaan biochar bambu $10,52 \text{ t ha}^{-1}$ yang diberikan bersamaan dengan kompos $20,22 \text{ t ha}^{-1}$ dan phonska $313,37 \text{ kg ha}^{-1}$ menghasilkan kualitas tanah sangat baik dengan Soil Quality Rating (SQR) 18 pada lahan kering, meningkatkan hasil jagung sebesar 38,61% bila dibandingkan dengan kombinasi kompos dan phonska tanpa disertai dengan biochar, serta menghasilkan efektivitas agronomik sebesar 119,69% dan kelayakan usahatani tanaman jagung di lahan kering sebesar 1,27.

B. Saran

1. Penggunaan formulasi biochar bambu $10,52 \text{ t ha}^{-1}$ dengan kombinasi kompos $20,22 \text{ t ha}^{-1}$ dan phonska $313,37 \text{ kg ha}^{-1}$ dapat diterapkan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah, kualitas tanah dan hasil tanaman jagung di lahan kering.
2. Pemerintah diharapkan memberikan perhatian terhadap pemanfaatan limbah biomassa pertanian baik yang berasal dari bambu maupun dari limbah organik lainnya yang berasal dari sisa tanaman dan kotoran ternak untuk diolah menjadi biochar yang berguna untuk perbaikan kualitas lahan-lahan pertanian khususnya lahan kering.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjut mengenai formulasi biochar bambu dengan pupuk organik dan anorganik untuk mendapatkan data sebagai dasar penyusunan kebijakan pemerintah dalam pemanfaatan bahan pembenah tanah biochar.



DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, Bahua, M.I., dan Nurmi, 2004. Respon pertumbuhan dan produksi jagung hibrida terhadap pemberian pupuk organik dan pupuk anorganik. *Jurusan Agroteknologi Fakultas Ilmu Pertanian, Universitas Negeri Gorontalo*.
- Adhi, R.K., 2013. Biochar Sang Pembena Tanah. *Balai Besar Pelatihan Binaung*. URL: <http://bbppbinuang.info/news23-.html>.
- Agustina, L. 2004. *Dasar Nutrisi Tanaman*. PT. Rineka Cipta. Jakarta
- Andrews, S.S., Karlen, D.L. and Cambardella, C.A. 2004. The Soil Management Assessment Framework : A Quantitative Soil Quality Evaluation Method. *Soil. ci. Soc. Am. J.* 68 (6) : 1945-1963.
- Atmojo, S.W. 2003. *Peranan Bahan Organik terhadap Kesuburan Tanah dan Pengelolaannya*. Universitas Sebelas Maret Surakarta. Solo
- Artawan, I.K., Situmeang, Y.P., dan Wahyuni, M.D. 2015. The Effect of How The Bamboo Biochar Placement and Dose Towards The Growth and Production of Sweet Corn. *Wicaksana, Jurnal Lingkungan*, Vol.23 No.2: 18-28. LP2M Universitas Warmadewa. Denpasar.
- Atkinson, C.J., Fitzgerald, J.D., Hipps, N.A. 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. *Plant and Soil*, 337: 1-18.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2012. Pembena Tanah Biochar. *Balai Penelitian Tanah*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. [cited 2012 Des. 11]. URL: <http://puslitklaten.wordpress.com/pembena-tanah-biochar>.
- Badan Pusat Statistik, 2015. *Produksi Tanaman Pangan Angka Ramalan II*



