

**PENGARUH BERBAGAI JENIS BIOCHAR TERHADAP RETENSI AIR,
C-ORGANIK DAN PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG (*Zea mays* L.)
DI LAHAN KERING**

Oleh :
DESSY CHRISTINA SIAHAAN

**MINAT MANAJEMEN SUMBER DAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG
2016**

**PENGARUH BERBAGAI JENIS BIOCHAR TERHADAP RETENSI AIR,
C- ORGANIK DAN PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG (*Zea mays* L.)
DI LAHAN KERING**

Oleh:

DESSY CHRISTINA SIAHAAN

125040200111198

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh Gelar Sarjana Pertanian
Strata Satu (S-1)**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2016

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : **Pengaruh Berbagai Jenis Biochar Terhadap Retensi Air, C- Organik dan Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays L.*) di Lahan Kering**

Nama : Dessy Christina Siahaan

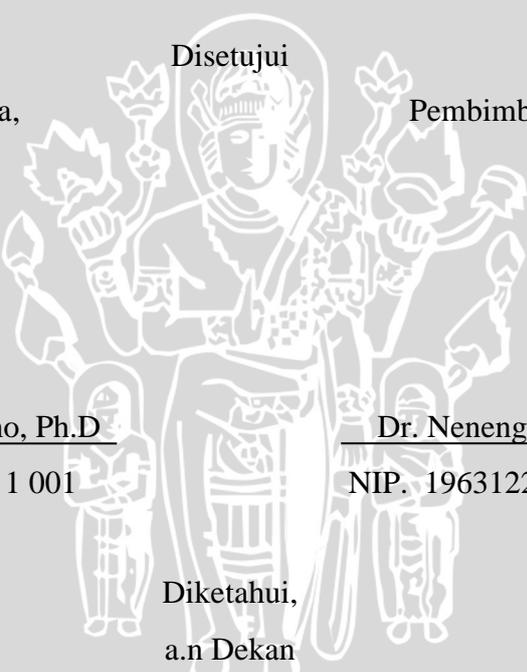
NIM : 125040200111198

Jurusan : Manajemen Sumber Daya Lahan

Program Studi : Agroekoteknologi

Laboratorium : Fisika

Menyetujui : Dosen Pembimbing

Pembimbing Utama,  Disetujui Pembimbing Kedua,

Prof. Ir. Wani Hadi Utomo, Ph.D

NIP. 19491204 197412 1 001

Dr. Neneng Laela Nurida

NIP. 19631229 199003 2001

Diketahui,
a.n Dekan

Ketua Jurusan Tanah

Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU.

NIP. 19540501 198103 1 006

Tanggal Persetujuan :

RINGKASAN

Dessy Christina Siahaan. 125040200111198. **Pengaruh Berbagai Jenis Biochar Terhadap Retensi Air, C-Organik dan Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) di Lahan Kering.** Dibawah bimbingan Wani Hadi Utomo sebagai pembimbing utama dan Neneng Laela Nurida sebagai pembimbing kedua.

Lahan kering memiliki tingkat erosi yang tinggi terutama untuk lahan yang ditanami dengan tanaman semusim. Pengolahan intensif dapat merusak struktur tanah, menyebabkan kehahatan bahan organik tanah sehingga terjadi pemadatan tanah, aerasi menjadi buruk dan kemampuan tanah dalam memegang air menjadi rendah. Rendahnya bahan organik dan kemampuan memegang air tanah akan menghambat pertumbuhan tanaman. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak terhadap kerusakan tanah adalah dengan pemberian bahan pembenah tanah yang mampu bertahan dalam jangka waktu yang lama serta ketersediaannya tinggi. Salah satu pembenah tanah yang dapat digunakan adalah biochar.

Tujuan dari penelitian ini adalah (1) Membandingkan pengaruh berbagai jenis biochar terhadap retensi air, dan C-organik tanah (2) Membandingkan pengaruh berbagai jenis biochar terhadap pertumbuhan tanaman jagung di lahan kering (3) Mengetahui jenis biochar yang memberikan pengaruh terbaik terhadap sifat fisik tanah dan pertumbuhan tanaman jagung di lahan kering. Hipotesis dari penelitian ini adalah (1) Aplikasi pemberian berbagai jenis biochar mampu meningkatkan retensi air, dan C-organik tanah (2) Pemberian berbagai jenis biochar dapat mengoptimalkan pertumbuhan tanaman jagung (3) Pemberian biochar kakao memberikan pengaruh terbaik terhadap sifat fisik tanah dan pertumbuhan tanaman jagung.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2016 hingga Juni 2016 di rumah kaca Balai Penelitian Tanah, Cimanggu, Bogor, Jawa Barat. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan. Penelitian terdiri dari 2 unit yaitu dengan menggunakan tanaman indikator dan tanah tanpa tanaman (tanah inkubasi). Rincian perlakuan yaitu kontrol (B0), biochar sekam padi (B1), biochar kulit buah kakao (B2), biochar batang singkong (B3) dan biochar tongkol jagung (B4). Dosis yang diberikan yaitu 15 t ha^{-1} .

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian biochar sekam padi, kulit kakao, batang singkong dan tongkol jagung dapat meningkatkan kandungan C-organik tanah secara nyata pada masa inkubasi 66 hari. Biochar kulit kakao memberikan pengaruh terbaik terhadap kandungan C-organik tanah. Pemberian berbagai jenis biochar belum mampu meningkatkan retensi air secara nyata pada 66 hari inkubasi. Biochar tongkol jagung memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan tinggi dan jumlah daun tanaman pada umur 8 minggu setelah tanam.

SUMMARY

Dessy Christina Siahaan. 125040200111198. **The Influence of Types of Biochar Against Water Retention, Organic-C and Plant Growth Maize (*Zea mays* L.) in Dryland.** Under the guidance of Wani Hadi Utomo as the main supervisor and Neneng Laela Nurida as second supervisor.

Dry land has high rates of erosion, mainly for land planted to annual crops. Intensive processing can damage soil structure, resulting in deficiencies of soil organic matter, causing soil compaction, aeration becomes worse and the ability of soil to hold water to be low. Low organic matter and water holding capacity of soil will inhibit the plant growth. The efforts should be done to reduce soil degradation is to addition of the soil conditioner which can stay long term in soil and has high availability such as. Biochar of waste agricultural.

The study objectives were (1) to find out the influence of some of biochar on the water retention, and soil organic C (2) to find out the influence of some of biochar on the maize growth in dry land (3) to get the best biochar could increase soil physical properties and the maize growth in dry land. The hypothesis of this study were (1) Application of some biochar can improve soil water retention, and soil organic C (2) Some of biochar can optimize the maize growth (3) Biochar of cocoa shell has the best effect on soil physical properties and maize growth.

This study was conducted in February 2016 until June 2016 in greenhouse, Soil Research Institute, Cimanggu, Bogor, West Java. The experiment was design a completely randomized design (CRD) with 5 treatments and 4 replications. The study consisted of 2 units that are with plant indicator pots and without plant indicator (soil incubation). The treatments were, control (B0), rice husk biochar (B1), cocoa shell biochar (B2), cassava stem biochar (B3) and corncob biochar (B4). The dosage is 15 t ha⁻¹.

The results showed that addition of all biochars can increase soil organic C content significantly at 66-day incubation period. Cocoa shell biochar gives the best effect on the C-organic content of the soil. Type of biochar haven't been able to significantly increase water retention 66-day incubation period. Corncob biochar provided highest plant height and number of leaves at the age of 8 weeks after planting than others.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa atas rahmat dan berkat kasih karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh Berbagai Jenis Biochar Terhadap Retensi Air, C-Organik dan Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) di Lahan Kering”**.

Penulis menyadari telah banyak menerima bantuan selama menyelesaikan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih atas segala bantuan dari semua pihak, terutama kepada :

1. Prof. Ir. Wani Hadi Utomo, Ph.D selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, saran, nasihat dan arahan kepada penulis selama kegiatan penelitian dan penyusunan skripsi.
2. Dr. Neneng Laela Nurida selaku pembimbing kedua dari Balai Penelitian Tanah yang memberikan arahan dan saran selama kegiatan penelitian dan penyusunan skripsi.
3. Kedua orangtua terkasih Bapak Pardamean Siahaan dan Ibu Romli Silaban serta saudara tercinta Shinta Sri Hanna Siahaan, Yoshua Siahaan dan Aprida Naomi Siahaan yang telah memberikan semangat, doa, kasih sayang dan nasehat kepada penulis.
4. Sutono, SP yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan saran selama kegiatan penelitian.
5. Kepala laboratorium dan seluruh staff di laboratorium fisika tanah kimia tanah, Balai Penelitian Tanah yang telah membantu dan memberikan arahan pada penulis selama proses analisis di laboratorium.
6. Netty, Icha Eira, Chyntia, Dwiani, Anisa silvia, Anggid, Libela, Masni, Tiara, Indah dan teman-teman Bogor United yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama pelaksanaan penelitian.
7. Apin, Tita, Gibran, Mbak Tyas, Muchlas dan Natalie yang selalu memberikan dukungan, semangat dan bantuan selama penyusunan skripsi.

8. Seluruh saudara CC'ers dan teman-teman agroteknologi 2012 yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama kegiatan penelitian.
9. Teman-teman Soiler di Jurusan Tanah atas kebersamaan, dukungan, dan bantuannya serta seluruh pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu yang telah ikut berpartisipasi atas terselesainya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan skripsi ini. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca, serta pihak-pihak lain sehingga dapat memberikan ilmu yang bermanfaat.

Malang, Agustus 2016

Penulis



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Brohol pada tanggal 11 Desember 1993 sebagai putri kedua dari 4 bersaudara dari Bapak Pardamean Siahaan dan Romli Silaban. Penulis memiliki kakak perempuan bernama Shinta Sri Hanna, adik laki-laki bernama Yoshua Siahaan serta adik perempuan bernama Aprida Naomi Siahaan.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 014716 Simodong tahun 2000 hingga 2006. Pada tahun 2006 hingga 2009 penulis melanjutkan studi di SMPN 2 Medang Deras, kemudian melanjutkan studi di SMAN 8 Medan hingga tahun 2012. Pada tahun 2012 penulis terdaftar sebagai mahasiswa S-1 Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya melalui jalur ujian SNMPTN tulis. Pada tahun 2015, penulis tercatat sebagai mahasiswa Minat Manajemen Sumberdaya Lahan, Jurusan Tanah Universitas Brawijaya, Malang.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif di HMIT FPUB (Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya) periode 2015-2016. Penulis juga aktif dalam berbagai kegiatan kepanitiaan di lingkup program studi dan himpunan. Penulis pernah mengikuti magang kerja di Balai Penelitian Tanah, Cimanggu, Bogor, Jawa Barat.



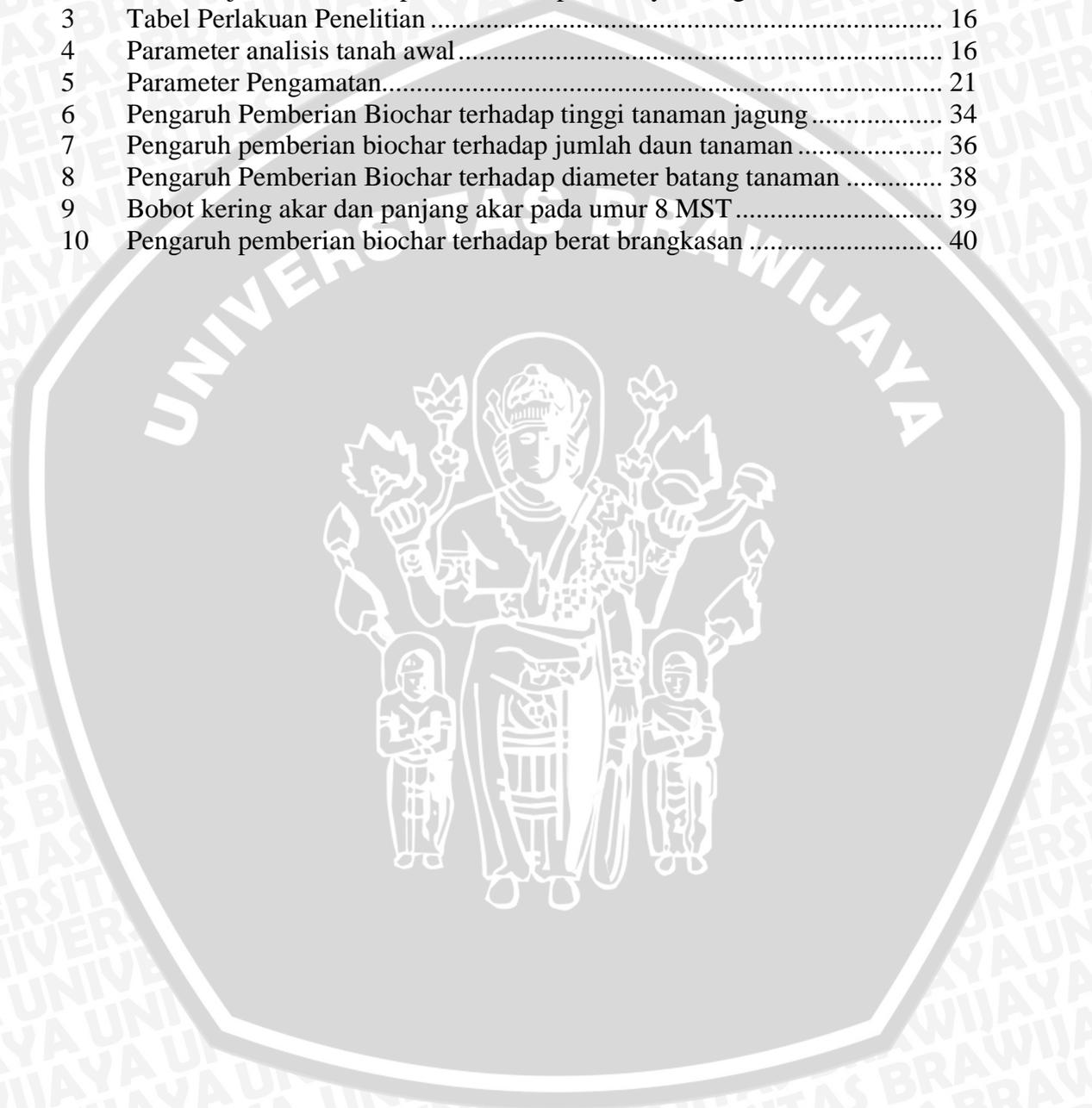
DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
RIWAYAT HIDUP	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.1 Tujuan Penelitian	3
1.2 Hipotesis Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Karakteristik dan Potensi Lahan Kering	5
2.2. Bahan Pembena Tanah.....	5
2.3. Biochar	7
2.4. Potensi Sumber Bahan Baku Biochar	9
2.5. Pengaruh Biochar Terhadap Retensi Air	10
2.6. Pengaruh Biochar Terhadap C-Organik.....	12
2.7. Tanaman Jagung (<i>Zea Mays L.</i>).....	13
III. METODE PENELITIAN	
3.1. Waktu dan Tempat.....	15
3.2. Alat dan Bahan.....	15
3.3. Metode Pelaksanaan.....	15
3.4. Pelaksanaan Penelitian	16
3.5. Pengamatan Penelitian	20
3.6. Analisis Data	21
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Karakteristik Tanah Awal	22
4.2. Pengaruh Perlakuan Berbagai Jenis Biochar terhadap Sifat Tanah	23
4.3. Pengaruh Berbagai Jenis Biochar terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung .	34
4.4. Pembahasan Umum	41
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	44
5.2. Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	51



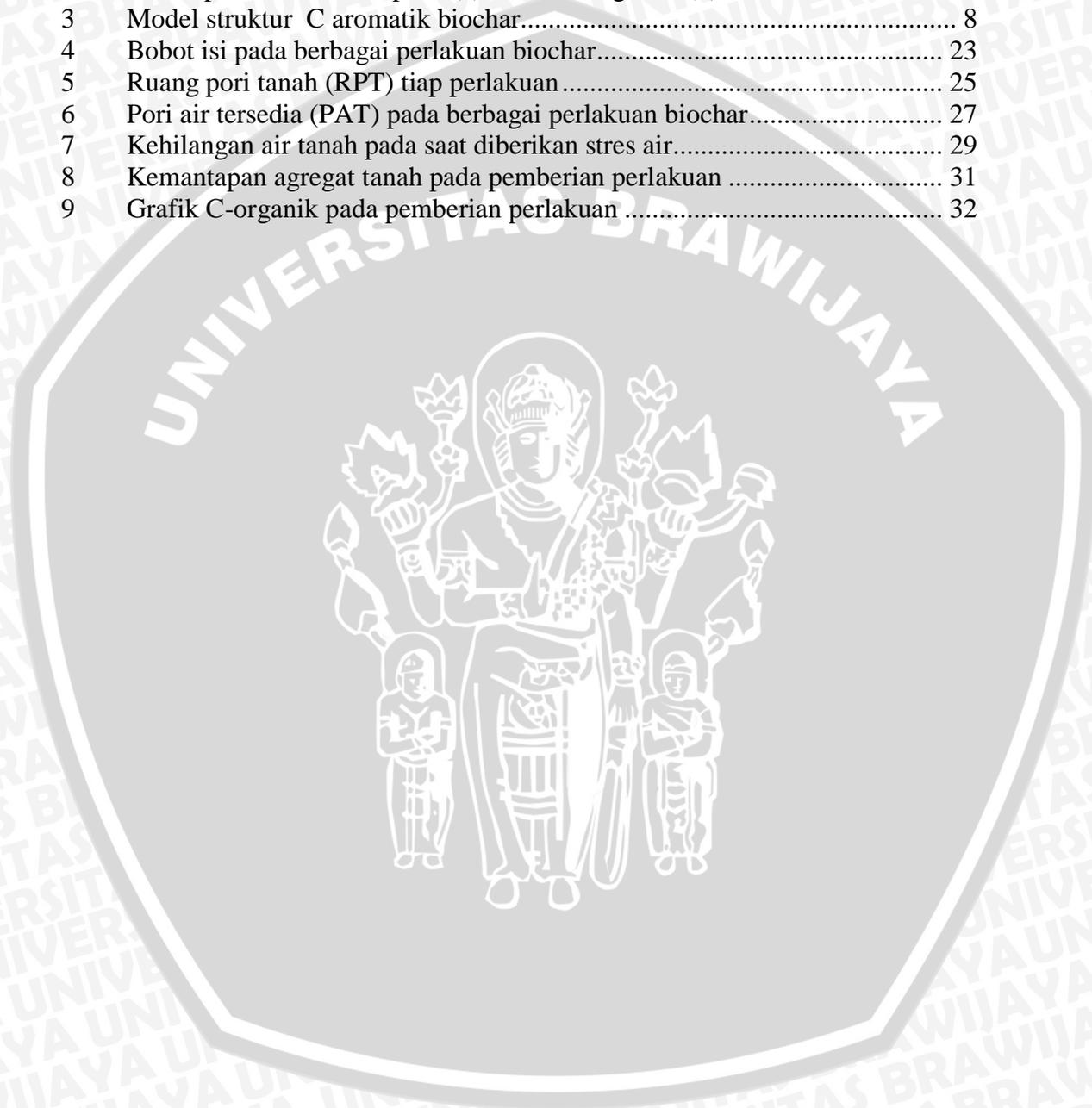
DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1	Kisaran proporsi relatif dari empat komponen utama biochar	8
2	Estimasi jumlah biomas pertanian dan potensinya sebagai bahan baku.....	10
3	Tabel Perlakuan Penelitian	16
4	Parameter analisis tanah awal.....	16
5	Parameter Pengamatan.....	21
6	Pengaruh Pemberian Biochar terhadap tinggi tanaman jagung	34
7	Pengaruh pemberian biochar terhadap jumlah daun tanaman	36
8	Pengaruh Pemberian Biochar terhadap diameter batang tanaman	38
9	Bobot kering akar dan panjang akar pada umur 8 MST	39
10	Pengaruh pemberian biochar terhadap berat brangkasan	40



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1	Alur Pikir Penelitian	4
2	Bahan pembenah tanah pada (a) tanah kering dan (b) tanah basah.....	6
3	Model struktur C aromatik biochar.....	8
4	Bobot isi pada berbagai perlakuan biochar.....	23
5	Ruang pori tanah (RPT) tiap perlakuan.....	25
6	Pori air tersedia (PAT) pada berbagai perlakuan biochar.....	27
7	Kehilangan air tanah pada saat diberikan stres air.....	29
8	Kemantapan agregat tanah pada pemberian perlakuan	31
9	Grafik C-organik pada pemberian perlakuan	32



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1	Karakteristik umum fisik dan kimia tanah Kebun Muara, Bogor.	51
2	Karakteristik kimia biochar yang digunakan.....	51
3	Denah Percobaan	52
4	Penghomogenan BI (Bobot isi)	53
5	Perhitungan Kebutuhan Pupuk dan Biochar.....	54
6	Hasil sidik ragam pengaruh pemberian pembenah tanah biochar terhadap sifat tanah pada pengamatan 66 hari inkubasi	55
7	Hasil sidik ragam pengaruh pemberian pembenah tanah biochar terhadap pertumbuhan tanaman jagung.....	56
8	Kriteria Berat Isi Tanah	58
9	Kriteria kemampuan pori – pori tanah memegang air	58
10	Kriteria penilaian sifat kimia tanah.....	58
11	Kelas tekstur tanah.....	59
12	Klasifikasi permeabilitas tanah.....	59
13	Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	59



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Lahan di Indonesia sebagian besar merupakan lahan kering dengan potensi yang sangat besar untuk pembangunan pertanian. Indonesia memiliki luasan daratan sekitar $\pm 191,09$ juta ha (BPS, 2013). Luas lahan kering di Indonesia mencapai 144,47 juta ha atau 76,20% dari luasan dataran Indonesia, lebih tinggi dibandingkan dengan luas lahan rawa $\pm 34,12$ juta ha dan lahan non rawa $\pm 9,44$ juta ha (BBSDLP, 2014). Total luasan lahan tersebut, yang potensial untuk lahan pertanian hanya sekitar 99,65 juta ha (68,98%) dan sekitar 29,39 juta ha atau 29,50% yang potensial untuk tanaman pangan lahan kering (BBSDLP, 2014). Meski memiliki lahan kering yang sangat luas dan potensial tetapi umumnya produktivitas masih tergolong rendah kecuali untuk tanaman tahunan atau perkebunan.