- tahun 2015*. Badan Pusat Statistik, Jakarta. Indonesia. Katalog BPS: 5203014. <http://www.bps.go.id>
- Badan Pusat Statistik Bali, 2015. *Bali Dalam Angka*. Badan Pusat Statistik Provinsi Bali. Katalog BPS: 1102001.51. <http://www.bali.bps.go.id>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Bangli, 2015. *Statistik Tanaman Pangan Kabupaten Bangli Tahun 2014*. Katalog BPS: 5201004.5106. <http://www.banglikab.bps.go.id>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Bangli, 2016. *Data iklim jumlah curah hujan dan hari hujan tahun 2015 pada beberapa stasiun curah hujan di Kabupaten Bangli, Bali*. <http://www.banglikab.bps.go.id>
- Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. 2009. Biochar Penyelamat Lingkungan. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* Vol 31 No. 26. Subang
- Balai Penelitian Tanah, 2005. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Badan Penelitian Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. Bogor. 136p.
- Balitsereal. 2006. *Deliniasi Percepatan Pengembangan Teknologi PTT Jagung pada Beberapa Agroekosistem*. Bahan Padu Padan Puslit-bangtan dengan BPTP. Bogor, 13-14 Maret 2006. Balitsereal Maros.
- Bambang, S.A., 2012. Si Hitam Biochar yang Multiguna. *PT. Perkebunan Nusantara X (Persero)*, Surabaya.
- Berndes, G., Hoogwijk, M. and Van Den Broeck, R. 2003, 'The contribution of biomass in the future global energy supply: A review of 17 studies', *Biomass and Bioenergy* 25: 1–28.
- Buckman, H.O., Brady, N.C. 1982. *Ilmu Tanah*. (Soegiman, Pentj). Jakarta : Penerbit Bhartara Karya Aksara.
- Cahyana, A. Marzuki, A., Cari. 2014. Analisa SEM (Scanning Electron Microscope) pada kaca TZN yang dikristalkan sebagian. *Prosiding Mathematics and Sciences Forum*. UNS.
- Cahyani, W. (2010). Substitusi Jagung (*Zea Mays*) dengan Jali (*Coix Lacryma-Jobi l.*) pada Pembuatan Tortila: Kajian Karakteristik Kimia dan Sensori.



- Carlson, S.P. 1980. The biology of crop productivity. Academic Press Inc., New York.
- Chan, K. Y., Van Zwieten, B. L., Meszaros, I., Downie, D. and Joseph, S. 2007. Using poultry litter biochars as soil amendments. *Australian Journal of Soil Research* 46: 437- 444.
- Chen HX, Du ZL, Guo W, Zhang Q.Z. 2011. Effects of biochar amendment on cropland soil bulk density, cation exchange capacity, and particulate organic matter content in the North Chinaplain. *Yingyong Shengtai Xuebao*. 22:2930-2934.
- Cornell University. 2010. Biochar soil management. Soil fertility management and soil biogeochemistry. *Department of Crop and Soil Sciences*, Cornell University. <http://www.css.cornell.edu/faculty/lehmann/research/biochar/biochar.main.htm>.
- Dinas Kehutanan Bali, 2014. Rencana Pengelolaan Hutan Jangka Panjang Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung. *UPT Kesatuan Pengelolaan Hutan Bali Timur*. Dinas Kehutanan Provinsi Bali.
- Doran, J.W. and. Parkin, T.B. 1994. Defining and Assessing Soil Quality, *In Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. JW. Doran, DC. Coleman, DF. Bezdicek, & BA. Stewart (eds). SSSA Spec. Pub. No. 35. WI: p.3-21. *Soil Sci. Soc. Am., Am. Soc. Agron.*, Madison.
- Fitriani E. R, Ruslan WJ., Bambang, R. 2013. Pengaruh Aplikasi Sludge dari Biodigester Berbahan Kotoran Sapi Di Lahan Kering Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Jagung (*Zea Mays L.*). Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Brawijaya.
- Gani, A. 2009. Potensi Arang Hayati Biochar Sebagai Komponen Teknologi Perbaikan Produktivitas Lahan Pertanian. *Iptek Tanaman Pangan* Vol. 4 No.1: 33-48
- Gani, A. 2010. Multiguna Arang-Hayati (Biochar). *Sinar Tani* Edisi 13-19 Oktober 2010
- Glaser, B, Lehmann, J., Zech, W. 2002. Ameliorating physical and chemical



- properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal a review. *Biol Fertil Soils* 35:219–230.
- Hammond, D., Steege, H., dan Van Der Borg, K. 2007. Upland Soil Charcoal in The West Tropical Forest of Central Guyana. *Biotropica*, 39 (2): 153-160.
- Hayes, M.H.B. 2013. *Relationships Between Biochar and Soil Humic Substances*. In *Functions of Natural Organic Matter in Changing Environment* Springer Netherlands: p.959-963.
- Herniwati dan Tandisau, P. 2010. Kajian Pemupukan N, P, dan K pada Jagung Komposit Varietas Sukmaraga di Kabupaten Luwu Utara. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan. *Prosiding Pekan Serealia Nasional*. p. 254-259
- Hidayat, A., Hikmatullah, dan Santoso, D. 2000. Potensi dan pengelolaan lahan kering dataran rendah. Sumber Daya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. *Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat*, Bogor: p. 197-222.
- Hidayat, A., dan A. Mulyani, 2005. Lahan Kering untuk pertanian dalam Buku Teknologi Pengelolaan Lahan Kering. *Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat*. Bogor: p. 7-37
- Hua, L., Wu, W., Liu, Y., McBride, M. B. And Chen, Y. 2009. Reduction of nitrogen loss and Cu and Zn mobility during sludge composting with bamboo charcoal amendment. *Environmental Science and Pollution Research* 16: 1–9.
- International Biochar Initiative, 2012. What is Biochar?. *International Biochar Initiative (IBI)*. www.biochar-international.org.
- Indriani, Y.H. 2008. *Membuat Kompos Secara Kilat*. Penebar Swadaya. Jakarta
- Isroi, 2008. *Kompos*. Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia, Bogor. www.isroi.org
- Johnson, D.L., Ambrose, S.H., Basset, T.J., Bowen, M.L., Crummey, D.E., Isaacson, J.S., Johnson, D.N., Lamb, P., Sul, M., dan Winter-Nelson, AE. 1997. Meaning of Environmental Terms. *J. Environ. Qual.* 26:581-589.
- Joseph, SD, Camps-Arbestain, M, Lin, Y, Munroe, P, Chia, CH, Hook, J,



- van Zwieten, L, Kimber, S, Cowie, A, Singh, BP, Lehmann, J, Foidl, N, Smernik, RJ & Amonette, JE 2010, An investigation into the reactions of biochar in soil, *Australian Journal of Soil Research* 48(6–7): 501–515.
- Kadariah, 2001. *Evaluasi Proyek Analisis Ekonomi*. Fakultas Ekonomi, Universitas Indonesia. Jakarta.
- Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., and Schuman, G.E. 1997. Soil Quality: Concept, Rationale and Research Needs. *Soil.Sci.Am.J.*: 60:33-43
- Karlen D.L., Andrews S.S., Weinhold B.J., Doran J.W. (2003) Soil quality: Humankind's foundation for survival. Research editorial. *Journal of Soil and Water Conservation* 58, 171–178.
- Kuehl, Y and Yiping, L., 2012. Carbon Off-Setting With Bamboo. *International Network for Bamboo and Rattan (INBAR)*. PO Box 100102-86, Beijing 100102, P. R. China.
- Laird, D.A. 2008. The charcoal vision: a win–win–win scenario for imultaneously producing bioenergy, permanently sequestering carbon, while improving soil and water quality. *Agron J* 100: 178-181.
- Laird D.A., Fleming P., Davis D.D., Horton R, Wang B.Q., Karlen D.L. (2010). Impact of biochar amendments on the quality of a typical mid western agricultural soil. *Geoderma*. 158:443-449.
- Lal, R, 1994. *Methods and Guidelines for Assessing Sustainable Use of Soil and Water Resources in The Tropics*. Washington: Soil Management Support Services USDA Soil Conservations Service.
- Larson, W.E. and Pierce, F.J. 1991. *Conservation and enhancement of soil quality*. In “Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World” IBSRAM Proc. 12, Vol.2, Bangkok, Thailand.
- Lehmann, J, Da Silva, J.P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., and Glaser, B. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant Soil* 249:343–357
- Lehmann, J. and Rondon, M. 2005, Bio-char soil management on highly-