Salah satu penyebab penurunan produktivitas lahan kering adalah sifat fisik tanah yang buruk, terutama pada lahan yang diolah secara intensif. Lahan kering memiliki tingkat erosi yang tinggi terutama pada lahan yang dimanfaatkan untuk tanaman semusim seperti tanaman pangan (Abdurachman dan Sutono, 2005) dan tanah bertekstur debu (Dariah *et al.*, 2004). Pengelolaan lahan secara intensif dapat merusak sifat fisik tanah. Tanah yang diolah berlebihan tanpa tindakan konservasi akan lebih cepat kering, lebih halus (*powdery*), berstruktur buruk dan menyebabkan kehahatan bahan organik tanah (Rachman, Dariah dan Husen, 2004). Tanah dengan kandungan bahan organik yang rendah umumnya mudah mengalami pemadatan, aerasi buruk dan kemampuan tanah memegang air rendah (Nurida, Dariah dan Sutono, 2013). Keterbatasan air juga menjadi pembatas utama dalam pengelolaan lahan kering, distribusi dan pola hujan yang fluktuatif mengakibatkan usaha tani tidak dapat dilakukan sepanjang tahun (Kartiwa dan Dariah, 2012).

Tanah yang tidak mampu menahan air tanah dalam kurun waktu yang lama dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman, menyebabkan tanaman kekurangan air, laju penyerapan unsur hara semakin rendah, dan pertumbuhan

tanaman tidak normal (Subekti *et al.*, 2007). Untuk itu diperlukan peningkatan kualitas lahan kering dengan penambahan bahan pembenah tanah yang dapat meningkatkan kandungan bahan organik dan kemampuan tanah dalam menahan atau memegang air.

Salah satu bahan pembenah tanah yang dapat digunakan adalah biochar. Biochar merupakan bahan padatan kaya karbon yang terbentuk dari proses pembakaran bahan organik berupa biomasa tanpa atau sedikit oksigen (*pyrolysis*) (Chan *et al.*, 2007). Biochar memiliki hara tanaman, luas permukaan dan daya serap yang tinggi serta kapasitas biochar untuk bertindak sebagai media bagi mikroorganisme diidentifikasi sebagai alasan utama biochar digunakan untuk memperbaiki sifat fisik tanah (Chan *et al.*, 2007). Biochar sangat efektif untuk digunakan dalam perbaikan kualitas tanah khususnya kemampuan tanah dalam memegang air. Aplikasi biochar di lahan kering dapat meningkatkan kadar air tanah kapasitas lapang 22 – 23% (Suwardji, Utomo dan Sukartono, 2012). Glaser, Lehmann and Zech (2002) juga menyatakan pengkayaan karbon tanah melalui biochar berpengaruh positif terhadap stabilitas agregat tanah, Kapasitas Tukar Kation (KTK), kandungan C-organik tanah, retensi air dan hara tanaman. Biochar sebagai bahan organik memiliki gugus-gugus fungsional yang mampu mengikat air, selain itu pengisian pori-pori tanah yang terbentuk karena agregasi tanah yang lebih mantap dapat menampung air di dalam tanah sehingga dapat meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air tanah (Dariah dan Nurida, 2012).

Biochar yang berasal dari limbah organik khususnya limbah pertanian menjadi sumber terbaik karena ketersediaan dan jumlahnya yang cukup melimpah di Indonesia. Terutama limbah pertanian yang sulit mengalami dekomposisi atau memiliki C/N rasio tinggi seperti kulit buah kakao, sekam padi, dan tongkol jagung (Nurida, Dariah dan Rachman, 2009). Secara nasional, sekitar 10,7 juta ton biomas pertanian dapat dikonversikan menjadi biochar dan menghasilkan biochar sekitar 3,1 juta ton. Biomas sekam padi memiliki potensi sekitar 56,48%, kulit buah kakao sekitar 6,53% dan tongkol jagung sekitar 4,54% dari potensi biochar nasional (Sarwani, Nurida dan Agus, 2013).

Berdasarkan uraian diatas terkait potensi dan kendala lahan kering serta potensi biochar sebagai bahan pembenah tanah maka dilakukan kegiatan penelitian “Pengaruh berbagai jenis biochar terhadap retensi air, C-Organik dan pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.) di lahan kering”. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perbedaan pengaruh berbagai jenis biochar terhadap sifat tanah dan pertumbuhan tanaman jagung di lahan kering. Alur pikir penelitian disajikan pada Gambar 1.

1.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Membandingkan pengaruh berbagai jenis biochar terhadap retensi air dan C-organik tanah
- b. Membandingkan pengaruh berbagai jenis biochar terhadap pertumbuhan tanaman jagung di lahan kering
- c. Mengetahui jenis biochar yang memberikan pengaruh terbaik terhadap sifat fisik tanah dan pertumbuhan tanaman jagung di lahan kering

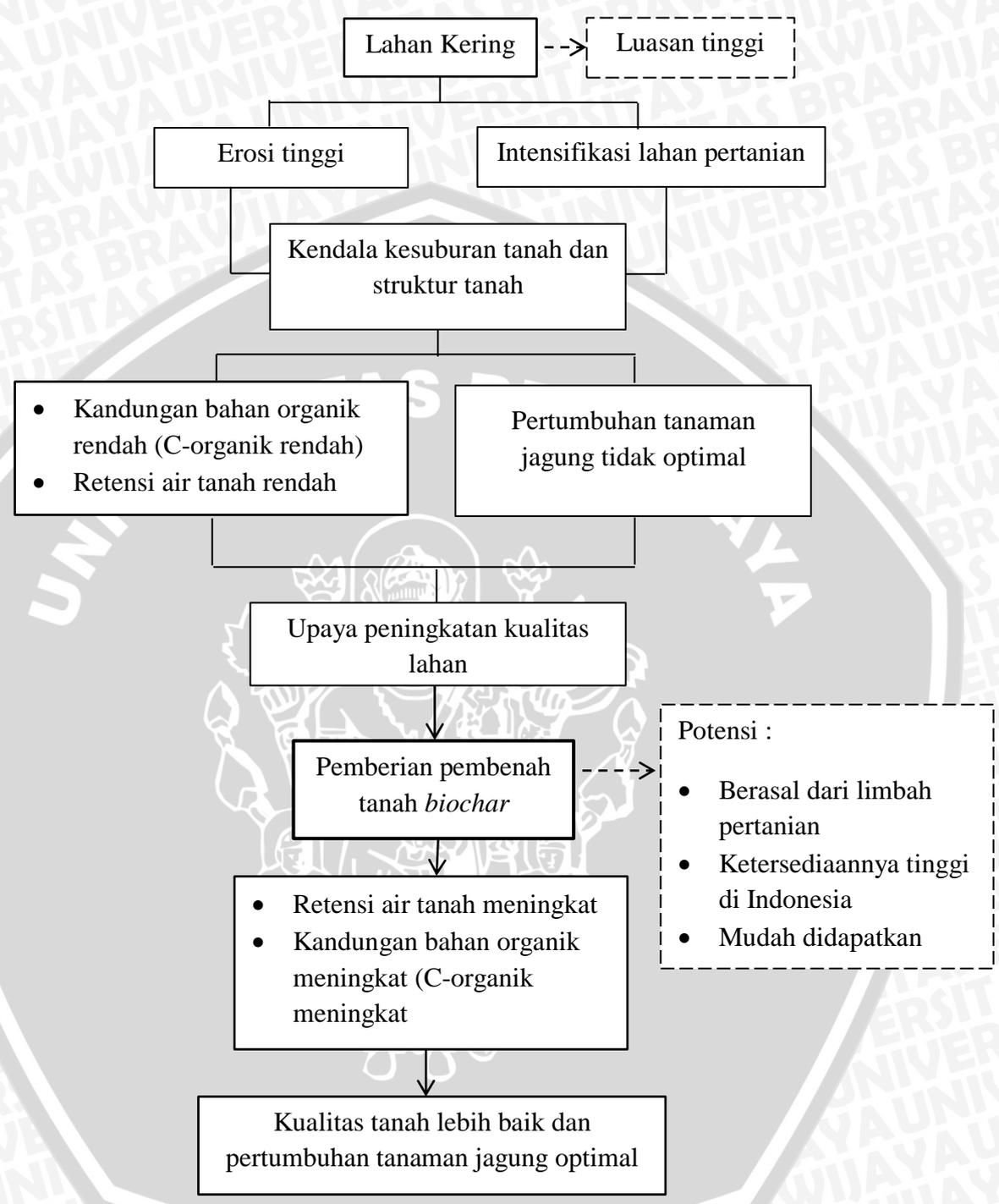
1.2 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini adalah :

- a. Aplikasi pemberian berbagai jenis biochar mampu meningkatkan retensi air dan C-organik tanah
- b. Pemberian berbagai jenis biochar dapat mengoptimalkan pertumbuhan tanaman jagung
- c. Pemberian biochar kakao memberikan pengaruh terbaik terhadap sifat fisik tanah dan pertumbuhan tanaman jagung

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai potensi berbagai limbah pertanian yang dijadikan sebagai biochar untuk memperbaiki sifat fisik tanah dan mengoptimalkan pertumbuhan tanaman jagung di lahan kering. Selain itu, hasil penelitian juga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk menguji lebih lanjut menggunakan limbah pertanian lain yang cukup tersedia dan jumlahnya tinggi di Indonesia.



Gambar 1. Alur Pikir Penelitian



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik dan Potensi Lahan Kering

Lahan kering merupakan hamparan lahan yang tidak pernah digenangi oleh air selama setahun atau sepanjang waktu (BBSDLP, 2014). Lahan daratan Indonesia mencakup sekitar $\pm 191,09$ juta ha dengan luasan lahan kering $\pm 144,47$ juta ha (76,20%) dan sekitar 99,65 juta ha (68,98%) merupakan lahan potensial untuk pertanian (BBSDLP, 2014). Lahan potensial untuk pertanian adalah lahan yang secara biofisik, terutama dari aspek topografi, iklim, sifat fisik, kimia dan biologi tanah sesuai atau cocok untuk dikembangkan menjadi lahan pertanian (BBSDLP, 2014). Luasan lahan kering di Indonesia, sekitar 29,39 juta ha (29,50%) potensial untuk tanaman pangan lahan kering, sekitar 1,12 juta ha (1,13%) untuk tanaman sayuran dataran tinggi, sekitar 66,72 juta ha (66,95%) untuk tanaman tahunan dan sekitar 2,24 juta ha (2,43%) untuk pengembalaan ternak (BBSDLP, 2014). Tanaman pangan umumnya memiliki persyaratan tumbuh yang lebih berat dibandingkan dengan tanaman perkebunan, sehingga preferensi petani lebih condong kepada tanaman perkebunan atau tahunan.

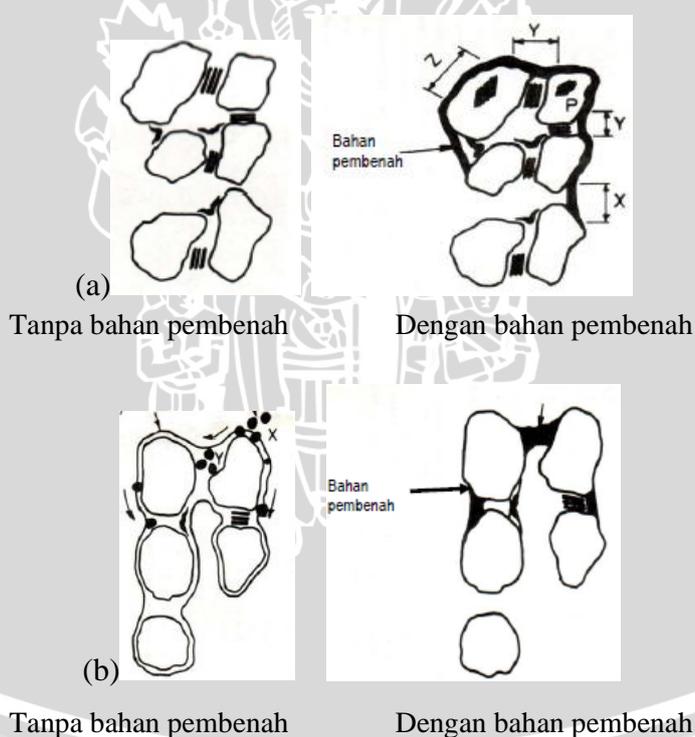
Tingkat erosi yang tinggi dan pengolahan lahan secara intensif menjadi permasalahan utama pada lahan kering. Tingkat erosi yang tinggi menyebabkan menurunnya produktivitas lahan, terutama lahan yang dimanfaatkan untuk usaha tani tanaman semusim seperti tanaman pangan (Abdurachman dan Sutono 2005). Pengolahan lahan secara intensif juga dapat menurunkan produktivitas lahan kering. Hasil penelitian menunjukkan pengelolaan lahan secara intensif dapat merusak struktur dan menyebabkan kekahatan bahan organik tanah (Rachman, Dariah dan Husen, 2004). Tanah dengan kandungan bahan organik yang rendah umumnya mudah mengalami pemadatan, aerasi buruk dan kemampuan tanah memegang air rendah (Nurida, Dariah dan Sutono, 2013).

2.2. Bahan Pembenh Tanah

Pembenh tanah adalah bahan sintetis atau alami, organik atau mineral berbentuk padat atau cair yang mampu memperbaiki sifat kimia, fisika dan biologi tanah secara bersama atau hanya dapat memperbaiki satu sifat permasalahan saja

(Sutono, 2013). Pembena tanah dari bahan organik memiliki bahan aktif utama unsur karbon. Salah satu persyaratan teknis minimal pembena tanah organik yang tercantum dalam Permentan Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 adalah kandungan C-organik minimal 15% (Dariah *et al.*, 2015).

Pembena tanah dibedakan menjadi dua yakni pembena alami dan sintesis (buatan). Pembena alami dibuat dengan bahan dari alam dan struktur senyawa belum mengalami perubahan sedangkan pembena tanah sintesis dibuat oleh pabrik baik dari bahan organik maupun anorganik yang telah mengalami perubahan fisik dan struktur senyawa (Dariah *et al.*, 2015). Konsep utama penggunaan bahan pembena tanah adalah pemantapan agregat tanah untuk mencegah erosi dan pencemaran, mengubah sifat hidrofobik dan hidrofilik sehingga merubah kapasitas menahan air, meningkatkan kemampuan memegang hara dengan meningkatkan KTK tanah (Arsyad, 2000).



(Sumber : Subagyono, Haryati dan Tala'ohu, 2004)

Gambar 2. Bahan pembena tanah pada (a) tanah kering dan (b) tanah basah

Pembena tanah dapat meningkatkan kemantapan agregat tanah dengan cara mengikat antar partikel tanah. Kemampuan tanah dalam merekatkan agregat di tanah basah dan tanah yang kering terjadi dengan proses yang berbeda. Pada

tanah kering, pembenah tanah akan menyelimuti seluruh permukaan partikel tanah dan hanya sebagian kecil yang masuk ke lapisan tanah yang lebih dalam. Jika pembenah tanah di berikan pada tanah yang basah, maka pembenah tanah akan terpenetrasi di antara partikel tanah dan mengikat partikel satu dengan partikel lainnya. Proses pembenah tanah dalam merekatkan partikel tanah diilustrasikan pada Gambar 2 (Subagyo, Haryati dan Tala'ohu, 2004).

2.3. Biochar

Biochar adalah bahan pembenah tanah organik alami yang telah lama di kenal dalam bidang pertanian yang berguna untuk meningkatkan produktivitas tanah. Biochar berasal dari limbah organik khususnya limbah pertanian menjadi sumber terbaik karena ketersediaan dan jumlahnya yang cukup melimpah, terutama limbah pertanian yang sulit mengalami dekomposisi atau memiliki C/N rasio tinggi seperti kulit buah kakao, sekam padi, dan tongkol jagung (Nurida, Dariah dan Rachman, 2009). Biochar dihasilkan melalui proses pembakaran tidak sempurna (*pyrolysis*) yakni dengan memanaskan bahan organik pada temperatur 250 – 500°C dengan sedikit atau tanpa oksigen (Lehmann, 2007). Biochar akan mengandung sekitar 50% C dari C bahan baku sebelum pembakaran dan dekomposisi biologi meninggalkan kurang dari 20% C setelah 5-10 tahun (Lehmann, Gaunt and Rondon, 2006). Penggunaan biochar dalam pembangunan pertanian memberikan manfaat ganda yakni perbaikan produktivitas lahan dan tanaman serta mampu mengurangi emisi CO₂ ke udara (Gani, 2009). Biochar bertahan di dalam tanah selama ratusan hingga ribuan tahun bila dicampur di dalam tanah dan mampu mensekuestrasi karbon dalam tanah (Lehmann, 2007).