- weathered soils in the humid tropics', in N. Uphoff (ed.), *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*, Boca Raton, CRC Press, in press.
- Lehmann, J., Gaunt, J. and Rondon, M. 2006 'Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems - a review', *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Vol 11: 403–427
- Lehmann, J. 2007. A handful of carbon. *Nature*, 447: 143-144
- Lehmann, J. and Joseph S. 2009. *Biochar for Environmental Management Science and Technology*. Earthscan in the UK and USA.
- Liang, B, Lehmann, J, Solomon, D, Kinyangi, J, Grossman, J, O'Neill, B, Skjemstad, JO, Thies, JE, Luizao, FJ, Petersen, J & Neves, EG 2006, Black carbon increases cation exchange capacity in soils, *Soil Science Society of America Journal* 70: 1719–1730.
- Liang, B., Lehmann, J., Sohi, S.P., Thies, J.E., O'Neill, B., Trujillo, L. 2010. Black carbon affects the cycling of non-black carbon in soil. *Organic Geochemistry*, 41(2): 206–213.
- Lingga, P. dan Marsono. 2007. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Machay, A.D., J.K. Syers. And P.E.H. Gregg, 1984. Ability of chemical extraction procedures to assess the agronomic effectiveness of phosphate rock material. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 27:219-230.
- Major, J, Steiner, C., Ditoamaso, A., Falcao, N.P., and Lehmann, J. 2005. Weed composition and cover after three years of soil fertility management in the central Brazilian Amazon: compost, fertilizer, manure and charcoal applications. *Weed Biol Manag*, 5:69-76
- Major, J. 2009. Biochar belongs in soil. *National Society of Consulting Soil Scientists*, Inc.[cited 2009 Juli 20]. Website <http://www.nscss.org/node/187>
- Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S.J, Lehmann, J. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian Savanna Oxisol. *Plant Soil*, 333: 117-128
- Marris, E. 2006. Black is the new green. *Nature*, 442:624–626.



- Masulili, A., Utomo, W.H. and Syekhfani. 2010. Rice husk biochar for rice based cropping system in acid soil 1. The characteristics of rice husk biochar and its Influence on the properties of acid sulfate soils and rice growth in West Kalimantan, Indonesia. *Journal of Agriculture Science* 3: 25-33.
- Mausbach, M. J and C. A . Seybold. 1998. *Assesment of Soil Quality. In Soil Soil Quality and Agriculture Sustainability*. Michigan: Ann Arbor Press.
- Muhadjir, 1998. *Karakteristik Tanaman Jagung*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Pusat Penelitian Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.
- Nisa, K., 2010. Pengaruh pemupukan NPK dan biochar terhadap sifat kimia tanah, serapan hara dan hasil tanaman padi sawah. (*Thesis*). Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala.
- Novizan, 2007. *Petunjuk Pemupukan Yang Efektif*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Nurida, N. L., dan Rachman, A. 2011. Alternatif Pemulihan Lahan Kering Masam Terdegradasi dengan Formula Pembena Tanah Biochar di Typic Kanhapludults Lampung. Badan Litbang Pertanian, *Balai Penelitian Tanah*: 639-648
- Nurmi, 2003. Pengikatan (Sequestrasi) Karbon Melalui Pengolahan Konservasi dan Pengelolaan Residu Tanaman. (*Thesis*). Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Ogawa, M., Okimori, Y., and Takahashi, F. 2006. Carbon sequestration by carbonization of biomass and forestation: Three case studies mitigation and adaptation strategies for global change. *J. Climate* 11:421-436.
- Oguntunde, P.G., Fosu M., Ajayi, A.E., and Van De Giesen, N.D. 2004. Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and texture of soil. *Biol Fert Soils* 39:295–299
- Petrokimia Gresik, 2016. Pupuk Phonska. [http://www. Petrokimia-gresik/pupuk/ phonska.NPK](http://www.Petrokimia-gresik/pupuk/phonska.NPK).
- Prihandini, P.W., dan Purwanto, T. 2007. *Petunjuk Teknis Pembuatan Kompos*



- Berbahan Kotoran Sapi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan.
- Purwono dan Hartono, R. 2008. *Bertanam Jagung Unggul*. Penebar Swadaya. Jakarta. 68p.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2006. Inovasi Teknologi Unggulan Tanaman Pangan Berbasis Agroekosistem Mendukung Prima Tani. *Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, 2013. Deskripsi Varietas Unggul Jagung. *Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Rachim, D.A. dan Suwardi, 1999. *Morfologi dan klasifikasi tanah*. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Riwandi, M. Handajaningsih, dan Hasanudin. 2014. Teknik Budidaya Jagung dengan Sistem Organik di Lahan Marjinal. Unib Press. Universitas Bengkulu. 67 hlm.
- Rondon, M. A., Lehmann, J., Ramirez, J. And Hurtado, M. 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with biochar additions. *Biology and Fertility of Soils* 43: 699-708.
- Rostaliana, P. Prawito, P., dan Turmudi, E., 2012. Pemanfaatan Biochar untuk perbaikan kualitas tanah dengan indikator tanaman jagung hibrida dan padi gogo pada sistem lahan tebang dan bakar. *Naturalis-Jurnal penelitian Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Univ. Bengkulu. Vol 1 No 3: 179-188
- Samosir, S.S.R, 2000. Pengelolaan lahan kering. (*Thesis*). Makasar: Program Pascasarjana Universitas Hasanudin. 203p.
- Santi, L.P. dan Goenadi, D.H. 2010. Pemanfaatan biochar sebagai pembawa mikroba untuk pemantapan agregat tanah Ultisol dari Taman Bogo-Lampung. *Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan*. Bogor.
- Setyorini, D., Saraswati, R., Anwar, E. K.. 2008. *Kompos*. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Hal 11-37
- Seybold, C.A., Mausbach, M.J., Karleen, D.L., and Rogers, H.H. 1999.



- Quantification of Soil Quality. In : The Soil Quality Institute (Ed). *The Soil Quality Concept*. USA: USDA Natural Resources Conservation Service.
- Shukla, M.K., Lal, R. and Ebinger, M. 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil Tillage Research*. 87 (2): 194-204.
- Siringoringo, H. H. dan Siregar, C.A. 2011. 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). *Jurnal penelitian hutan & konservasi hutan*, Vol. 8 No. 1: 65-85
- Situmeang, Y.P. dan Sudewa, K.A. 2013. Respon Pertumbuhan Vegetatif Tanaman jagung pada Aplikasi Biochar Limbah Bambu. *Prosiding Seminar Nasional*. Fakultas Pertanian Universitas Warmadewa. Denpasar.
- Situmeang, Y.P., Udayana, I.G.B., Mayun Wirajaya, A.A.N., Suarta, M., Suaria I.N., Sadguna, D.N., Yuliantini, M.S., dan Wahyuni, N.M.D. 2013. Potensi Limbah Bambu Sebagai Sumber Pasokan Bahan Baku Energi Biomassa Berbasis Masyarakat. *Prosiding Seminar Nasional*. Fakultas Pertanian Universitas Warmadewa. Denpasar.
- Situmeang, Y.P. dan Sudewa, K.A. 2014. Pengaruh Pembenh Tanah Biochar Limbah Bambu terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung. *Laporan Hasil Penelitian*. Fakultas Pertanian Universitas Warmadewa. Denpasar.
- Situmeang, Y.P., Sudewa, K.A. Suarta, M., dan Risa, A.A.S. 2016. Biochar and Compost on the Growth and Yield of Sweet Corn. *Jurnal Pertanian Gema Agro*. Fakultas Pertanian Universitas Warmadewa. Denpasar.
- Sohi, S., Lopez-Capel, E, Krull, E. And Bol, R. 2009. Biochar, climate change and soil: A review to guide future research. CSIRO *Land and Water Science* Report Series. ISSN : 1834 – 6618.
- Soil Quality Institute, 2001. *Guidelines for Soil Quality Assessment in Conservation Planning*. Soil Quality Institute. Natural Resources