Proporsi relatif dari komponen biochar menentukan sifat kimia dan fisika dan fungsi biochar secara keseluruhan. Biochar yang berasal dari bahan baku kayu memiliki sifat yang kasar dan lebih resisten, sedangkan biochar yang berasal dari bahan baku sisa tanaman dan kotoran hewan umumnya lebih halus dan kurang kokoh (Verheijen *et al.*, 2010). Kandungan abu di dalam biochar dipengaruhi oleh kandungan mineral dari bahan baku karena sebagian besar unsur-unsur anorganik tidak menguap pada proses *pyrolysis* (Maftu'ah dan Nursyamsi, 2015). Kadar abu yang berasal dari sisa tanaman umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan bahan

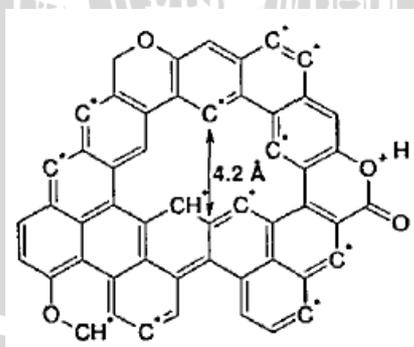
yang berasal dari kayu (Verheijen *et al.*, 2010). Kisaran komponen utama penyusun biochar yang umumnya ditemukan pada berbagai jenis bahan yang telah mengalami proses *pyrolysis* dalam persentase berat akan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kisaran proporsi relatif dari empat komponen utama biochar

Komponen	Proporsi (%)
Karbon tetap	50-90
Bahan volatile	0-40
Kelembaban	1-15
Abu (bahan mineral)	0,5-5

Sumber : Verheijen *et al.* (2010)

Bahan baku limbah pertanian sebagai bahan baku biochar umumnya memiliki berbagai kandungan dengan proporsi yang berbeda terutama lignin dan selulosa. Degradasi termal dari selulosa pada suhu 250 dan 350°C mengakibatkan hilangnya massa yang cukup besar dalam bentuk volatile, menyisakan matrik C yang keras (Verheijen *et al.*, 2010). Peningkatan suhu pirolisis, sejalan dengan proporsi karbon aromatik di dalam biochar karena dipengaruhi oleh hilangnya zat volatile (air, hidrokarbon, uap yang tertinggal, H₂, CO, dan CO₂) (Verheijen *et al.*, 2010). Lehmann, Gaunt and Rondon (2006) menyatakan biochar memiliki struktur C-aromatik yang bersifat lebih tahan terhadap dekomposisi sehingga kandungan C-organik tanah dapat ditingkatkan dan dipertahankan dalam kurun waktu yang cukup lama.



(Sumber : Bourke *et al.*, 2007)

Gambar 3. Model struktur C aromatik biochar

Luas permukaan yang diukur dari mikro pori biochar mengandung pori dengan ukuran 3 dan 10 Å. Pengukuran dilakukan dengan memperhitungkan

adanya rongga di dalam struktur heksagonal. Teknik seperti ketahanan listrik dan XDR (*X-ray diffraction*) menunjukkan bahwa biochar terdiri dari senyawa aromatik yang sangat berkonjugasi. Struktur karbon-oksigen merupakan yang paling stabil secara termal. Model struktur C aromatik biochar yang telah dikarbonisasi mengandung oksigen dan karbon disajikan pada Gambar 3 (Bourke *et al.*, 2007).

2.4.Potensi Sumber Bahan Baku Biochar

Biochar dapat dikonversi dari limbah pertanian, terutama limbah pertanian yang memiliki C/N rasio yang tinggi. Nurida, Dariah dan Rachman (2013), menyatakan bahwa limbah pertanian yang digunakan sebagai bahan baku biochar memiliki C/N rasio >20. Limbah pertanian dengan C/N rasio yang tinggi krang potensial dijadikan sebagai kompos namun sangat potensial untuk dijadikan sebagai pembenah tanah biochar. Limbah organik yang sulit terdekomposisi tersebut diantaranya ialah tempurung kelapa sawit, kulit buah kakao, sekam padi, batang kayu bakau, kulit kelapa sawit, tongkol jagung dan lainnya yang dapat dikonversikan menjadi biochar dan dimanfaatkan sebagai bahan pembenah tanah (Nurida, Dariah dan Rachman, 2009). Pembenah tanah berbahan dasar organik mempunyai formula bahan organik paling tinggi dibandingkan dengan bahan lain (Sutono, 2013). Nurida, Dariah dan Rachman (2009), menyatakan bahwa kandungan C-organik yang terdapat di dalam kulit buah kakao, tempurung kelapa sawit, dan sekam padi sekitar >35%.

Menurut Ogawa, Okimori and Takahashi (2006) sifat kimia dan fisika biochar sangat erat hubungannya dengan material dan proses karbonisasi (suhu dan waktu). Standar kualitas biochar dipengaruhi oleh jenis bahan baku (kayu lunak, kayu keras, sekam padi), metode karbonisasi (tipe pirolisator, temperatur), dan bentuk serta ukuran biochar (bubuk, padat, karbon aktif). Limbah pertanian yang dapat di konversi ke dalam bentuk biochar ketersediannya cukup tinggi di Indonesia. Berikut disajikan data estimasi jumlah biomas pertanian dan potensinya sebagai bahan baku biochar di Indonesia pada Tabel 2.

Tabel 2. Estimasi jumlah biomasa pertanian dan potensinya sebagai bahan baku biochar

Biomasa pertanian	Jumlah	Asumsi proporsi biomasa yang bisa di Konversi	Potensi biomasa yang dapat dikonversi menjadi biochar	Biochar/Rasio biomasa	Potensi Biochar
	t th ⁻¹	%	t th ⁻¹	%	t th ⁻¹
Sekam padi	13.612.343	50	6.806.172	0,26	1.769.605
Tempurung kelapa	539.644	50	269.822	0,25	67.456
Tepurung Kelapa sawit	6.400.000	30	1.920.000	0,50	960.000
Kulit buah kakao	1.208.553	50	604.277	0,33	199.411
Tongkol jagung	3.652.372	30	1.095.712	0,13	142.443
Total	25.412.912		10.695.982		3.138.914

Sumber : Sarwani, Nurida dan Agus (2013)

Hasil analisis Sarwani, Nurida dan Agus (2013) menyatakan bahwa sekitar 10,7 juta t th⁻¹ biomasa yang dapat dijadikan biochar dan menghasilkan biochar sekitar 3,1 juta t th⁻¹. Biomasa sekam padi memiliki jumlah terbesar secara nasional sebanyak 13,6 juta t th⁻¹ dan sekitar 50% dapat dikonversikan menjadi biochar, menghasilkan 1,8 juta t th⁻¹ biochar. Biomasa kulit buah kakao sekitar 1,2 juta t th⁻¹ dapat menghasilkan 199 ribu t th⁻¹ biomasa dalam bentuk biochar. Biomasa tongkol jagung sebanyak 3,6 juta t th⁻¹ dan sekitar 30% dapat dikonversikan menjadi biochar dan menghasilkan 142 ribu t th⁻¹ biochar. Besar proporsi biomasa yang dapat dijadikan biochar dipengaruhi oleh kompetisi dengan penggunaan lain.

2.5. Pengaruh Biochar Terhadap Retensi Air

Retensi air tanah adalah kemampuan tanah dalam menyerap atau menahan air di dalam pori – pori tanah atau melepaskannya dari dalam pori tanah (Kurnia, Nurida dan Kusnadi, 2006). Penetapan retensi air dapat dilakukan di lapangan dan laboratorium. Penetapan di laboratorium dilakukan dengan memberikan tekanan pada contoh tanah jenuh air, tekanan disesuaikan dengan distribusi ukuran pori dan kapiler yang terdapat di dalam tanah. Semakin kecil ukuran pori dan kapiler, tekanan yang diberikan semakin besar untuk mengeluarkan air yang terkandung di dalam tanah. Retensi air tanah ditampilkan dalam bentuk kurva pF yang ditentukan dengan menetapkan kandungan tanah pada berbagai tekanan dalam

satuan atmosfer (atm). Air yang berada dalam pori pemegang air disebut air tersedia bagi tanaman, yang berada antara titik layu permanen (pF 4,2) dan kapasitas lapang (pF 2,54). Ukuran pori tanah mempunyai hubungan dengan kemampuan tanah memegang air tersedia bagi tanaman. Pori tanah yang berdiameter <0,2 mikron disebut pori tidak berguna bagi akar tanaman. Pori tanah dalam retensi air terdiri atas (Sudirman, Sutono dan Juarsah, 2006) :

- a. Pori air tersedia dengan diameter 0,2 – 0,8 mikron (pF 4,2 – 2,54)
- b. Pori drainase lambat dengan diameter 8,6 – 28,8 mikron (pF 2,54 – 2,0)
- c. Pori drainase cepat dengan diameter lebih dari 28,8 mikron (pF 2,0)

Penambahan biochar pada tanah – tanah pertanian berfungsi untuk meningkatkan ketersediaan hara, retensi hara dan retensi air (Glaser, Lehmann and Zech, 2002). Biochar sangat efektif untuk digunakan dalam perbaikan kualitas tanah khususnya kemampuan tanah memegang air. Beberapa penelitian menyatakan setelah pengaplikasian biochar, kandungan air kapasitas lapang meningkat secara nyata (Glaser, Lehmann and Zech, 2002). Sutono dan Nurida (2012) menyatakan bahwa kapasitas air tersedia pada tanah Typic Kanhapludults meningkat antara 1 - 4% volume setelah aplikasi biochar pada satu musim tanam. Hasil penelitian Yu, Raiche, and Sink (2013) juga menyatakan bahwa pada tanah yang tidak diberikan biochar memiliki kemampuan memegang air hanya sekitar 16% dan setelah penambahan biochar dengan proporsi 100% dapat meningkatkan kemampuan menahan air menjadi 274,1% pada tanah pasir berlempung. Aplikasi biochar di lahan kering dapat meningkatkan kadar air tanah kapasitas lapang 22 – 23% (Suwardji, Utomo dan Sukartono, 2012). Hasil penelitian di tanah Ultisol Lampung Timur juga menunjukkan bahwa penggunaan biochar limbah pertanian sekam padi dengan dosis 2,5 – 7,5 t ha⁻¹ mampu meningkatkan pH tanah, KTK, pori air tersedia dan meningkatkan produksi tanaman jagung selama satu musim tanam (Dariah *et al.*, 2015).

Dalam jangka panjang, biochar tidak mengganggu keseimbangan karbon-nitrogen tetapi menahan dan menjadikan air dan nutrisi lebih tersedia bagi tanaman (Gani, 2009). Biochar sebagai bahan organik memiliki gugus-gugus fungsional yang mampu mengikat air, selain itu pengisian pori-pori tanah yang

terbentuk karena agregasi tanah yang lebih mantap dapat menampung air di dalam tanah sehingga dapat meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air tanah (Dariah dan Nurida, 2012). Persentase pori air tersedia dan pori drainase lambat merupakan sifat fisik tanah yang dapat menentukan kemampuan tanah dalam memegang air (Dariah dan Nurida, 2012). Verheijen *et al.* (2010) menyatakan retensi air tanah ditentukan oleh distribusi, konektivitas dan pori – pori meso di dalam tanah dan sebagian diatur oleh tekstur, agregasi dan bahan organik tanah. Prasetyo, Djatmiko dan Sulistyaningsih (2014) menunjukkan bahwa pemberian biochar mampu meningkatkan pori meso di dalam tanah dan sejalan dengan semakin tinggi dosis biochar yang diberikan maka semakin besar pori meso yang dihasilkan. Pori meso dan mikro berfungsi sebagai tempat air yang diikat oleh permukaan matriks tanah setelah hilangnya air gravitasi tanah. Air pada pori meso dan mikro termasuk air kapiler yang tersedia bagi tanaman (Nita, Listyrini dan Kusuma, 2014).

2.6. Pengaruh Biochar Terhadap C-Organik

Bahan organik merupakan sumber utama unsur – unsur hara esensial yang dihasilkan dari proses dekomposisi dan mineralisasi bahan organik dan berfungsi sebagai sumber energi bagi makro dan mikro organisme tanah (Nurida dan Jubaedah, 2014). Penetapan kandungan bahan organik dilakukan berdasarkan jumlah C-organik yang terkandung di dalam tanah. Kandungan bahan organik yang rendah merupakan indikator utama kualitas tanah yang rendah (Rachman dan Dariah 2008).

Bahan organik dirombak secara fisik, biokimiawi (hidrolisis, oksidasi), dan mikrobiologi (enzimatik, oksidasi, mineralisasi) yang menghasilkan berbagai zat humus (fulfat, humat dan humin). Humifikasi dapat berlangsung secara kimiawi, dengan adanya peranan mikroorganisme tanah pada tahap awal dan menghasilkan fulfat. Humifikasi yang berlangsung dengan adanya metabolisme dan otolitis hayati menghasilkan humat dan humin. Radiasi sinar matahari mempengaruhi suhu tanah dan menentukan laju pelapukan bahan mineral, dekomposisi serta humifikasi bahan organik (Notohadiprawiro, 2006).

Bahan organik dengan C/N rasio yang tinggi, seperti sekam memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap perubahan sifat fisik tanah dibandingkan dengan bahan organik yang terdekomposisi seperti kompos (Suriadikarta *et al.*, 2005). Glaser, Lehmann and Zech (2002), menyatakan bahwa biochar mungkin berkontribusi terhadap peningkatan ion tanah dan pencucian bahan organik tanah. Biochar juga dapat mensekuensi karbon dalam jumlah besar di dalam tanah, mereduksi gas rumah kaca dan biochar memiliki pengaruh positif terhadap stabilitas agregat, C-organik, KTK, retensi air dan hara. Menurut Lehmann, Gaunt and Rondon (2006) biochar memiliki struktur C-aromatik yang bersifat lebih tahan terhadap dekomposisi sehingga kandungan C-organik tanah dapat ditingkatkan dan dipertahankan dalam kurun waktu yang cukup lama. Hasil penelitian Ogawa, Okimori and Takahashi (2006) menunjukkan bahwa kontribusi biochar terhadap cadangan karbon sekitar 52,8%, hal ini menunjukkan bahwa biochar mampu mengakumulasi karbon di dalam tanah dalam jumlah yang cukup besar.

2.7. Tanaman Jagung (*Zea Mays* L.)

Tanaman jagung merupakan salah satu jenis tanaman pangan biji-bijian yang berasal dari famili rumput-rumputan. Tanaman jagung berasal dari Amerika yang menyebar ke Asia dan Afrika. Jagung juga tergolong tanaman semusim (*annual*) yang menyelesaikan satu siklus hidupnya sekitar 80-150 hari. Tanaman jagung terdiri dari akar, batang, daun, bunga dan buah. Akar tanaman terdiri dari tiga tipe yaitu akar seminal, adventif, dan akar penyangga. Akar adventif dan akar penyangga berperan dalam pengambilan air dan hara dari dalam tanah (Subekti *et al.*, 2007). Tinggi batang tanaman jagung berkisar 60 – 300 cm (Purwono dan Hartono, 2007). Bunga jantan dan betina terpisah dalam satu tanaman (*monoecious*), bunga jantan tumbuh di bagian puncak tanaman, sedangkan bunga betina tersusun dalam tongkol (Subekti *et al.*, 2007). Berdasarkan umur tanaman jagung berumur pendek (75-90 HST), berumur sedang (90 – 120 HST) dan berumur panjang (> 120 HST) (Purwono dan Hartono, 2007). Jika kekurangan air, rambut tongkol kemungkinan tertunda sedangkan malai tidak berpengaruh (Subekti *et al.*, 2007).

Tanaman jagung bersifat responsif terhadap lingkungan, seperti kebutuhan unsur hara, air dan kondisi iklim. Jika terjadi perubahan secara nyata akan terlihat perubahan tanaman jagung secara fisik (Subekti *et al.*, 2007). Menurut Novriani (2010), tanaman jagung merupakan salah satu tanaman yang mampu beradaptasi dengan iklim yang bervariasi. Suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman jagung berkisar antara 24 – 30°C sedangkan bagi tanaman jagung khususnya jagung hibrida membutuhkan suhu optimum berkisar 23°C-27°C (Warisno, 2007). Tanaman jagung membutuhkan curah hujan yang relatif sedikit, tumbuh normal pada curah hujan antara 250-5000 mm. Kebutuhan air selama masa pertumbuhan minimal 364 mm (Murniyanto, 2007). Tanaman jagung membutuhkan media tumbuh yang gembur dan subur, dengan drainase dan aerasi yang baik. pH yang baik untuk tanaman jagung yaitu berkisar antara 5,5 – 7,0 dengan ketinggian 0 – 1300 mdpl (Novriani, 2010).



III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2016 sampai dengan bulan Juni 2016, di rumah kaca Balai Penelitian Tanah yang terletak di Jalan Tentara Pelajar No. 12, Cimanggu, Bogor, Jawa Barat. Analisis tanah dilaksanakan di Laboratorium Fisika Tanah dan Laboratorium Kimia Tanah, Balai Penelitian Tanah. Bogor.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan antara lain alat untuk persiapan contoh tanah yakni cangkul, karung, ring sampel, sekop, plastik sampel. Alat pada tahap inkubasi tanah yakni timbangan dan botol semprot. Alat untuk pengamatan tanaman yakni penggaris, meteran dan jangka sorong. Alat untuk menganalisis kebutuhan pupuk menggunakan PUTK (Perangkat Uji Tanah Kering). Alat untuk analisis laboratorium meliputi timbangan, cawan, oven, ayakan, *pressure plate apparatus*, pipet, gelas ukur, gelas piala, pH meter, spektrometer, dan tabung pikno, bor tanah, pot ukuran 20 cm x 20 cm x 25 cm dan pot dengan ukuran diameter atas 32 cm, diameter bawah 25 cm dan tinggi 30 cm (Lampiran 4).

Bahan yang digunakan antara lain benih tanaman jagung varietas Bisi 2, sampel tanah utuh dan komposit, air, aquadest, biochar, larutan peroksida (H_2O_2) dan Sodium hexametaphosphat ($NaPO_3$)₆ untuk analisis tekstur tanah. Kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$), Asam sulfat (H_2SO_4) untuk analisis C-organik, pupuk Urea, SP-36 dan KCl sebagai kebutuhan pupuk dasar.

3.3. Metode Pelaksanaan

Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan sehingga terdapat 20 satuan pengamatan. Penelitian terdiri dari 2 unit yaitu dengan menggunakan tanaman indikator dan tanah tanpa tanaman (tanah inkubasi). Denah penempatan pot dilakukan secara acak (Lampiran 3). Percobaan dilakukan dengan unit indikator tanaman jagung varietas Bisi 2. Perlakuan yang diuji disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel Perlakuan Penelitian

Kode	Perlakuan	Dosis	Keterangan
B0	Tanpa pemberian biochar (kontrol)	0 t ha ⁻¹	
B1	Pemberian biochar sekam padi	15 t ha ⁻¹	Pot tanah inkubasi dan pot dengan tanaman
B2	Pemberian biochar kulit buah kakao	15 t ha ⁻¹	
B3	Pemberian biochar batang singkong	15 t ha ⁻¹	
B4	Pemberian biochar tongkol jagung	15 t ha ⁻¹	

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.3.1. Analisis Tanah Awal

Analisis tanah awal dilakukan pada bahan tanah yang akan digunakan sebagai media tanam untuk data pendukung karakteristik tanah. Kegiatan ini dilakukan sebelum budidaya tanaman jagung. Analisis awal tanah serta metode yang digunakan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter analisis tanah awal

No.	Parameter	Metode/alat
1.	Berat Isi	Silinder
2.	Berat Jenis	Piknometer
3.	pH (H ₂ O dan KCl)	pH meter
4.	Retensi Air	Pressure Plate Apparatus
5.	Permeabilitas	De Bootd (1951)
6.	Tekstur tanah	Pipet
7.	C-Organik Tanah	Walkley and Black (1934)

3.3.2. Aplikasi biochar dan budidaya tanaman jagung

3.3.2.1. Persiapan Tanah

Tanah yang digunakan diambil dari lahan kering di Kebun Percobaan Muara, Ciapus, Bogor. Tanah diambil pada kedalaman 0 – 20 cm. Tanah dalam keadaan lembab, diayak dengan ayakan berukuran 2 mm kemudian dilakukan penjemuran untuk menurunkan kadar air tanah. Tanah dimasukkan ke dalam pot berukuran diameter atas 32 cm, diameter bawah 25 cm dan tinggi 30 cm dengan berat 10 kg sebanyak 20 pot untuk tanaman jagung dan pot berukuran 20 cm x 20 cm x 25 cm dengan berat tanah 2,75

kg sebanyak 20 pot untuk inkubasi tanah (tanpa tanaman). Setiap pot memiliki BI (bobot isi) yang sama yakni $1,1 \text{ g cm}^{-3}$ yang disesuaikan dengan kondisi lapang. Penghomogenan Bobot isi (bobot isi) dilakukan setelah penambahan biochar dengan memadatkan tanah sampai pada ketinggian tanah yang sama di dalam pot (Lampiran 4). Kemudian pot ditempatkan di rumah kaca sesuai dengan rancangan.