- Conservation Services. USDA.
- Steiner, Christoph, Teixeira, Wenceslau, Lehmann, Johannes, Nehls, Thomas, de Macdo, Jeferson, Blum, Winfried, and Zech, Wolfgang. 2007. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant and Soil* 291: 275-290. Springer Netherlands.
- Stephen, M.D., 2004. High-Yield Organic Chemistry. *Lippincott Williams and Wilkins* Inc. Philladelphia, USA.
- Subandi, Syam, M., Widjono, W. 1988. Jagung. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. 57 hlm
- Subekti, N.A., Syafruddin, Efendi, R., dan Sunarti, S. 2012. Morfologi Tanaman dan Fase Pertumbuhan Jagung. *Balai Penelitian Tanaman Serealia*, Maros:16-28.
- Sujana, I P., 2014. Rehabilitasi Lahan Terdegradasi Limbah Cair Garmen dengan Pemberian Biochar. (*Disertasi*). Denpasar: Program Pascasarjana Universitas Udayana, 144 hal.
- Sujana, I P., Lanya, I., Subadiyasa, I.N.N & Suarna, I.W. 2014. The effect of dose biochar and organic matters on soil characteristic and corn plants growth on the land degraded by garment liquid waste. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 4(5). 77-88.
- Tjitraoepomo, G., 2013. Taksonomi Tumbuhan Spermatophyta. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Thies, J.E., Rillig, M.C., 2009. Characteristics of biochar: biological properties. In: Lehmann, J., Joseph, S.(Eds.), *Biochar for Environmental Management*. Earthscan, USA.
- Topoliantz, S, Ponge J.F, and Ballof, S. 2005. Manioc peel and charcoal: a potential organic amendment for sustainable soil fertility in the tropics. *Biol Fert Soils* 41:15–21
- Wakman dan Burhanuddin. 2007. Jagung, Teknik Produksi dan Pengembangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Hlm.305-335.



- Warisno. 1998. *Budidaya Jagung Hibrida*. Yogyakarta: Kanisius
- Widowati, A.S., Wani, H.U., Bambang, G., dan Loekito. 2010. Ketersediaan Hara NPK Dengan Biochar Pada Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Jagung. *Jurnal Ilmu-ilmu Hayati (Life Science)*. Vol.22, (68): 58-68. Universitas Brawijaya, Malang.
- Wilson, K. 2014. How Biochar Works in Soil, the Biochar Journal, *Arbaz, Switzerland*. ISSN 2297-1114, www.biochar-journal.org/en/ct/32.





GLOSARIUM

- Bambu : Tanaman sejenis rerumputan yang memiliki rongga dan ruas di batangnya.
- Biochar : Bahan pembenah tanah yang telah lama dikenal dalam bidang pertanian yang berguna untuk meningkatkan produktivitas tanah.
- Deforestasi : Proses penghilangan hutan alam dengan menggunakan cara penebangan guna mengambil hasil hutan berupa kayu atau mengubah fungsi lahan hutan menjadi fungsi non-hutan.
- Dosis : Kadar dari sesuatu (kimiawi, fisik, biologis) yang dapat mempengaruhi suatu organisme secara biologis.
- Karakteristik : Sesuatu yang khas atau mencolok atau kualitas atau sifat dari sesuatu.
- Kompos : Hasil penguraian parsial/tidak lengkap dari campuran bahan-bahan organik yang dapat dipercepat secara artifisial oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembap, dan aerobik atau anaerobik.
- Kualitas : Totalitas dari karakteristik sesuatu yang menunjang kemampuannya untuk memuaskan kebutuhan yang dispesifikasikan atau ditetapkan.



- Lahan : Tanah dengan segala ciri, kemampuan maupun sifatnya beserta segala sesuatu yang terdapat di atasnya termasuk didalamnya kegiatan manusia dalam memanfaatkan lahan.
- Limbah : Buangan atau material sisa yang dianggap tidak memiliki nilai yang dihasilkan dari suatu proses produksi, baik industri maupun domestik (rumah tangga).
- Mikroba : Organisme mikroskopis bersel tunggal seperti bakteri dan jamur.
- Morfologi : Sebuah cabang di dalam ilmu biologi yang secara khusus mempelajari tentang bentuk struktur / bentuk luar dari sebuah organisme, terutama pada hewan dan tumbuhan.
- Phonska : Salah satu jenis pupuk majemuk berimbang mengandung N (15%), P (15%), K (15%), dan S (10%) yang dapat meningkatkan produksi dan kualitas panen, menambah daya tahan tanaman terhadap gangguan hama maupun penyakit, menjadikan tanaman lebih hijau, memacu pertumbuhan akar, memacu pembentukan bunga, dan memperbesar ukuran buah, umbi, maupun biji-bijian.
- Porositas : Ukuran dari ruang kosong di antara material, dan merupakan fraksi dari volume ruang kosong terhadap total volume, yang bernilai antara 0 dan 1, atau sebagai persentase antara 0-100%.
- Potensi : Kemampuan dasar yang masih terpendam dan menunggu untuk dimunculkannya menjadi sebuah kekuatan yang nyata.



- Taksonomi : Mengelompokan makhluk hidup berdasarkan persamaan ciri yang sama, dari tingkat tinggi ke tingkat yang lebih rendah. Dalam ilmu sains, taksonomi menjadi hal yang sangat penting, dari sinilah kita bisa membedakan satu kelompok makhluk hidup dengan makhluk hidup lainnya.
- Teknologi : Ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang keterampilan dalam menciptakan alat, metode pengolahan, dan ekstraksi benda, untuk membantu menyelesaikan berbagai permasalahan dan pekerjaan manusia sehari-hari.
- Tekstur : Nilai kualitas dari bidang permukaan yang timbul karena disebabkan oleh tiga dimensi.





INDEKS

B

Bambu, 3, 4, 12, 13, 14, 34, 40, 41, 42, 43, 50, 51, 56, 57, 58, 66, 67, 68, 73, 75, 77, 78, 79, 89, 90, 100, 101, 104, 105, 106, 108
Biochar, 2, 3, 4, 7, 12, 13, 14 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 34, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108

D

Deforestasi, 14
Dosis, 4, 7, 19, 20, 22, 24, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 108

K

Karakteristik, 8, 40, 41, 42, 43, 77, 78, 83, 84, 85, 89, 106, 108
Kompos, 3, 7, 13, 21, 22, 34, 36, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 108
Kualitas, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 22, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 91, 92, 103, 104, 105, 106, 108

L

Lahan, 2, 4, 6, 7, 8, 10, 12, 15, 18, 19, 21, 34, 38, 40, 42, 43, 44, 48, 83, 84, 88, 100, 101, 103, 105, 106, 108
Limbah, 4, 12, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 34, 40, 41, 44, 108



M

Mikroba, 9, 12, 16, 17, 18, 21, 22, 38, 39, 43, 44, 45, 62, 64, 65, 76, 82, 83, 87, 90, 91, 104
Morfologi, 26, 64, 77, 78, 80, 89, 104

P

Phonska, 22, 23, 24, 36, 43, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 66, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 76, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108
Porositas, 4, 9, 20, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 80, 81, 82, 83, 85, 86, 90, 91, 104

T

Taksonomi, 26
Teknologi, 12, 14, 38, 40, 100
Tekstur, 9, 20, 29, 31, 38, 39, 62, 65, 68, 69, 70, 82, 83, 85