3.3.2.2. Pengaplikasian Biochar

Biochar yang digunakan yakni biochar sekam, biochar kulit buah kakao, biochar batang singkong dan biochar tongkol jagung yang diproduksi di Kebun Percobaan Taman Bogo, Balai Penelitian Tanah di Kecamatan Purbolinggo, Lampung Timur. Dosis biochar yang diberikan adalah 15 t ha^{-1} untuk masing – masing jenis atau setara dengan $68,2 \text{ g/10kg}$ tanah dan $18,75 \text{ g/2,75 kg}$ tanah (Lampiran 5). Pengaplikasian biochar dilakukan secara langsung dengan mencampurkan tanah yang ada di dalam pot dengan biochar sesuai perlakuan. Pencampuran dilakukan menggunakan karung plastik berukuran besar agar mendapatkan hasil pencampuran yang homogen. Setelah itu, dilakukan inkubasi selama 10 hari sebelum dilakukan penanaman.

3.3.2.3. Penanaman dan pemupukan

Penanaman dilakukan dengan pembuatan lubang sedalam 3-5 cm. Setiap pot yang berkapasitas 10 kg ditanami dengan benih jagung sebanyak 2 biji jagung. Setelah tanaman tumbuh (1 MST) dilakukan penjarangan dengan menyisahkan satu tanaman pada setiap pot. Pemupukan dilakukan dengan cara dibenamkan kedalam tanah dengan jarak sekitar 5 cm dari lubang tanam. Pupuk yang diberikan yakni pupuk Urea 350 kg/ha , SP-36 175 kg/ha dan KCl 100 kg/ha atau setara dengan Urea $2,62 \text{ g/10 kg}$ tanah, SP-36 $1,31 \text{ g/10 kg}$ tanah dan KCl $0,75 \text{ g/10 kg}$ tanah (Lampiran 5).

Pemupukan Urea dilakukan sebanyak 2 kali. Pemupukan pertama pada awal tanam sebanyak 50% (1,31 g/10 kg tanah) dan pemupukan kedua pada umur 4 minggu setelah tanam (4 MST) sebanyak 50% (1,31 g/10 kg tanah). Pupuk SP-36 dan KCl diberikan sekaligus pada awal tanam. Dosis rekomendasi pupuk diketahui dengan menganalisis kandungan hara tanah menggunakan alat PUTK (Perangkat Uji Tanah Kering). Hasil analisis menunjukkan bahwa tanah memiliki kandungan P-tanah yang sedang dan K-tanah yang rendah. Dosis Urea merupakan dosis rekomendasi untuk tanaman jagung dengan syarat adanya penambahan bahan organik ke dalam tanah. Pupuk anorganik hanya diberikan pada pot dengan tanaman.

3.3.2.4. Penyiraman

Penyiraman dilakukan dengan 2 cara yaitu pada media tanah yang diinkubasi dilakukan penyiraman sesuai dengan kondisi kapasitas lapang untuk menjaga kelembaban tanah. Penyiraman pada pot dengan volume tanah 2,75 kg (tanah inkubasi) dilakukan dengan cara menimbang bobot total dari tanah dan berat pot ditambah dengan kadar air kapasitas lapang yang diketahui dari retensi air pada tekanan pF 2,54. Setelah bobot kapasitas lapang ditentukan pada masing – masing pot, maka penyiraman dilakukan ketika terjadi penurunan kadar air dengan batas minimum kehilangan kadar air 10% (telah ditetapkan penyiraman dilakukan 1 kali dalam 2 hari). Pada pot berukuran 10 kg (ditanami benih jagung) dilakukan inkubasi selama 10 hari sebelum penanaman. Setelah melawati masa inkubasi dilakukan penyiraman secara kondisional dengan volume yang sama pada setiap pot perlakuan.

3.3.2.5. Pengendalian OPT

Pengendalian OPT atau Organisme Pengganggu Tanaman dilakukan secara mekanis, yaitu apabila terdapat OPT di

sekitar pot ataupun di dalam rumah kaca dapat diambil secara langsung dan melakukan monitoring setiap waktu. Tindakan pencegahan lain dilakukan dengan menutup rumah kaca yang digunakan agar OPT tidak masuk ke dalam rumah kaca.

3.3.2.6. Pengamatan

Pengamatan dilakukan pada dua masa yakni sebelum panen biomas dan sesudah panen biomas. Pada masa sebelum panen, dilakukan pengamatan pada pertumbuhan tanaman jagung pada umur 2 MST (Minggu Setelah Tanam), 4 MST, 6 MST, dan 8 MST meliputi tinggi tanaman, jumlah daun dan diameter batang. Tinggi tanaman diukur menggunakan meteran dari atas permukaan tanah hingga daun tertinggi. Jumlah daun diperhitungkan setelah daun memiliki bentuk sempurna dalam satu helai daun, dan diameter batang tanaman diukur dengan menggunakan jangka sorong pada pangkal batang.

Pada 8 MST dilakukan penimbangan berat brangkasan (batang dan daun), berat akar tanaman jagung serta analisis tanah setelah diberikan perlakuan. Berat brangkasan dan akar yang diamati yakni berat basah dan berat kering brangkasan sedangkan analisis tanah dilakukan di laboratorium sesuai dengan parameter yang diamati.

3.3.2.7. Pemanenan dan pengambilan sampel

Pemanenan tanaman dilakukan setelah tanaman berumur 8 minggu setelah tanam (MST), dengan mengambil brangkasan tanaman jagung dengan cara memotong pangkal batang tanaman jagung dan hanya menyisakan akar tanaman di dalam tanah. Akar tanaman dikeluarkan dari dalam pot dan dibersihkan menggunakan air.

Pengambilan sampel tanah utuh dilakukan pada pot inkubasi dengan menggunakan ring sampel. Semua ring sampel

berukuran seragam. Setiap pot diambil sebanyak 3 sampel ring. Pengambilan sampel dilakukan dengan memberikan tekanan pada ring menggunakan balok berukuran kecil. Setelah ring masuk ke dalam tanah kemudian diambil dan sampel tanah tetap harus dalam keadaan utuh tanpa adanya gangguan. Pengambilan sampel komposit dilakukan pada pot inkubasi dan pot yang ditanami tanaman dengan menggunakan bor tanah. Sampel tanah diambil dari beberapa titik di dalam pot kemudian dicampurkan dalam satu wadah plastik yang telah diberi label sebelumnya.

3.3.2.8. Pengukuran kehilangan air

Pengukuran kehilangan air dilakukan setelah pengambilan sampel tanah pada pot tanah inkubasi. Tanah dibiarkan selama 1 minggu tanpa adanya pemberian irigasi ke dalam tanah. Pengambilan tanah dilakukan secara komposit dengan mencampurkan tanah dari 5 titik di dalam pot (4 sisi bagian pot dan 1 dibagian tengah pot). Pengambilan dilakukan secara rutin setiap hari pada pukul 15.00 WIB selama 1 minggu. Hal ini dilakukan untuk mengetahui air yang hilang dari dalam tanah pada setiap pot setelah terkena paparan sinar matahari dengan suhu yang sama di dalam rumah kaca. Pengukuran dilakukan dengan menghitung berat basah dan kering tanah, sebelum dan setelah pengovenan. Metode yang digunakan dalam analisis kehilangan air tanah yakni metode gravimetri, dengan mengoven tanah pada suhu 105°C selama 3 jam.

3.5. Pengamatan Penelitian

Pengamatan penelitian yang dilakukan mencakup kegiatan di rumah kaca dan di laboratorium. Pengamatan tanaman (tinggi tanaman, jumlah daun, diameter tanaman, akar tanaman, brangkasan tanaman) dilakukan di rumah kaca, sedangkan analisis tanah dilakukan di

laboratorium. Parameter pengamatan yang diamati dalam penelitian ini, disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Parameter pengamatan tanah dan tanaman

No.	Parameter Penelitian	Metode/alat	Waktu
Tanah			
1.	Berat isi	Silinder	
2.	Ruang pori total	Perhitungan $((1-BI)/BJ) \times 100$	66 hari
3.	Retensi air tanah	Prassure plate apparatus	inkubasi tanah
4.	Kehilangan air tanah	Gravimetri	
5.	Kemantapan agregat	Ayakan tunggal	
6.	C – Organik	Walkley dan Black	
Tanaman			
1.	Tinggi tanaman	Pengukuran	Sebelum panen
2.	Jumlah daun	Pengukuran	(2, 4, 6, 8 MST)
3.	Diameter batang	Pengukuran	
4.	Berat brangkasan	Destruktif	Setelah panen
5.	Berat kering akar dan panjang akar	Destruktif	(8 MST)

Keterangan : MST = minggu setelah tanam

3.6. Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan sidik ragam atau *Analysis of Variance* (ANOVA). Setelah itu, pengujian data dilakukan dengan menggunakan uji F taraf 5%. Jika perlakuan berpengaruh terhadap variabel atau parameter, maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan Uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Tanah Awal

Lokasi pengambilan bahan tanah yang digunakan berasal dari kebun percobaan Muara Balai Penelitian Tanaman Padi, Kecamatan Ciomas, Bogor. Kebun percobaan Muara memiliki luasan sekitar 30 ha. Jenis tanah Latosol dengan ketinggian 250 m dpl (Lestari, Aswidinnoor dan Suwarno, 2007). Pengambilan bahan tanah dilakukan pada lahan bera, bekas penanaman benih padi. Analisis tanah awal dilakukan untuk mengetahui karakteristik tanah yang digunakan pada penelitian. Karakteristik tanah awal di lapangan menunjukkan keadaan tanah sebenarnya tanpa adanya gangguan pengayakan dan penjemuran di rumah kaca. Tanah yang digunakan di rumah kaca disebut dengan bahan tanah. Bahan tanah memiliki karakteristik yang sedikit berbeda dengan keadaan di lapangan.

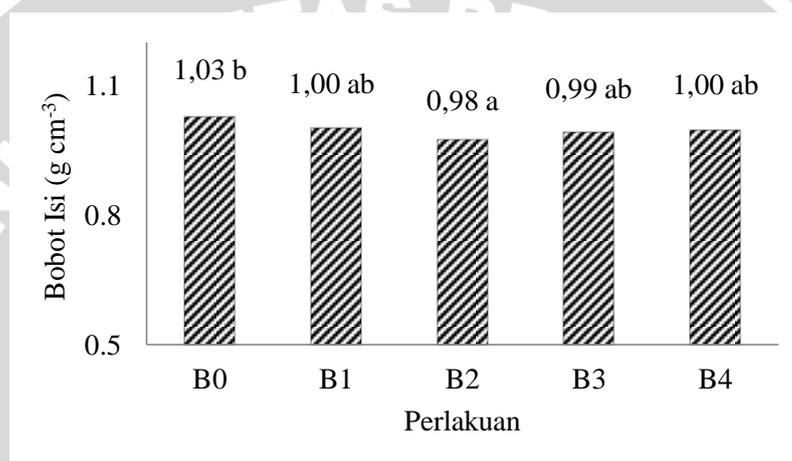
Hasil analisis tanah awal menunjukkan bahwa tanah di lapangan memiliki karakteristik tekstur lempung, bobot isi tanah tergolong sedang, permeabilitas agak cepat dan air tersedia sekitar 19,2 %. Bahan tanah setelah dilakukan pengayakan dan penjemuran tanah di rumah kaca memiliki tekstur lempung berdebu, pH agak masam, kandungan C-organik rendah (Lampiran 1). Kandungan organik tanah yang rendah dapat dijadikan suatu indikator kualitas tanah yang rendah. Karakterisasi bahan organik dapat dilakukan secara kimiawi dengan berdasarkan kandungan C-organik tanah (Suriadikarta *et al.*, 2005). Sifat fisik yang penting dari bahan organik adalah kemampuannya dalam mengikat air sehingga kemampuan tanah dalam menyediakan air untuk tanaman meningkat (Suariadikarta *et al.*, 2005).

Karakteristik kandungan unsur hara setelah dianalisis menggunakan PUTK menunjukkan bahwa tanah memiliki kandungan unsur P tanah tergolong sedang dan unsur K tanah tergolong rendah (Lampiran 1).

4.2. Pengaruh Perlakuan Berbagai Jenis Biochar terhadap Sifat Tanah

4.2.1. Bobot Isi

Analisis bobot isi tanah dilakukan pada tanah inkubasi. Berdasarkan hasil uji statistik, pemberian berbagai jenis biochar memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot isi tanah (Lampiran 6a). Klasifikasi setelah pemberian biochar menunjukkan kelima perlakuan masih berada pada kelas sedang (Lampiran 8). Pengaruh pemberian berbagai jenis biochar terhadap bobot isi tanah di sajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Bobot isi pada berbagai perlakuan biochar

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%; B0 (tanpa perlakuan), B1 (biochar sekam padi 15 t ha⁻¹), B2 (biochar kulit buah kakao 15 t ha⁻¹), B3 (biochar batang singkong 15 t ha⁻¹), B4 (biochar tongkol jagung 15 t ha⁻¹).

Gambar 4 menunjukkan bahwa pemberian berbagai biochar mampu menurunkan bobot isi tanah. Penurunan tertinggi pada perlakuan B2 dengan nilai bobot isi 0,98 g cm⁻³ memberikan perbedaan yang nyata jika dibandingkan dengan perlakuan B0, namun belum memberikan perbedaan yang nyata dengan perlakuan B1, B3, dan B4. Penurunan juga terjadi pada perlakuan B3 dengan nilai bobot isi 0,99 g cm⁻³, B1 dan B4 dengan nilai bobot isi 1 g cm⁻³, jika dibandingkan dengan tanah tanpa pemberian biochar. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian biochar mampu menurunkan kepadatan tanah. Hasil penelitian Laird *et al.* (2010) menyatakan bahwa pemberian biochar campuran kayu selama 500 hari inkubasi mampu menurunkan bobot isi tanah secara nyata dibandingkan

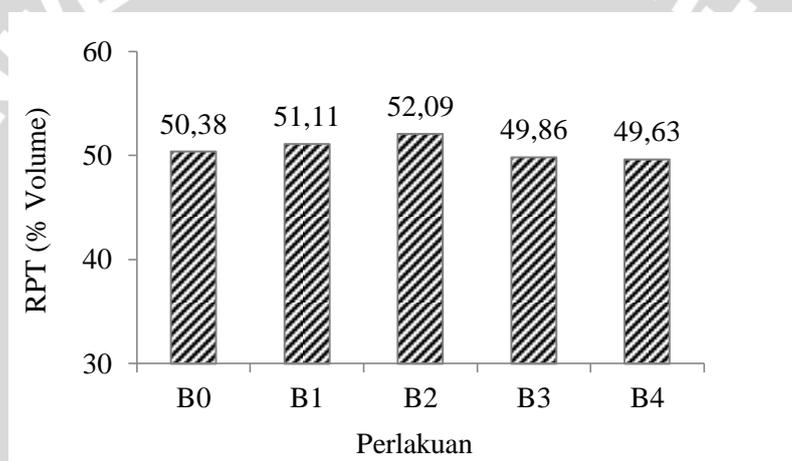
dengan tanah yang tidak diberikan biochar. Hasil penelitian Nurida, Rachman dan Sutono (2012) juga menyatakan bahwa pemberian biochar dengan dosis 5 t ha^{-1} dapat menurunkan bobot isi tanah dari 1 g cm^{-3} menjadi $0,82 \text{ g cm}^{-3}$ di lahan kering iklim kering. Penurunan bobot isi tanah diduga karena biochar memiliki bobot isi yang lebih rendah dibandingkan dengan tanah mineral (Verheijen *et al.*, 2010). Selain itu, penggunaan biochar ke dalam tanah akan merubah hidrologi tanah karena adanya perubahan porositas dan agregasi dalam jangka panjang (Major, 2009).

Penurunan bobot isi tanah erat hubungan dengan kandungan bahan organik di dalam tanah. Tanah dengan kandungan bahan organik yang rendah umumnya mudah mengalami pemadatan, aerasi buruk dan kemampuan tanah memegang air rendah (Nurida, Dariah dan Sutono, 2013). Hal ini terkait dengan fungsi bahan organik di dalam tanah, yang berperan sebagai perekat antar partikel tanah sehingga agregasi tanah menjadi lebih baik, ruang pori tanah meningkat, dan bobot isi menurun (Zulkarnain, Prasetya dan Sumarno, 2012). Bahan organik tanah yang tinggi dapat diidentifikasi dari kandungan C-organik yang tinggi.

Biochar sekam padi, kulit kakao, batang singkong dan tongkol jagung yang digunakan memiliki kandungan C-organik yang berbeda-beda (Lampiran 2). Kandungan C-organik kulit kakao yang digunakan yakni 16,31% dapat menurunkan bobot isi tanah menjadi $0,98 \text{ g cm}^{-3}$, diikuti dengan biochar batang singkong yang memiliki kandungan C-organik 12,63% dapat menurunkan bobot isi tanah menjadi $0,99 \text{ g cm}^{-3}$. Biochar tongkol jagung dan sekam padi dengan kandungan C-organik masing-masing 8,46% dan 1,11% dapat menurunkan bobot isi tanah menjadi 1 g cm^{-3} . Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan C-organik yang dimiliki biochar sebagai pembenah tanah maka semakin besar kemungkinan untuk dapat menurunkan bobot isi tanah. Dariah *et al.* (2015) menyatakan bahwa pembenah tanah organik yang sesuai dengan Permentan memiliki kandungan C-organik minimal 15%.

4.2.2. Ruang Pori Total

Ruang pori total (RPT) merupakan proporsi ruang kosong yang terdapat dalam volume tanah yang ditempati air dan udara, sehingga merupakan indikator kondisi drainase dan aerasi tanah (Hanafiah, 2008). Ruang pori tanah dipengaruhi oleh kepadatan tanah, distribusi ukuran partikel, bentuk partikel dan keamatan partikel (Nimmo, 2004). Berdasarkan hasil uji statistik, menunjukkan bahwa pemberian berbagai jenis biochar tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap ruang pori total (Lampiran 6b). Pengaruh berbagai jenis biochar terhadap ruang pori total akan disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Ruang pori tanah (RPT) tiap perlakuan

Keterangan : B0 (tanpa perlakuan), B1 (biochar sekam padi 15 t ha^{-1}), B2 (biochar kulit buah kakao 15 t ha^{-1}), B3 (biochar batang singkong 15 t ha^{-1}), B4 (biochar tongkol jagung 15 t ha^{-1}); RPT = Ruang pori total.

Hasil analisis menunjukkan bahwa berbagai jenis biochar belum memberikan pengaruh yang nyata terhadap ruang pori total. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan kandungan asam humat yang ada pada biochar yang relatif sama. Biochar sekam padi, kulit buah kakao, tongkol jagung dan batang singkong masing-masing memiliki kandungan humat yakni 0,02%, 0,14%, 0,17% dan 0,15% (Lampiran 2). Asam humat dapat merekatkan partikel tanah sehingga menciptakan ruang pori di dalam tanah. Asam humat yang terkandung di dalam biochar belum mampu memberikan pengaruh yang besar terhadap RPT. Hasil penelitian Wiwik *et al.* (2015) menunjukkan bahwa biochar dengan kandungan asam humat

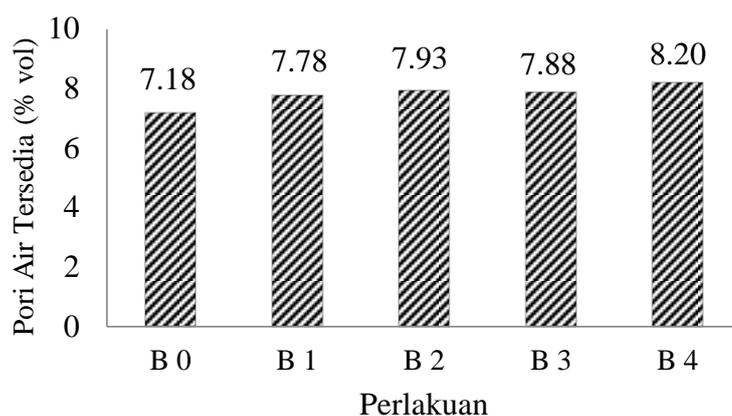
0,45% dan asam fulfat 0,44% belum mampu memberikan pengaruh yang nyata terhadap RPT selama satu musim tanam kedelai (>80 hari) pada lapisan 0-20 cm. Asam humat dan fulfat merupakan asam organik yang berasal dari pelapukan bahan organik (Utami dan Handayani, 2003).

Perlakuan berbagai jenis biochar memberikan sedikit perubahan terhadap persentasi ruang pori total yang ada di dalam tanah. Pemberian biochar kulit kakao dan biochar sekam padi memiliki ruang pori total masing-masing 52,09% dan 51,11%. Biochar batang singkong dan tongkol jagung memiliki persentasi masing-masing 49,86% dan 49,63%. Major (2009) menyatakan bahwa biochar memiliki pori yang berbeda sesuai dengan bahan baku dan proses pembuatan arang. Ogawa, Okimori and Takahashi (2006) juga mengungkapkan bahwa kemampuan biochar dipengaruhi oleh bahan baku, proses pembakaran, serta bentuk arang yang akan diaplikasikan ke dalam tanah. Persentase ruang pori total setelah pemberian biochar meningkat dengan adanya penurunan bobot isi tanah (Gambar 4). Hal ini sesuai dengan Hillel (1982), yang menyatakan bahwa bobot isi tanah berbanding terbalik dengan ruang pori total tanah. Namun, penurunan bobot isi tanah belum mampu memberikan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan ruang pori total. Hal ini menunjukkan bahwa dibutuhkan waktu yang lebih panjang untuk dapat melihat pengaruh biochar secara nyata terhadap ruang pori total, sehingga dapat terlihat interaksi yang nyata antara bobot isi tanah dan ruang pori total tanah.

4.2.3. Retensi Air

Retensi air tanah adalah kemampuan tanah dalam menyerap atau menahan air di dalam pori-pori tanah atau melepaskannya dari dalam pori tanah (Kurnia, Nurida dan Kusnadi, 2006). Analisis retensi air dilakukan dengan memberikan tekanan yang berbeda-beda. Tekanan yang diberikan pada analisis retensi air disetarakan dengan kemampuan tanah dalam meloloskan air bagi tanaman dan kadar air tanah dimana tanaman sudah tidak mampu lagi menahan air (Sudirman, Sutono dan Juarsah, 2006). Bagian terpenting dari retensi air adalah kemampuan tanah dalam

menyediakan air bagi tanaman. Air yang diserap oleh tanaman berada pada pori air tersedia. Kandungan air tersedia terlihat dari selisih antara pF 2,54 dan pF 4,2. Pemberian berbagai jenis biochar belum memberikan pengaruh yang nyata terhadap pori air tersedia di dalam tanah (Lampiran 6c). Berdasarkan klasifikasi kelima perlakuan masuk ke dalam kategori pori air tersedia yang masih rendah (Lampiran 9). Kemampuan dalam menyimpan air tersedia dapat dilihat pada (Gambar 6).



Gambar 6. Pori air tersedia (PAT) pada berbagai perlakuan biochar

Keterangan : B0 (tanpa perlakuan), B1 (biochar sekam padi 15 t ha^{-1}), B2 (biochar kulit buah kakao 15 t ha^{-1}), B3 (biochar batang singkong 15 t ha^{-1}), B4 (biochar tongkol jagung 15 t ha^{-1}).

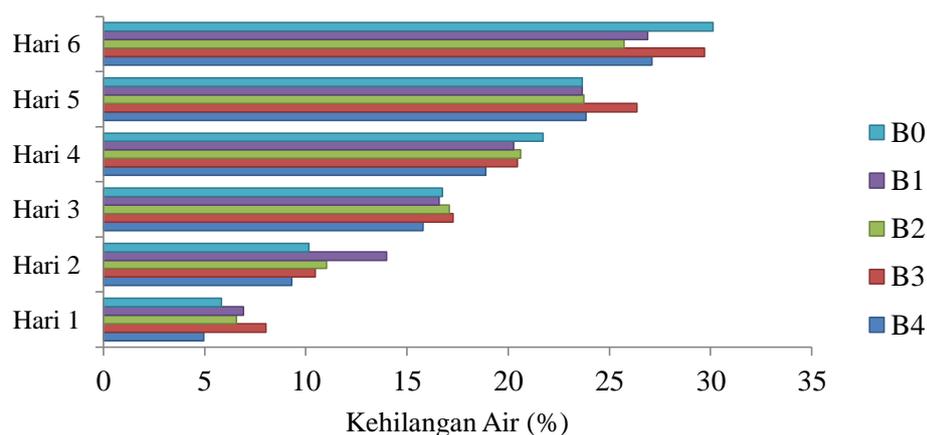
Gambar 6 menunjukkan bahwa perlakuan B0, B1, B2, B3, dan B4 memiliki persentasi volume pori air tersedia masing-masing 7,18%, 7,78%, 7,93%, 7,88% dan 8,20%. Berdasarkan hasil penelitian Nurida dan Rachman (2009), pemberian biochar 5 dan $7,5 \text{ t ha}^{-1}$ mampu meningkatkan pori air tersedia pada tanah sangat masam dan kandungan C-organik sangat rendah. Dosis yang diberikan pada penelitian ini lebih tinggi dari penelitian tersebut yakni 15 t ha^{-1} namun belum memberikan pengaruh secara nyata. Hal ini diduga karena bahan tanah yang digunakan memiliki karakteristik yang berbeda.

Salah satu sifat fisik tanah yang dapat mempengaruhi kemampuan biochar dalam memegang air adalah jenis tekstur tanah. Verheijen *et al.* (2010) menyatakan retensi air tanah ditentukan oleh distribusi, konektivitas dan pori – pori meso di dalam tanah dan sebagian diatur oleh

tekstur, agregasi dan bahan organik tanah. Tanah yang digunakan pada penelitian ini yakni memiliki fraksi pasir 29%, debu 53% dan liat 18% masuk ke dalam klasifikasi kelas tekstur lempung berdebu (Lampiran 1). Berdasarkan hasil penelitian Sutono dan Nurida (2012), pemberian biochar kulit buah kakao nyata meningkatkan pori air tersedia pada tanah bertekstur pasir 50 – 92%. Atkinson, Fitzgerald, and Hipps (2010) juga menyatakan bahwa manfaat yang besar dari penggunaan biochar terhadap kemampuan tanah dalam meretensi air hanya ditunjukkan pada tanah berpasir. Hal ini dipengaruhi oleh karakteristik yang berbeda pada tekstur dominan fraksi pasir, debu, dan liat. Tekstur berpasir memiliki kemampuan meretensi air yang lebih rendah dibandingkan dengan tekstur dominan debu dan liat (Subagyono, Haryati dan Tala'ohu, 2004). Hal tersebut menunjukkan bahwa biochar lebih efisien jika diaplikasikan pada tanah dengan kemampuan memegang air yang lebih rendah, umumnya dicirikan dengan pori makro yang lebih dominan dibandingkan pori meso dan mikro.

4.2.4. Kehilangan air

Berbeda dengan pengukuran retensi air yang dilakukan dengan pemberian tekanan pada perlakuan. Pengukuran kehilangan air dilakukan dengan memberikan stres air selama 6 hari pada suhu dan intensitas cahaya matahari yang sama disetiap perlakuan. Sebelum pengamatan, tanah inkubasi dalam keadaan kadar air kapasitas lapang. Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui jenis biochar yang mampu menyimpan air secara aktual pada saat tidak terdapat penambahan air ke dalam tanah atau saat tidak diberikan irigasi. Besarnya persentase kehilangan air tanah setelah pemberian stres air pada masing – masing perlakuan disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Kehilangan air tanah pada saat diberikan stres air

Keterangan : B0 (tanpa perlakuan), B1 (biochar sekam padi 15 t ha^{-1}), B2 (biochar kulit buah kakao 15 t ha^{-1}), B3 (biochar batang singkong 15 t ha^{-1}), B4 (biochar tongkol jagung 15 t ha^{-1}).

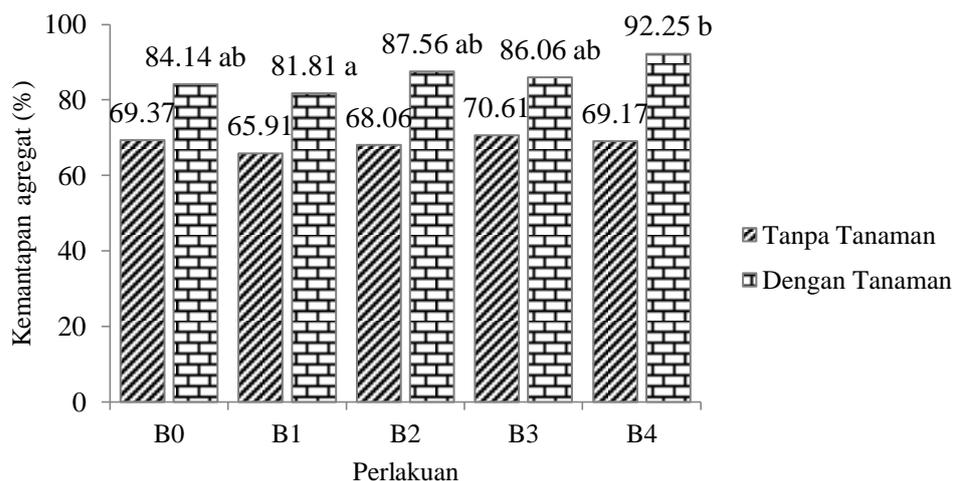
Kehilangan air tanah dapat terjadi melalui evaporasi, aliran permukaan dan perkolasi. Penelitian ini focus mengamati kehilangan air yang terjadi akibat penguapan air dari permukaan tanah atau evaporasi. Evaporasi merupakan suatu proses perubahan sifat dari fase cairan ke fase gas (Hidayana, 2007). Kehilangan air dipengaruhi oleh kondisi iklim, terutama temperatur, kelembaban udara, kecepatan angin serta kandungan air tanah (Hidayana, 2007). Penelitian dilakukan di rumah kaca dengan kondisi iklim yang relatif sama, sehingga kehilangan air lebih dipengaruhi oleh kandungan dan karakteristik masing-masing biochar yang diberikan pada perlakuan.

Pada Gambar 7 menunjukkan kehilangan air pada masing-masing perlakuan. Perlakuan B0 mengalami kehilangan air tertinggi pada pengamatan hari ke-6 dengan nilai penurunan 30,1%. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan tanpa pemberian biochar (B0) kurang mampu menyimpan air di dalam tanah saat terkena radiasi matahari. Sedangkan perlakuan B2 mengalami kehilangan air terendah pada hari ke-6 yakni 25,7% diikuti dengan perlakuan biochar sekam, tongkol jagung, dan batang singkong yakni 26,9%, 27,1% dan 29,7%. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan B2 mampu menyimpan air dalam jangka

waktu yang lebih lama jika dibandingkan dengan perlakuan lain. Biochar kulit kakao (B2) memiliki kandungan C-organik dan asam humat yang paling tinggi dibandingkan dengan biochar lain yakni 16,31% dan 0,61% (Lampiran 2). Hal ini terkait dengan kemampuan bahan organik sebagai pengikat air semakin tinggi kandungan bahan organik maka kemampuannya dalam mengikat air semakin tinggi. Asam humat merupakan hasil dekomposisi lanjut dari bahan organik melalui proses humifikasi. Asam humat dan fulfat merupakan asam organik yang berasal dari pelapukan bahan organik (Utami dan Handayani, 2003). Kandungan C-organik yang tinggi juga akan menghasilkan kandungan bahan organik yang tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biochar kakao lebih tinggi dibandingkan dengan biochar sekam, tongkol jagung dan batang singkong. Hal ini sesuai dengan penelitian Sutono dan Nurida (2012), menyatakan bahwa biochar yang berasal dari kulit kakao lebih mampu mempertahankan kandungan air jika dibandingkan dengan biochar tempurung kelapa sawit dan sekam.

4.2.5. Kemantapan Agregat

Stabilitas agregat dan ukuran agregat digunakan untuk mengevaluasi dampak berbagai teknik pertanian, misalnya pengolahan tanah, penambahan bahan organik, dan erosi angin ataupun air (Nimmo, 2004). Analisis agregat tanah dilakukan pada tanah inkubasi dan tanah yang ditanami tanaman jagung. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh akar tanaman bagi agregat tanah, selain mengetahui pengaruh pemberian berbagai jenis biochar. Berdasarkan analisis uji statistik, pemberian berbagai jenis biochar memberikan pengaruh yang nyata terhadap agregat tanah pada tanah yang ditanami tanaman jagung. Namun, tidak memberikan pengaruh yang nyata pada tanah inkubasi (Lampiran 6d). Pengaruh pemberian berbagai jenis biochar terhadap kemantapan agregat tanah disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Kemantapan agregat tanah pada pemberian perlakuan

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%; B0 (tanpa perlakuan), B1 (biochar sekam padi 15 t ha⁻¹), B2 (biochar kulit buah kakao 15 t ha⁻¹), B3 (biochar batang singkong 15 t ha⁻¹), B4 (biochar tongkol jagung 15 t ha⁻¹).

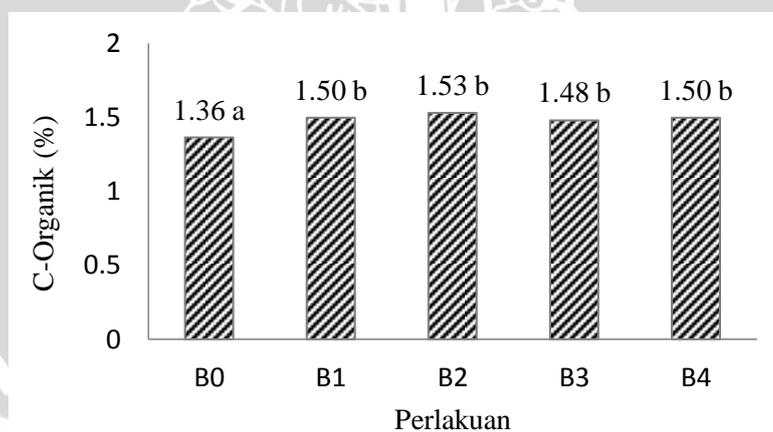
Perbedaan yang tidak nyata pada pot inkubasi karena biochar belum mampu memberikan perubahan terhadap agregat dalam waktu inkubasi 66 hari. Hal ini terkait dengan karakteristik biochar yang sangat sulit terdekomposisi. Kandungan asam humat dan asam fulfat yang terkandung di dalam biochar yang digunakan juga rendah. Asam humat dan fulfat merupakan hasil humifikasi bahan organik menjadi humus. Subagyono, Haryati dan Tala'ohu (2004) menyatakan bahwa bahan organik di dalam tanah berfungsi sebagai perekat dalam pembentukan dan pemantapan agregat tanah. Hal ini terkait dengan fungsi bahan organik sebagai perekat partikel tanah dan biochar juga digunakan sebagai sumber energi bagi makro dan mikro organisme di dalam tanah (Nurida dan Juabaedah, 2014).

Pemberian berbagai jenis biochar pada pot yang ditanami tanaman jagung mengalami peningkatan kemantapan agregat terbaik pada perlakuan B4 menjadi 92,25%. Hal ini dipengaruhi oleh perakaran pada tanaman jagung yang mampu mengikat partikel tanah membentuk agregat tanah yang lebih utuh (Arifin, 2010). Akar tanaman antara satu dengan yang lain akan melewati celah di dalam tanah, sehingga membentuk suatu bongkahan-bongkahan agregat diantara akar tanaman.

Akar tanaman dapat menambah kandungan bahan organik di dalam tanah dan membentuk agregat tanah yang lebih mantap karena rambut-rambut, getah-getah yang dikeluarkan dari akar serta eksudat yang keluar dari kortek akan membantu pembentukan agregat tanah di daerah perakaran (Zulkoni, 2014). Hal ini menunjukkan bahwa selain bahan organik yang diberikan secara eksternal, kandungan organik tanah juga dapat ditingkatkan secara internal dari perakaran tanaman. Kandungan bahan organik tanah, perakaran tanaman dan mikroorganisme di dalam tanah menjadi agen pengikat agregat yang sangat mempengaruhi kemantapan agregat tanah (Tolaka, Wardah dan Rahmawati, 2013).

4.2.6. Kandungan C-Organik

Analisis C-organik tanah dilakukan pada tanah inkubasi. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pemberian biochar sekam, kulit kakao, batang singkong dan tongkol jagung memberikan pengaruh yang nyata terhadap kandungan C-organik di dalam tanah (Lampiran 6e). Namun, kandungan C-organik masih tergolong pada kelas rendah (Lampiran 10). Pengaruh pemberian berbagai jenis biochar disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik C-organik pada pemberian perlakuan

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%; B0 (tanpa perlakuan), B1 (biochar sekam padi 15 t ha^{-1}), B2 (biochar kulit buah kakao 15 t ha^{-1}), B3 (biochar batang singkong 15 t ha^{-1}), B4 (biochar tongkol jagung 15 t ha^{-1}).

Biochar kulit kakao memberikan peningkatan kandungan C-organik tertinggi di dalam tanah dibandingkan dengan perlakuan lain dengan nilai 1,53%. Biochar sekam padi dan tongkol jagung dengan nilai kandungan C-organik 1,50% dan biochar batang singkong memiliki kandungan C-organik 1,48%. Perbedaan kandungan C-organik tanah pada setiap perlakuan dipengaruhi oleh kandungan C-organik dari masing-masing biochar.