Tentang Penulis



Dr. Ir. Yohanes Parlindungan Situmeang, M.Si. dilahirkan di Jambi, 10 September 1963. Penulis menempuh pendidikan S-1 di Fakultas Pertanian Universitas Jambi Program Studi Ilmu Tanah lulus tahun 1989 dengan gelar Insinyur (Ir.). Kemudian menyelesaikan pendidikan S-2 di Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor (IPB) Program Studi Ilmu Tanah lulus tahun 1996 dengan gelar Magister Sains (M.Si.). Pendidikan S-3 penulis selesaikan di Program Doktor Fakultas Pertanian Universitas Udayana Program Studi Ilmu Pertanian lulus tahun 2017 dengan gelar Doktor (Dr.). Setelah lulus dari Universitas Jambi penulis mengabdikan diri sebagai dosen di Universitas Warmadewa sejak tahun 1991 hingga sekarang. Saat ini penulis dipercaya sebagai Sekretaris Program Studi Magister Sains Pertanian Program Pascasarjana Universitas Warmadewa, Denpasar.

Pengalaman mengikuti Pelatihan Dosen Ilmu Alamiah Dasar untuk Perguruan Tinggi oleh Dirjen Dikti di ITB Bandung tahun 1999, Pelatihan Pengelolaan dan Pengembangan Laboratorium Perguruan Tinggi oleh Dirjen Dikti di Batu-Malang Jatim tahun 2003, Kursus Penilai Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) di PPLH UNUD Denpasar tahun 2007, Pelatihan Pengembangan Diri dan Profesionalisme Dosen di FKIK Universitas Warmadewa tahun 2012, Pelatihan Penyusunan Proposal Penelitian di Universitas Dyana Pura Bali tahun 2013, Klinik Penulisan Artikel Ilmiah Internasional oleh Kementerian Ristekdikti dan LPPM Universitas Djuanda di Bogor tahun 2017, International Workshop on Journal Publication Collaboration organized by InQKA and SAFE-network in University Teknologi MARA Shah Alam Malaysia tahun 2018.

Pengalaman mendapatkan hibah penelitian, yaitu anggota tim penelitian terapan hibah bersaing Dikti tahun 2014 dan 2016, hibah penelitian disertasi doktor Dikti tahun 2016, ketua tim penelitian terapan Hibah Institusi tahun 2018, dan ketua tim penelitian terapan hibah KemenRistekdikti tahun 2019 hingga 2021.

Pengalaman sebagai pemakalah atau pembicara pada konferensi internasional, antara lain pada International Conference Sustainable Agriculture, Food, and Energy (SAFE) di Ho Chi Minh City, Vietnam 2015, International Conference Sustainable Agriculture, Food, and Energy Security di Universitas Warmadewa tahun 2016, International Seminar on Food Sovereignty and Sustainable Agriculture di Universitas Jember tahun 2017, International Conference Sustainable Agriculture, Food, and Energy (SAFE) di Universiti Teknologi Mara (UITM) Shah Alam-Malaysia tahun 2017, International Conference on Sustainable Agriculture, Food, and Energy (SAFE) "Inclusive Agri-food Energy Production for Community Empowerment in a Changing Climate" Philippines tahun 2018, Workshop Biochar Bambu di Universitas Udayana Denpasar tahun 2019, dan International Conference on Sustainable Agriculture, Food, and Energy (SAFE) di Pukhet Rajabhat University, Thailand tahun 2019.

Penulis telah menghasilkan karya ilmiah yang publish pada berbagai jurnal internasional dan nasional seperti pada link berikut <https://scholar.google.co.id/citations?hl=id&user=tTHwn4wAAAAJ>

Penulis juga aktif sebagai reviewer pada Annual Applied Science and Engineering Conference (AASEC) UPI Bandung, dimana penulis telah melaksanakan proses review paper AASEC Bandung tahun 2018, AASEC di Bali tahun 2019, dan AASEC di Bandung tahun 2020.