Hasil analisis awal menunjukkan bahwa biochar kulit kakao mengandung C-organik tertinggi yakni 16,31% diikuti dengan biochar batang singkong dengan kandungan C-organik 12,63%. Biochar tongkol jagung dan sekam padi masing – masing 8,46% dan 1,11% (Lampiran 2). Biochar batang singkong memiliki kandungan C-organik yang lebih tinggi dibandingkan dengan biochar tongkol jagung dan sekam padi namun tidak memberikan peningkatan kandungan C-organik yang lebih tinggi di dalam tanah dibandingkan dengan perlakuan biochar tongkol jagung dan biochar sekam padi. Hal ini diduga karena biochar batang singkong memiliki C/N rasio tertinggi dibandingkan dengan ketiga biochar lain yakni 16% (Lampiran 2). Bahan organik limbah tanaman yang ditambahkan ke dalam tanah akan mengalami beberapa kali fase perombakan oleh organisme untuk menjadi humus atau bahan organik tanah (Suriadikarta *et al.*, 2005). Semakin tinggi C/N rasio bahan organik maka proses perombakannya akan semakin lama.

Hasil penelitian Nurida, Dariah dan Rachman (2009) menyatakan bahwa kandungan C-organik tanah meningkat dari 0,90% menjadi 1,02 – 1,07% setelah pemberian biochar sekam padi dan tempurung kelapa selama satu musim tanam jagung pada tanah Typic Kanhapludults Lampung. Glaser, Lehmann, and Zech (2000) menyatakan bahwa pengayaan karbon melalui pemberian pembenah tanah biochar memberikan pengaruh yang positif terhadap kandungan C-organik tanah.

4.3. Pengaruh Perlakuan Berbagai Jenis Biochar terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung

4.3.1. Tinggi Tanaman Jagung

Tinggi tanaman dan jumlah daun merupakan hal yang terpenting bagi tanaman karena kebutuhannya dalam melakukan proses fotosintesis yang akan mempengaruhi hasil produksi tanaman (Uzoma *et al.*, 2011). Berdasarkan hasil uji statistik, diketahui bahwa perlakuan berbagai jenis biochar memberikan pengaruh yang nyata terhadap tanaman jagung umur 8 MST (Lampiran 7a). Pengaruh pemberian pembenah tanah biochar terhadap pertumbuhan tanaman jagung disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengaruh Pemberian Biochar terhadap tinggi tanaman jagung

Perlakuan	Tinggi Tanaman pada umur				Peningkatan %
	2 MST	4 MST	6 MST	8 MST	
	----- (cm) -----				
Tanpa Biochar	53,1	91,7	155,8	229,4 a	-
B1 (Biochar sekam padi)	52,4	93,7	158,5	237,4 ab	3,48%
B2 (Biochar kulit buah kakao)	51,9	92,6	155,0	231,6 ab	0,96%
B3 (biochar batang singkong)	48,0	94,0	158,6	233,1 ab	1,61%
B4 (Biochar tongkol jagung)	51,6	93,1	163,1	248,2 b	8,19%

Keterangan : MST = Minggu Setelah Tanam

*Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%.

Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan B4 memberikan perbedaan yang nyata jika dibandingkan dengan perlakuan B0 namun tidak berbeda nyata pada perlakuan B1, B2, B3. Terlihat rerata tinggi tanaman terbaik terdapat pada perlakuan B4 setinggi 248,2 cm dengan nilai peningkatan sekitar 8,19%, diikuti dengan perlakuan B1 dengan rerata tinggi 237,4 cm dan peningkatan sekitar 3,48%, B3 rerata tinggi 233,1 cm dengan peningkatan sekitar 1,61%, B2 rerata tinggi 231,6 cm dengan peningkatan sekitar 0,96% dan perlakuan B0 dengan rerata tinggi 229,4 cm. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pemberian biochar dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman pada umur 8 MST. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Uzoma *et al.* (2011) menyatakan bahwa pemberian biochar

pukan sapi dengan dosis 15 t ha⁻¹ selama 55 hari setelah masa perkecambahan dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman sekitar 64,6% dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemberian biochar.

Pengaruh biochar terhadap pertumbuhan tinggi tanaman secara nyata juga dipengaruhi oleh kemampuan biochar dalam meretensi hara di dalam tanah. Biochar lebih efektif dalam menahan ketersediaan unsur hara di dalam tanah jika dibandingkan dengan bahan organik lain seperti limbah dedaunan, kompos dan pupuk kandang (Gani, 2009). Biochar yang digunakan pada penelitian ini memiliki kandungan humat yang berbeda-beda. Biochar tongkol jagung memiliki kandungan humat tertinggi yakni 0,17% dibandingkan dengan biochar lain (Lampiran 2). Asam humat berperan dalam meningkatkan ketersediaan nitrogen melalui perlambatan pelepasan nitrogen menjadi nitrat (nitrifikasi) sehingga tanaman memperoleh kesempatan menyerap nitrogen dalam jumlah yang lebih banyak (Hermanto *et al.*, 2013). Tinggi kandungan asam humat yang pada biochar tongkol jagung dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman jagung dan menjadikan tanaman pada perlakuan B4 lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lain. Hal ini terkait dengan tanaman yang mampu menyerap nitrogen lebih efisien, baik dari pupuk dasar maupun nitrogen yang terkandung di dalam biochar.

Perbedaan pengaruh secara nyata juga diduga dipengaruhi oleh adanya perubahan sifat fisik di dalam tanah setelah pemberian biochar. Peningkatan kemampuan tanah dalam memegang air tertinggi terjadi pada perlakuan B4 (Gambar 6) memberikan pengaruh bagi pertumbuhan tinggi tanaman jagung pada umur 8 minggu dengan nilai pertumbuhan terbaik 248,2 cm. Sebaliknya pada tanah yang tidak diberikan biochar memiliki tinggi tanaman terendah yakni 229,4 cm pada umur 8 minggu dibandingkan dengan perlakuan lain. Nurida, Dariah dan Rachman (2009) menyatakan bahwa peningkatan kemampuan meretensi air ditandai dengan kondisi air yang tidak cepat menghilang dari zona perakaran sehingga air tanah dapat diserap oleh tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa air tersedia

di daerah perakaran mampu mendukung pertumbuhan tanaman dengan pemenuhan kebutuhan air pada umur 8 MST.

4.3.2. Jumlah Daun Tanaman Jagung

Jumlah daun diamati secara langsung dengan menghitung jumlah daun yang telah terbuka sempurna. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pemberian biochar memberikan pengaruh yang nyata terhadap jumlah daun tanaman pada umur 8 MST (Lampiran 7b). Hasil pengamatan hingga umur 8 minggu akan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengaruh pemberian biochar terhadap jumlah daun tanaman

Perlakuan	Jumlah daun Tanaman pada umur				Peningkatan %
	2 MST	4 MST	6 MST	8 MST	
	----- (cm) -----				
Tanpa Biochar	5	8	13	16 ab	-
B1 (Biochar sekam padi)	5	8	12	16 ab	0 %
B2 (Biochar kulit buah kakao)	5	8	12	16 ab	0 %
B3 (biochar batang singkong)	5	8	12	15 a	-
B4 (Biochar tongkol jagung)	5	8	13	17 b	6,25 %

Keterangan : MST = Minggu Setelah Tanam ;*Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%.

Hasil analisis menunjukkan bahwa pemberian B4 memberikan perbedaan yang nyata terhadap perlakuan B3, namun tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap perlakuan B0 (tanpa pemberian biochar). Pada pengamatan 8 MST, perlakuan B4 memiliki rerata jumlah daun tertinggi jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini diduga karena biochar tongkol jagung memiliki kandungan humat yang lebih tinggi yakni 0,17% dibandingkan dengan biochar lain (Lampiran 2). Asam humat memiliki kemampuan sebagai ligan yang dapat mengikat nitrogen dan menyimpan unsur hara dalam tanah serta melepaskannya ketika tanaman membutuhkan (Hermanto *et al.*, 2013). Peningkatan jumlah daun tertinggi pada perlakuan B4 menunjukkan bahwa humat dalam biochar tongkol jagung lebih mampu menyediakan unsur nitrogen saat tanaman membutuhkan.

Perlakuan B3 menunjukkan peningkatan jumlah daun terendah dibandingkan dengan perlakuan lain. Hal ini diduga karena biochar batang singkong memiliki C/N rasio yang tinggi yakni 16% (Lampiran 2). Menurut Dariah *et al.* (2015) penggunaan pembenah tanah pada areal yang digunakan untuk budidaya tanaman, agar tidak mengganggu pertumbuhan dan produktivitas tanaman nilai C/N rasio sebaiknya tidak melebihi dari 30.

Peningkatan jumlah daun tanaman juga dipengaruhi oleh kondisi air dan nutrisi di dalam tanah. Hasil analisis retensi air tanah pada tanah inkubasi menunjukkan bahwa perlakuan biochar tongkol jagung memiliki pori air tersedia yang lebih tinggi dibandingkan dengan biochar lain (Gambar 6). Hal ini menunjukkan bahwa jumlah air di dalam tanah tercukupi dan dapat meningkatkan pertumbuhan daun tanaman jika dibandingkan dengan tanpa pemberian biochar. Semakin tinggi ketersediaan air di dalam tanah maka akan semakin mendukung pertumbuhan tanaman. Subekti *et al.* (2007) menyatakan bahwa tanaman jagung pada umur 33 – 50 hari setelah perkecambahan memiliki kebutuhan air dan hara yang sangat tinggi sehingga sangat sensitif terhadap cekaman kekeringan dan kekurangan hara.

4.3.3. Diameter Batang Tanaman Jagung

Pemberian berbagai jenis biochar bertujuan untuk memperbaiki sifat fisik tanah yang dapat memberikan pengaruh terhadap peningkatan diameter tanaman jagung. Pengukuran diameter dilakukan tanpa merusak tanaman. Batang tanaman jagung yang berisi berkas pembuluh berfungsi sebagai pengangkut zat makanan bagi komponen akar dan daun tanaman (Warisno, 2007). Hasil analisis menunjukkan bahwa pemberian biochar tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap diameter tanaman pada umur 2, 4, 6, dan 8 MST (Lampiran 7c). Namun pemberian berbagai jenis biochar mampu meningkatkan diameter batang tanaman jagung. Hasil analisis diameter tanaman jagung selama umur 8 MST akan disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengaruh pemberian biochar terhadap diameter batang tanaman

Perlakuan	Diameter batang pada umur			
	2 MST	4 MST	6 MST	8 MST
	----- (cm) -----			
Tanpa Biochar	0,67	1,64	2,16	2,30
B1 (Biochar sekam padi)	0,70	1,61	2,10	2,29
B2 (Biochar kulit buah kakao)	0,70	1,67	2,17	2,40
B3 (biochar batang singkong)	0,61	1,58	2,16	2,38
B4 (Biochar tongkol jagung)	0,67	1,64	2,17	2,39

Keterangan : MST = Minggu Setelah Tanam

Pengaruh pemberian biochar sekam padi, kulit kakao, batang singkong dan tongkol jagung yang tidak nyata sesuai dengan penelitian, Nurida dan Jubaedah (2012), yang menyatakan bahwa pemberian biochar sekam padi dan kompos belum mampu meningkatkan diameter tanaman selama 8 minggu setelah tanam. Perbedaan yang tidak nyata terhadap diameter batang tanaman jagung dipengaruhi oleh pemberian biochar dengan dosis yang sama pada setiap perlakuan. Dosis biochar 15 t ha⁻¹ pada setiap perlakuan menunjukkan bahwa nutrisi yang diserap tanaman cenderung sama. Hal ini terkait dengan fungsi batang tanaman sebagai penyerap nutrisi yang ada dari dalam tanah dan tempat penimbunan zat-zat cadangan makanan.

Hasil analisis pada umur 8 MST menunjukkan bahwa perlakuan B0, B1, B2, B3, dan B4 memiliki diameter batang tanaman jagung masing-masing 2,30 cm, 2,29 cm, 2,40 cm, 2,38 cm, dan 2,39 cm. Semakin besar diameter batang tanaman menunjukkan bahwa batang tanaman dapat menyimpan air lebih banyak (Kurniawan *et al.*, 2014). Hasil analisis sejalan dengan analisis air tersedia pada tanah inkubasi menunjukkan bahwa air tersedia pada perlakuan B2 dan B4 lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Gambar 6).

4.3.4. Bobot dan Panjang Akar

Akar menjadi salah satu komponen terpenting bagi tanaman, terutama untuk pertumbuhan tanaman. Akar berfungsi untuk menyerap air

dan nutrisi dari dalam tanah untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa pemberian perlakuan selama 8 minggu setelah tanam tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot akar tanaman dan panjang akar tanaman jagung (Lampiran 7d dan 7e). Hasil analisis bobot dan panjang akar disajikan dalam Tabel 9.

Tabel 9. Bobot kering akar dan panjang akar pada umur 8 MST

Perlakuan	Bobot Akar	Panjang Akar
	---- (g) ----	---- (cm) ----
Tanpa Biochar	38.56	64.10
B1 (Biochar sekam padi)	37.09	75.50
B2 (Biochar kulit buah kakao)	34.99	79.25
B3 (biochar batang singkong)	32.93	74.88
B4 (Biochar tongkol jagung)	36.45	71.50

Keterangan : MST = Minggu Setelah Tanam

Pengaruh yang tidak nyata terhadap bobot kering dan panjang akar tanaman diakibatkan oleh dosis pemberian biochar yang seragam. Hasil penelitian Jones *et al.* (2012) menyatakan bahwa dosis biochar 50 t ha⁻¹ mampu meningkatkan sekitar 5% volume zona perakaran. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan zona perakaran terjadi pada dosis biochar yang cukup tinggi. Peningkatan zona perakaran menunjukkan bahwa terjadi peningkatan ruang pori di daerah perakaran sehingga akar lebih mudah dalam menembus matrik tanah. Sedangkan tanah yang padat dan memiliki sedikit ruang pori akan sulit untuk ditembus oleh sistem perakaran tanaman. Penelitian Prasetyo, Djatmiko dan Sulistyaningsih (2014) menyatakan bahwa tanah yang diberikan perlakuan biochar memiliki porositas yang tinggi sejalan dengan semakin tinggi dosis yang diberikan. Pemberian biochar pada perlakuan mampu meningkatkan panjang akar tanaman dibandingkan dengan tanpa pemberian biochar meskipun belum memberikan perbedaan yang nyata.

4.3.5. Berat Brangkasan Jagung

Berat brangkasan merupakan berat keseluruhan dari daun dan batang tanaman jagung. Berat brangkasan dipengaruhi oleh pertumbuhan tanaman. Berdasarkan hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pemberian berbagai jenis biochar tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap berat brangkasan jagung (Lampiran 7f). Pengaruh pemberian perlakuan terhadap berat brangkasan jagung disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Pengaruh pemberian biochar terhadap berat basah dan kering brangkasan tanaman jagung umur 8 MST

Perlakuan	Berat Brangkasan	
	Basah	Kering
	----- (g/pot) -----	
Tanpa Biochar	433.1	87.4
B1 (Biochar sekam padi)	444.8	86.7
B2 (Biochar kulit buah kakao)	464.6	89.1
B3 (biochar batang singkong)	446.9	87.1
B4 (Biochar tongkol jagung)	461.7	88.1

Keterangan : MST = Minggu Setelah Tanam

Hasil analisis menunjukkan bahwa pemberian biochar sekam padi, kulit kakao, batang singkong dan tongkol jagung tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap berat basah dan kering brangkasan tanaman jagung. Berat kering masing – masing perlakuan 87,4 g/pot, 86,7 g/pot, 89,1 g/pot, 87,1 g/pot dan 88,1 g/pot.

Berat brangkasan dipengaruhi oleh proses pertumbuhan tanaman yakni adanya perubahan terhadap tinggi, jumlah daun, batang dan akar tanaman. Semakin tinggi peningkatan pertumbuhan tanaman maka akan menghasilkan bobot brangkasan tanaman yang lebih tinggi. Hal ini dapat dibuktikan pada perubahan tinggi tanaman (Tabel 6), perlakuan biochar tongkol jagung dan kulit kakao memberikan perubahan terbesar pada pertumbuhan tanaman sehingga dihasilkan berat brangkasan yang lebih tinggi meskipun belum memberikan pengaruh yang nyata. Berat

brangkasan yang tinggi menunjukkan bahwa nutrisi dan air yang ada di dalam tanah terpenuhi selama masa pertumbuhan.

Penelitian Chan *et al.*, (2007) di rumah kaca menyatakan bahwa pemberian biochar limbah tanaman hijau belum mampu memberikan perubahan secara nyata terhadap berat kering tanaman lobak kecuali dengan dosis yang tinggi yakni 100 t ha^{-1} . Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis biochar sejalan dengan peningkatan berat kering brangkasan tanaman.

4.4. Pembahasan Umum

Pemberian berbagai jenis biochar memberikan pengaruh yang berbeda pada setiap parameter pengamatan. Perbaikan kualitas fisik tanah yakni kemampuan tanah dalam meretensi air bertujuan untuk memenuhi ketersediaan air di dalam tanah selama masa pertumbuhan tanaman. Air yang tersimpan di dalam tanah berkaitan dengan bobot isi tanah, bobot isi tanah dipengaruhi banyaknya bahan organik tanah (Murniyanto, 2007).

Hasil penelitian yang telah diuji menunjukkan bahwa pemberian biochar memberikan pengaruh yang lebih baik jika dibandingkan dengan tanpa pemberian biochar. Pemberian biochar kulit buah kakao memberikan pengaruh terbaik terhadap bobot isi dan kandungan C-organik tanah. Biochar kulit buah kakao mampu menurunkan bobot isi tanah menjadi $0,98 \text{ g cm}^{-3}$ dan meningkatkan kandungan C-organik menjadi 1,53%. Hal ini diduga karena biochar memiliki C-organik tertinggi dibandingkan dengan jenis biochar lain yang digunakan pada penelitian. Biochar kulit buah kakao memiliki kandungan C-organik sekitar 16,1%. Kandungan C-organik akan mempengaruhi kandungan bahan organik tanah, semakin tinggi kandungan C-organik tanah maka kandungan bahan organik juga semakin tinggi. Kandungan bahan organik merupakan faktor penting dalam memperbaiki kualitas tanah. Bahan organik dapat menurunkan bobot isi tanah karena memiliki hubungan yang terbalik. Bahan organik di dalam tanah berperan sebagai perekat antar partikel tanah sehingga agregasi tanah menjadi lebih baik, ruang pori tanah meningkat, dan bobot isi menurun (Zulkarnain, Prasetya dan Sumarno, 2012). Bahan organik memiliki berat yang lebih ringan jika

dibandingkan dengan tanah mineral sehingga dapat menurunkan kepadatan serta berat tanah mineral (Verheijen *et al.*, 2010).

Bobot isi tanah dipengaruhi oleh jumlah pori di dalam tanah. Semakin tinggi jumlah pori di dalam tanah maka dapat mengurangi kepadatan tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan bobot isi tanah belum memberikan pengaruh yang nyata terhadap ruang pori total tanah. Bobot isi tanah pada perlakuan B1 sekitar 1 g cm^{-3} , B2 sekitar $0,98 \text{ g cm}^{-3}$, B3 sekitar $0,99 \text{ g cm}^{-3}$ dan B4 sekitar 1 g cm^{-3} . Hubungan bobot isi dan ruang pori yang tidak nyata dapat dilihat dari pengaruh biochar yang tidak nyata pada kemantapan agregat tanah. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan asam organik yang terkandung di dalam biochar belum mampu merekatkan partikel-partikel di dalam tanah, sehingga belum meningkatkan ruang pori total di dalam tanah dengan persentase yang besar. Subagyo, Haryati dan Tala'ohu (2004) menyatakan bahwa bahan organik di dalam tanah berfungsi sebagai perekat antar partikel tanah dalam pembentukan agregat tanah. Peningkatan kandungan asam organik tanah melalui pembenah tanah biochar umumnya dilakukan dengan pemberian dosis biochar yang tinggi. Hal ini terkait dengan karakteristik biochar yang sangat stabil sehingga tidak mampu terdekomposisi melalui proses humifikasi yang menghasilkan asam organik.

Pemberian berbagai jenis biochar belum mampu memberikan pengaruh terhadap pori air tersedia di dalam tanah. Verheijen *et al.* (2010) menyatakan retensi air tanah ditentukan oleh distribusi, konektivitas dan pori – pori meso di dalam tanah. Hasil penelitian Prasetyo, Djatmiko dan Sulistyaningsih (2014) menunjukkan bahwa pemberian biochar mampu meningkatkan pori meso di dalam tanah dan sejalan dengan semakin tinggi dosis biochar yang diberikan maka semakin besar pori meso yang dihasilkan. Selain itu, pemberian biochar lebih efektif jika diberikan kepada tanah yang memiliki kemampuan retensi air yang rendah, terutama tanah yang dominan dengan fraksi pasir dibandingkan dengan tanah yang didominasi oleh fraksi debu dan liat. Kemampuan meretensi air oleh biochar juga dapat dilihat dari kehilangan air tanah. Hasil analisis kehilangan air tanah menunjukkan bahwa pemberian biochar kulit buah kakao

(B2) mampu meretensi air lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan biochar lain setelah 6 hari pengamatan. Hal ini menunjukkan bahwa tanah yang diberikan biochar kulit buah kakao lebih mampu menyimpan air ketika tidak diberikan air irigasi dan terkena paparan sinar matahari selama beberapa hari.

Pemberian berbagai biochar dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Tinggi tanaman setelah pemberian biochar memberikan pengaruh yang berbeda secara nyata pada umur 8 MST. Biochar tongkol jagung memberikan pengaruh terbaik terhadap tinggi tanaman jagung. Hal ini diduga karena biochar tongkol jagung memiliki kandungan asam humat yang lebih tinggi dibandingkan dengan biochar lain. Asam humat berperan dalam meningkatkan ketersediaan nitrogen melalui perlambatan pelepasan nitrogen menjadi nitrat (nitrifikasi) sehingga tanaman memperoleh kesempatan menyerap nitrogen dalam jumlah yang lebih banyak (Hermanto *et al.*, 2013). Hasil penelitian Uzoma *et al.* (2011) menyatakan bahwa pemberian biochar dengan dosis 15 t ha^{-1} memberikan pengaruh positif terhadap tinggi tanaman dan pertumbuhan jumlah daun tanaman jagung.

Pemberian berbagai jenis biochar belum memberikan pengaruh secara nyata terhadap jumlah daun, diameter batang, bobot dan panjang akar serta brangkasan tanaman jagung pada umur 8 MST. Peningkatan tinggi tanaman pada perlakuan B4 sekitar 8,19% jika dibandingkan dengan tanpa pemberian biochar, belum mampu memberikan pengaruh secara nyata terhadap brangkasan tanaman. Prasetya *et al.* (2009) menyatakan bahwa brangkasan tanaman dipengaruhi oleh tinggi tanaman dan luas daun, semakin tinggi tanaman dan semakin besar luas daun maka bobot tanaman akan semakin tinggi. Pemberian biochar yang tidak nyata terhadap berat brangkasan tanaman diduga karena pemberian biochar biochar belum memberikan pengaruh yang nyata terhadap diameter dan jumlah daun tanaman sehingga berat brangkasan cenderung sama.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Biochar sekam, kulit kakao, batang singkong dan tongkol jagung dapat meningkatkan kandungan C-organik di dalam tanah dan memberikan pengaruh yang nyata. Namun, belum mampu meningkatkan retensi air di dalam tanah secara nyata.
2. Biochar tongkol jagung memberikan pengaruh yang nyata terhadap tinggi dan jumlah daun tanaman jagung pada umur 8 minggu setelah tanam. Namun, belum mampu memberikan pengaruh yang nyata terhadap diameter batang, bobot akar dan panjang akar serta brangkasan tanaman jagung.
3. Biochar kulit kakao memberikan pengaruh terbaik kandungan C-organik tanah meningkat menjadi 1,53%. Pertumbuhan tanaman terbaik terjadi pada pemberian biochar tongkol jagung yakni peningkatan tinggi tanaman sekitar 8,19% pada umur 8 MST.

5.2. Saran

1. Diperlukan waktu yang lebih lama untuk mengetahui pengaruh biochar terhadap sifat fisik tanah karena biochar memiliki sifat yang stabil dan sulit mengalami dekomposisi.
2. Diharapkan hasil penelitian dapat digunakan sebagai referensi untuk menguji lebih lanjut dalam perbaikan lahan-lahan pertanian yang telah mengalami degradasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A., dan S. Sutono. 2005. Teknologi Pengendalian Erosi Lahan Berlereng. hlm 103 – 145. Dalam Teknologi Pengelolaan Lahan Kering : Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Arifin, M. 2010. Kajian Sifat Fisik Tanah dan Berbagai Penggunaan Lahan dalam Hubungannya dengan Pendugaan Erosi Tanah. *Jurnal Penelitian Mapeta XII (2)*. ISSN : 1411-2817.
- Arsyad, S. 2000. *Konservasi Tanah dan Air (Edisi kedua)*. IPB Press. Bogor.
- Atkinson, C.J., J.D. Fitzgerald, and N.A. Hips. 2010. Potential Mechanisms for Achieving Agricultural Benefits from Biochar Application to Temperate Soils : a review. *Plant Soil* 337 : 1 – 18.
- BBSDLP. 2014. Sumber Daya Lahan Pertanian Indonesia : Luas, Penyebaran, dan Potensi Ketersediaan. Laporan Teknis No.1/BBSDLP/10/2014, Edisi 1th. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Bourke, J., M. M. Harris., C. Fushimi., K. Dowaki., T. Nunoura and M. J. Antal. 2007. Do all carbonized charcoals have the same chemical structure. *American Chemical Society* 46 (18) : 5954-5967.
- BPS. 2013. *Statistik Indonesia 2013*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Chan, K.Y., L. van Zwieten, I. Meszaros, A. Downie, and S. Joseph. 2007. Agronomic Values of Green Waster Biochars as a Soil Amandements. *Australian Journal of Soil Research*. 45 (8) : 629-634.
- Dariah, A dan N.L. Nurida. 2012. Pemanfaatan Biochar untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Kering Beriklim Kering. *Buana Sains* 12 (1) : 33-38.
- Dariah, A., H. Subagyo, C. Tafakresnanto dan S. Marwanto, 2004. Kepekaan Tanah Terhadap Erosi. Dalam *Teknologi Konservasi Tanah Pada Lahan Kering Berlereng*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Departemen Pertanian. Bogor.
- Dariah, A dan N.L. Nurida. 2012. Pemanfaatan Biochar untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Kering Beriklim Kering. *Buana Sains* 12 (1) : 33-38.
- Dariah, A., N.L. Nurida, dan Jubaedah. 2012. Pemanfaatan Pembenh Tanah untuk Pemulihan Tanah Terdegradasi yang Didominasi Fraksi Pasir dan Liat. hlm 669 – 676. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementrian Pertanian. Bogor.

- Dariah, A., S. Sutono, N.L. Nurida, W. Hartatik dan E. Pratiwi. 2015. Pembenh Tanah untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Pertanian. Jurnal Sumberdaya Lahan 9 (2) : 67 – 84.
- Franzluebbers, A.J. 2002. Water Infiltration and Soil Structure Related to Organik Matter and Its Stratification with Depth. Soil and Tillage Research 66 : 197 – 205.
- Gani, A. 2009. Potensi Arang Hayati “Biochar” sebagai Komponen Teknologi Perbaikan Produktivitas Lahan Pertanian. Iptek Tanaman Pangan 4 (1). Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Sukamandi.
- Glaser, B., J. Lehmann, and W. Zech. 2002. Ameliorating Physical and Chemical Properties of Highly Weathered Soils in The Tropics with Charcoal. A Review Biology and Fertility of Soils 35 : 219 - 230.
- Hanafiah, K.A. 2008. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta
- Harahap, E.,Aziza, N dan Nasution, A. A. 2014. Menentukan Tekstur Tanah Dengan Metode Perasaan di Lahan Politani. Jurnal Nasional Ecopedon 2 (2) : 13-15.
- Hermanto, D., N. K. T. Dharmayani., R. Kurnianingsih., dan S. R. Kamali. 2013. Pengaruh Asam Humat Sebagai Pelengkap Pupuk Terhadap Ketersediaan Dan Pengambilan Nutrient Pada Tanaman Jagung Di Lahan Kering Kec. Bayan-NTB. Ilmu Pertanian 16 (2) : 28-41.
- Hillel, D. 1985. Introduction to Soil Physics. Academic press. London.
- Hudayana, D. 2007. Evapotranspirasi Dan Pertumbuhan Anakan *Acacia Crassicarpa* A. Cunn. Ex. Benth, *Paraserianthes Falcataria* (L) Nielsen, *Swietenia Macrophylla* King Dan *Shorea Selanica* BL. Pada Berbagai Kadar Air Tanah. Skripsi. IPB. Bogor.
- Jones, D.L., J. Rousk, G. Edward-Jones, T.H. DeLuca, and D.V. Murphy. 2012. Biochar Mediated Changes in Soil Quality and Plant Growth in a Three Year Field Trial. Soil Biology and Biochemistry 45 : 113 – 124.
- Kartiwa, B., dan A. Dariah. 2012. Teknologi Pengelolaan Air Lahan Kering. hlm 103 – 122. Dalam Prospek Pertanian Lahan Kering dalam Mendukung Ketahanan Pangan. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. Bogor.
- Kurnia, U., N.L. Nurida, dan H. Kusnadi. 2006. Penetapan Retensi Air di Lapangan. hlm 155-166. Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Kurniawan, A., B. Hayono, M. Basakara, dan S.Y. Tyasmoro. 2014. Pengaruh Penggunaan Biochar pada Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Bibit

Tanaman Tebu (*Saccharum Officinarum* L.). Jurnal Produksi Tanaman 4 (2) : 153 – 160.

Laird, D.A., P. Fleming, D.D. Davis, R. Horton, B. Wang, and D.L. Karlen. 2010. Impact of Biochar Amendemets on The Quality of a Typical Midwestem. *Geoderma* 158 : 443 – 449.

Lehmann J., J. Gaunt, and M. Rondon. 2006. Bio-Char Sequestration in Terrestrial Ecosystems. a Review, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 11: 403 – 427.

Lehmann, J. 2007. Bioenergi in The Black. *Front Ecology Environment* 5 (7) : 381 – 387. The Ecological Society of America.

Lestari, A.P., H. Aswidinnoor dan Suwarno. 2007. Uji Daya Hasil Pendahuluan dan Mutu Beras 21 Padi Hibrida Harapan. *Bul Agron* 35 (1) : 1-7.

LPT, 1983. Analisis Kimia, Tanah, Air dan Pupuk. Petunjuk Teknis Edisi ke-2. Balai Penelitian Tanah. Bogor.

Maftu'ah, E dan D. Nursyamsi. 2015. Potensi Berbagai Bahan Organik Rawa Sebagai Sumber Biochar. *Prosiding Seminar Nasional* 1 (4) : 776-781.

Major, J. 2009. Biochar Application to a Colombian Savanna Oxisol : Fate and Effect on Soil Fertility, Crop Production, Nutrient Leaching and Soil Hidrology. Ph.D. diss. Cornell Univ, Itacha, New York.

Murniyanto, M. 2007. Pengaruh Bahan Organik Terhadap Kadar Air Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Jagung di Lahan Kering. *Buana Sains* 7 (1) : 51-60.

Nimmo, J.R. 2004. Porosity and Pore Size Distribution in *Encyclopedia of Soils in The Environment*. London. Elsevier 3 : 295 – 303.

Nita, I., Listyarini, E dan Kusuma, Z. 2014. Kajian Lengas Tersedia Pada Toposekuen Lereng Utara Gunung G. Kawi Kabupaten Malang Jawa Timur. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 1 (2) : 49-57.

Notohadiprawiro, T. 2006. Tanah dan Lingkungan. UGM Press. Yogyakarta.

Novriani, 2010. Alternatif Pengelolaan Unsur Hara P (Fosfor) pada Budidaya Jagung. *AgronobiS* 2(3) : 42 – 49.

Nurida, N.L., A. Dariah, dan A. Rachman. 2009. Kualitas Limbah Pertanian sebagai Bahan Baku Pembena Tanah Berupa Biochar untuk Rehabilitasi Lahan. Bogor.

Nurida, N.L. dan A. Rachman. 2009. Alternatif Pemulihan Lahan Kering Masam Terdegradasi dengan Formula Pembena Tanah Biochar di Typic Kanhapludults Lampung. hlm 639-648. Dalam *Prosiding Seminar*

Nasional Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. Bogor.

Nurida, N.L., A. Rachman dan S. Sutono. 2012. Potensi Pembena Tanah Biochar dalam Pemulihan Sifat Tanah Terdegradasi dan Peningkatan Hasil Jagung pada Typic Kanhapludult Lampung. *Buana Sains* 12 (1) : 69 – 74.

Nurida, N.L., A. Dariah, dan S. Sutono. 2013. Biomas Limbah Pertanian *In Situ* sebagai Bahan Baku Biochar untuk Peningkatan Kualitas Tanah di Lahan Kering Iklim Kering Nusa Tenggara Timur. hlm 273-281. Dalam Prosiding Seminar Nasional Pertanian Ramah Lingkungan. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. Bogor.

Nurida, N.L., A. Dariah, dan A. Rachman. 2013. Peningkatan Kualitas Tanah dengan Pembena Tanah Biochar Limbah Pertanian. *Jurnal Tanah dan Iklim* 37 (2) : 69 – 78.

Nurida, N.L., dan Jubaedah. 2014. Teknologi Peningkatan Cadangan Karbon Lahan Kering dan Potensinya pada Skala Nasional. hlm 53 – 81. Dalam Konservasi Tanah Menghadapi Perubahan Iklim. Balai Besar Penelitian Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.

Ogawa, M., Y. Okimori, and F. Takahashi. 2006. Carbon Sequestration by Carbonization of Biomass and Forestation : Three Case Studies. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11 (2) : 429 – 444.

Prasetyo, Y., H. Djatmiko, dan N. Sulistyarningsih. 2014. Pengaruh Kombinasi Bahan Baku dan Dosis Biochar Terhadap Perubahan Sifat Fisik Tanah Pasiran pada Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). Universitas Jember, Jember.

Purwono dan R. Hartono. 2007. Bertanam Jagung Unggul. Penebar Swadaya. Jakarta.

Rachman, A., A. Dariah, dan E. Husen. 2004. Olah Tanah Konservasi. hlm 189 – 210. Dalam Teknologi Konservasi Tanah pada Lahan Kering Berlereng. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.

Rachman, A., dan A. Dariah. 2008. Olah Tanah Konservasi dalam Konservasi Lahan Kering. Balai Penelitian Tanah. Badan Litbang Pertanian. Departemen Pertanian. Bogor.

Sarwani, M., N.L. Nurida, and F. Agus. 2013. Greenhouse Emissions and Land Use Issue Related to The Use Of Bioenergi in Indonesia. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 32(2) : 55-66.

Subagyono, K., U. Haryati, dan S.H. Tala'ohu. 2004. Teknologi Konservasi Air pada Pertanian Lahan Kering. Dalam Teknologi Konservasi Tanah pada Lahan Kering Berlereng. hlm 145 – 183. Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.

- Subekti, N.A., Syafruddin, R. Efendi, dan Sunarti. S. 2007. *Morfologi Tanaman dan Fase Pertumbuhan Jagung*. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros.
- Sudirman, S. Sutono, dan I. Juarsah. 2006. *Penetapan Retensi Air Tanah di Laboratorium*. hlm 167-176. *Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Sugiyono, 2008. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Alfabeta. Bandung.
- Suriadikarta, D.A., T. Prihatini, D. Setyorini, dan W. Hartatik. 2005. *Teknologi Pengelolaan Bahan Organik Tanah*. hlm 169 – 222. *Dalam Teknologi Pengelolaan Lahan Kering: Menuju Peranian Produktif dan Ramah Lingkungan. Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat*. Bogor.
- Sutono, S., dan N.L. Nurida. 2012. *Kemampuan Biochar Memegang Air pada Tanah Bertekstur Pasir*. *Buana Sains* 12(1) : 45 – 52.
- Sutono, S. 2013. *Mengelola Lahan Kering Terdegradasi Menjadi Lahan Pertanian yang Lebih Produktif*. IARRD Press. Bogor.
- Suwardji, W.H. Utomo, dan Sukartono. 2012. *Kemantapan Agregat Setelah Aplikasi Biochar di Tanah Lempung Berpasir pada Pertanaman Jagung di Lahan Kering Kabupaten Lombok Utara*. *Jurnal Penelitian Ilmu – Ilmu Kealaman*. *Buana Sains* 12(1) : 61 – 68.
- Tolaka, W., Wardah, dan Rahmawati. 2013. *Sifat Fisik pada Hutan Primer, Agroforestry dan Kebun Kakao di Subdas Wera Saluopa Desa Leboni Kecamatan Pamona Puselemba Kabupaten Poso*. *Warta Rimba* 1 (1).
- Uhland R.E., and O’neal A. M. 1951. *Soil Permeability Determinations For Use In Soil and Water Conservation*. SCS-TP-101. Illus. New York.
- Utami S. N. H dan S. Handayani. 2003. *Sifat Kimia Entisol pada Sistem Pertanian Organik*. *Ilmu Pertanian* 10 (2) : 63-69.
- Uzoma, K.L., M. Inoue, H. Andry, H. Fujimaki, A. Zahoor, and E. Nishihara. 2011. *Effect of Cow Manure Biochar on Maize Productivity Under Sandy Soil Condition*. *British Society of Soil Science, Soil Use and Management* 27, 205 – 212. Tottori University. Japan.
- Verheijen, F., S. Jeffery, A.C. Bastos, M. van der Velden, and I. Diafas. 2010. *Biochar Application to Soils : A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions*. Official Publications of The Uropean Communities. Luxembourg.
- Warisno. 2007. *Jagung Hibrida*. Kanisius. Yogyakarta.

- Wiwik, H., H. Wibowo dan J. Purwani. 2015. Aplikasi Biochar dan Tithoganic dalam Peningkatan Produktivitas Kedelai (*Glycine max L.*) pada Typic Kanhapludults di Lampung Timur. *Jurnal Tanah dan Iklim* 39 (1) : 51-62.
- Yu Ok. Y., B. Raiche, and S. Sink. 2013. Impact of Biochar on The Water Holding Capacity of Loamy Sand Soil. *International Journal of Energi and Enviromental Engineering* 4 : 44.
- Zulkoni, A. 2014. Upaya Peningkatan Kadar Lengas dan Permeabilitas Tanah Alfisol Menggunakan Bahan Organik dan Jamur Mikoriza Arbuskula sebagai Medium Tanaman Jagung. *Agrivet* 18 : 6 – 10.
- Zulkarnain, M., B. Prasetya, Soemarno. 2012. Pengaruh Kompos, Pupuk Kandang, dan Costum-Bio Terhadap Sifat Tanah, Pertumbuhan dan Hasil Tebu (*Saccarum officinarum L.*) pada Tanah Entisol di Kebun Ngrangkah Pawon, Kediri. *Indonesia Green Technology Journal* 2 (1).



LAMPIRAN

Lampiran 1. Karakteristik umum fisik dan kimia tanah Kebun Muara, Bogor.

No.	Parameter	Metode/alat	Satuan	Nilai	Kriteria
1.	Tekstur : ⁽¹⁾	Pipet			
	Pasir		%	41	
	Debu		%	48	Lempung (*)
	Liat		%	12	
2.	Tekstur : ⁽²⁾	Pipet			
	Pasir		%	29	
	Debu		%	53	Lempung berdebu (*)
	Liat		%	18	
3.	pH (H ₂ O) ⁽²⁾	pH meter	-	6,1	Agak masam (*)
	(KCl)		-	5,1	
4.	C-Organik ⁽²⁾	Walkley and Black	%	1,5	Rendah(*)
5.	Berat Isi ⁽¹⁾	Silinder	g cm ⁻³	1,1	Sedang (**)
6.	Berat Jenis ⁽²⁾	Piknometer	g cm ⁻³	1,84	
7.	Permeabilitas ⁽¹⁾	De Bootd	cm jam ⁻¹	9,09	Agak cepat (***)
8.	Kadar Air : ⁽¹⁾	Gravimetri			
	pF 1 (Jenuh)		%-Volume	68,7	
	pF 2 (Jenuh – KL)		%-Volume	51,7	
	pF 2,54 (KL)		%-Volume	49,6	
	pF 4,2 (TLP)		%-Volume	30,4	
9.	Air Tersedia ⁽¹⁾	Gravimetri	%-Volume	19,2	
10.	P-tanah ⁽¹⁾	PUTK	-	-	Sedang(*)
11.	K-tanah ⁽¹⁾	PUTK	-	-	Rendah(*)

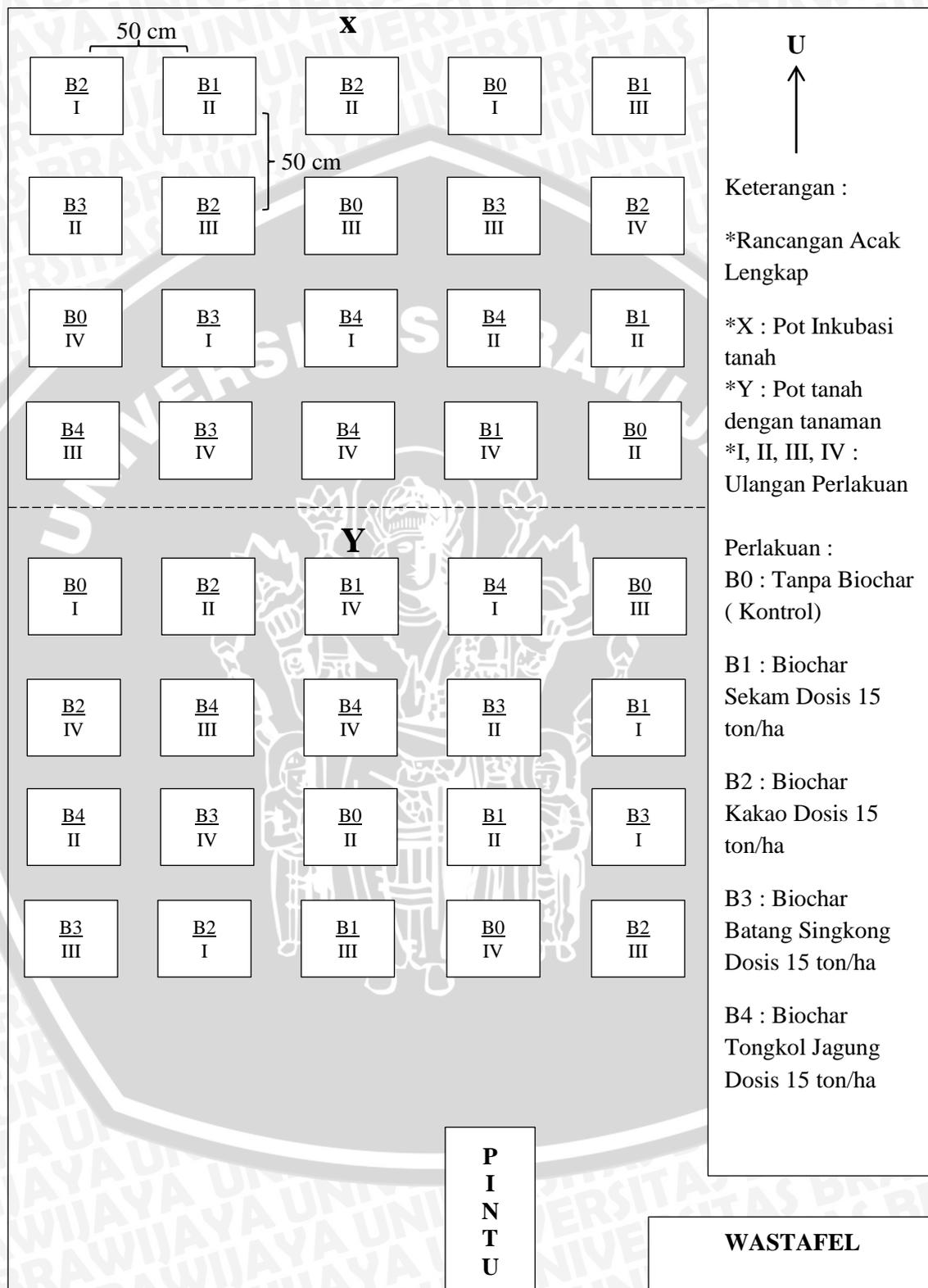
Keterangan : ⁽¹⁾ Tanah di lapang
⁽²⁾ Bahan tanah (tanah di rumah kaca)
 (*) Kriteria LPT (1983)
 (**) Kriteria Laboratorium FP UB (2006)
 (***) Kriteria Unland dan O'Neal (1951)

Lampiran 2. Karakteristik kimia biochar yang digunakan

No.	Jenis biochar	pH*	Bahan Organik*						BJ (gcm ⁻³)
			C	N	C/N	Humat + Fulfat	Fulfat	Humat	
1	Sekam padi	7,66	1,11	0,59	2	0,10	0,02	0,08	1,14
2	Kulit kakao	9,62	16,31	1,77	9	0,75	0,14	0,61	1,09
3	Batang singkong	8,3	12,63	0,78	16	0,63	0,15	0,48	0,77
4	Tongkol jagung	8,6	8,46	0,72	12	0,53	0,17	0,36	0,81

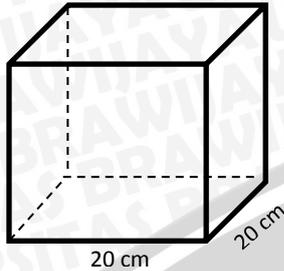
Keterangan : *) Dianalisis di Laboratorium Kimia, Balai Penelitian Tanah oleh Balittanah (2015)

Lampiran 3. Denah Percobaan



Lampiran 4. Penghomogenan BI (Bobot isi)

Berat Tanah 2, 75 kg



Berat Tanah = 2,750 kg

$$L = p.l = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} = 400 \text{ cm}^2$$

Tinggi Tanah = 9,8 cm

Volume Tanah = $400 \text{ cm}^2 \times 9,8 \text{ cm} = 3920 \text{ cm}^3$

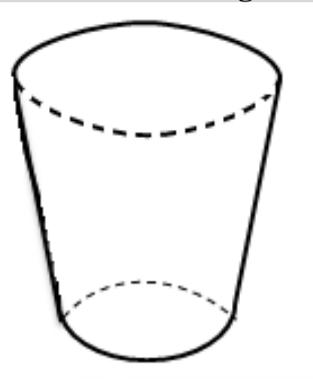
BD = $\frac{2750 \text{ g}}{3920 \text{ cm}^3} = 0,7 \text{ g/cm}^3$

Volume = $\frac{Massa}{BD} = \frac{2750 \text{ g}}{1,1 \text{ g/cm}^3} = 2500 \text{ cm}^3$

BD' = $\frac{2750 \text{ g}}{2500 \text{ cm}^3} = 1,1 \text{ g/cm}^3$

Tinggi Tanah' = $\frac{2500 \text{ g}}{400 \text{ cm}^2} = 6,2 \text{ cm}$

Berat Tanah 10 kg



dA = 32 cm, rA = 16 cm

dA = 25 cm, rA = 12,5 cm

LA = $3,14 \times 16 \text{ cm} \times 16 \text{ cm} = 803,84 \text{ cm}^2$

LB = $3,14 \times 12,5 \text{ cm} \times 12,5 \text{ cm} = 490,625 \text{ cm}^2$

L = $\frac{803,84 \text{ cm}^2 + 490,625 \text{ cm}^2}{2} = 647,2325 \text{ cm}^2$

Tinggi Tanah = 19,5 cm

Volume Tanah = $647,23 \text{ cm}^2 \times 19,5 \text{ cm} = 12621 \text{ cm}^3$

BD = $\frac{10000 \text{ g}}{12621 \text{ cm}^3} = 0,79 \text{ g/cm}^3$

Volume = $\frac{Massa}{BD} = \frac{10000 \text{ g}}{1,1 \text{ g/cm}^3} = 9090 \text{ cm}^3$



$$BD' = \frac{10000 \text{ g}}{9090 \text{ cm}^3} = 1,1 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Tinggi Tanah}' = \frac{9090 \text{ g}}{647,23 \text{ cm}^2} = 14 \text{ cm}$$

Lampiran 5. Perhitungan Kebutuhan Pupuk dan Biochar

1. Perhitungan Kebutuhan Pupuk Dasar

- Pupuk Urea Rekomendasi = 350 kg/ha = 350.000 g/ha

$$\text{Pupuk Urea/pot} = \frac{10}{2 \times 10^6} \times 350.000 \text{ g/ha} = 1,75 \text{ g Urea/pot} \times 1,5 = 2,62 \text{ g Urea/pot}$$

- Pupuk SP-36/ha = 175 kg/ha = 175.000 g/ha

$$\text{Pupuk SP-36/pot} = \frac{10}{2 \cdot 10^6} \times 175.000 \text{ g/ha} = 0,875 \text{ g SP-36/pot} \times 1,5 = 1,31 \text{ g SP-36/pot}$$

- Pupuk KCl/ ha = 100 kg/ha = 100.000 g/ha

$$\text{Pupuk KCl/pot} = \frac{10}{2 \cdot 10^6} \times 100.000 \text{ g/ha} = 0,5 \text{ g KCl/pot} \times 1,5 = 0,75 \text{ g KCl/pot}$$

2. Dosis Biochar

$$V = 100 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$$

$$= 2000 \text{ m}^2 = 2 \cdot 10^6 \text{ dm}^3 = 2 \cdot 10^6 \text{ kg}$$

$$BI = 1,1 \text{ g cm}^{-3}$$

Dosis : 15 ton/ha

$$\bullet \text{ Tanah } 10 \text{ kg} = \frac{15000 \text{ kg} \times 10 \text{ kg}}{1,1 \text{ g cm}^{-3} \times 2 \cdot 10^6} = 0,06818 \text{ kg} = 68,2 \text{ g}$$

$$\bullet \text{ Tanah } 2,750 \text{ kg} = \frac{15000 \text{ kg} \times 2,750 \text{ kg}}{1,1 \text{ g cm}^{-3} \times 2 \cdot 10^6} = 0,01875 \text{ kg} = 18,75 \text{ g}$$

Lampiran 6. Hasil sidik ragam pengaruh pemberian pembenah tanah biochar terhadap sifat tanah pada pengamatan 66 hari inkubasi

a) Bobot Isi

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F Hitung	F tabel	
					F 5%	F 1%
Perlakuan	4	0.006	0.001	2.779*	0.870	2.27
Galat	15	0.008	0.001			
Total	19	0.014				

Keterangan : *) Berbeda nyata pada peluang 5 %

b) Ruang Pori Total

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F Hitung	F tabel	
					F 5%	F 1%
Perlakuan	4	15.387	3.847	0.552 ^{tn}	0.870	2.27
Galat	15	104.563	6.971			
Total	19	119.950				

Keterangan : tn) Tidak berbeda nyata

c) Air Tersedia

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F Hitung	F tabel	
					F 5%	F 1%
Perlakuan	4	2.288	0.572	0.648 ^{tn}	0.870	2.27
Galat	15	13.250	0.883			
Total	19	15.538				

Keterangan : tn) Tidak berbeda nyata

d) Kemantapan Agregat

Pengamatan	Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F Hitung	F tabel	
						F 5%	F 1%
Tanah Inkubasi	Perlakuan	4	51.193	12.798	0.217 ^{tn}	0.870	2.27
	Galat	15	866.413	59.094			
	Total	19	937.606				
Tanah dengan tanaman	Perlakuan	4	247.542	61.885	2.02*	0.870	2.27
	Galat	15	458.548	30.570			
	Total	19	706.089				

Keterangan : *) Berbeda nyata pada peluang 5%

tn) Tidak berbeda nyata pada peluang 5%

e) C- Organik

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F Hitung	F tabel	
					F 5%	F 1%
Perlakuan	4	0.019	0.005	2.193*	0.870	2.27
Galat	15	0.033	0.002			
Total	19	0.052				

Keterangan : *) Berbeda nyata pada peluang 5 %

Lampiran 7. Hasil sidik ragam pengaruh pemberian pembenah tanah biochar terhadap pertumbuhan tanaman jagung

a) Tinggi Tanaman Jagung

Pengamatan	Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F Hitung	F tabel	
						5%	1%
2 MST	Perlakuan	4	62.368	15.592	0.480 ^{tn}	0.87	2.27
	Galat	15	487.717	32.514			
	Total	19	550.086				
4 MST	Perlakuan	4	13.643	3.411	0.294 ^{tn}	0.870	2.27
	Galat	15	174.055	11.604			
	Total	19	187.698				
6 MST	Perlakuan	4	161.818	40.454	0.628 ^{tn}	0.870	2.27
	Galat	15	966.160	64.411			
	Total	19	1127.978				
8 MST	Perlakuan	4	703.332	175.833	0.940*	0.870	2.27
	Galat	15	2804.758	186.984			
	Total	19	3508.090				

Keterangan : *) Berbeda nyata pada peluang 5 %

tn) Tidak berbeda nyata

b) Jumlah Daun Tanaman Jagung

Pengamatan	Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F Hitung	F tabel	
						5%	1%
2 MST	Perlakuan	4	-	-	-	0.87	2.27
	Galat	15	-	-			
	Total	19	-				
4 MST	Perlakuan	4	1.200	0.300	0.857 ^{tn}	0.870	2.27
	Galat	15	5.250	0.350			
	Total	19	6.450				
6 MST	Perlakuan	4	2.260	0.565	0.869 ^{tn}	0.870	2.27
	Galat	15	9.750	0.650			
	Total	19	12.010				
8 MST	Perlakuan	4	5.700	1.425	2.250*	0.870	2.27
	Galat	15	9.500	0.633			
	Total	19	15.200				

Keterangan : *) Berbeda nyata pada peluang 5 %

tn) Tidak berbeda nyata



c) Diameter Batang Tanaman Jagung

Pengamatan	Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F Hitung	F tabel	
						5%	1%
2 MST	Perlakuan	4	0.021	0.005	0.813 ^{tn}	0.870	2.27
	Galat	15	0.095	0.006			
	Total	19	0.115				
4 MST	Perlakuan	4	0.017	0.004	0.532 ^{tn}	0.870	2.27
	Galat	15	0.123	0.008			
	Total	19	0.140				
6 MST	Perlakuan	4	0.013	0.003	0.247 ^{tn}	0.870	2.27
	Galat	15	0.197	0.013			
	Total	19	0.211				
8 MST	Perlakuan	4	0.046	0.011	0.736 ^{tn}	0.870	2.27
	Galat	15	0.232	0.015			
	Total	19	0.277				

Keterangan : tn) Tidak berbeda nyata

d) Bobot Kering Akar Tanaman Jagung

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	73.451	18.363	0.548 ^{tn}	0.870	2.27
Galat	15	502.209	33.481			
Total	19	575.660				

Keterangan : tn) Tidak berbeda nyata

e) Panjang Akar Tanaman Jagung

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	244.042	61.011	0.740	0.870	2.27
Galat	15	1237.208	82.481			
Total	19	1481.250				

Keterangan : tn) Tidak berbeda nyata

f) Bobot Basah dan Kering Brangkas Tanaman Jagung

Pengamatan	Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F Hitung	F tabel	
						5%	1%
BB	Perlakuan	4	1694.6	423.644	0.717 ^{tn}	0.870	2.27
	Galat	15	8865.8	591.052			
	Total	19	10560.4				
BK	Perlakuan	4	14.412	3.603	0.262 ^{tn}	0.870	2.27
	Galat	15	206.476	13.765			
	Total	19	220.888				

Keterangan : tn) Tidak berbeda nyata

Lampiran 8. Kriteria Berat Isi Tanah

Berat Isi (g cm ⁻³)	Kriteria
< 0,90	Rendah (ringan)
0,90 – 1,2	Sedang
1,2 – 1,4	Tinggi (berat)
> 1,4	Sangat tinggi (sangat berat)

Sumber : Laboratorium Fisika Tanah, FP UB (2006)

Lampiran 9. Kriteria kemampuan pori – pori tanah memegang air

Pori Air Tersedia (% volume)	Kriteria
< 5	Sangat rendah
5 – 10	Rendah
10 – 15	Sedang
15– 20	Tinggi
> 20	Sangat tinggi

Sumber : LPT (1983)

Lampiran 10. Kriteria penilaian sifat kimia tanah

Sifat Tanah	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
C-Organik (%)	< 1,00	1,00 – 2,00	2,01 – 3,00	3,01 – 5,00	> 5,00
Nitrogen (%)	< 0,10	0,10 – 0,20	0,21 – 0,50	0,51 - 0,75	> 0,75
C/N	< 5	5 – 10	11 - 15	16 – 25	> 25
P ₂ O ₅ HCl (me/100g)	< 10	10 – 20	21 - 40	41 – 60	> 60
P ₂ O ₅ Bray- 1 (me/100g)	< 10	10 – 15	16 - 25	26 – 35	> 35
P ₂ O ₅ Olsen (ppm)	< 10	10 – 25	26 - 45	46 – 60	> 60
K ₂ O HCl 25% (me/100g)	< 10	10 – 20	21 - 40	41 – 60	> 60
KTK (me/100g)	< 5	5 – 16	17 - 24	25 – 40	> 40
pH H₂O	Sangat Masam	Masam	Agak Masam	Netral	Agak Alkalis
	< 4,5	4,5 – 5,5	5,6 – 6,5	6,6 – 7,5	7,6 – 8,5

Sumber : LPT (1983)

Lampiran 11. Kelas tekstur tanah

Kelas Tekstur	Proporsi (%) fraksi tanah		
	Pasir	Debu	Liat
Pasir	> 85	<15	<20
Pasir berlempung	70 – 90	<30	<15
Lempung berpasir	40 – 87,5	<50	<20
Lempung	22,5 – 52,5	30 – 50	10 – 30
Lempung liat berpasir	45 – 80	<30	20 – 37,5
Lempung liat berdebu	<20	40 – 70	27,5 – 40
Lempung berliat	20 – 45	15 – 52,5	27,5 – 40
Lempung berdebu	<47,5	50 – 87,5	<27,5
Debu	<20	>80	<12,5
Liat berpasir	45 – 62,5	<20	37,5 – 57,5
Liat berdebu	<20	40 – 60	40 – 60
Liat	<45	<40	>40

Sumber: Harahap, Aziza dan Nasution (2014)

Lampiran 12. Klasifikasi permeabilitas tanah

Permeabilitas (cm/jam)	Kelas
< 0,125	Sangat Lambat
0,125 – 0,50	Lambat
0,5 - 2,0	Agak Lambat
2,0 – 6,25	Sedang
6,25 – 12,5	Agak Cepat
12,5 – 25	Cepat
> 25	Sangat Cepat

Sumber : Unland and O'Neal (1951)

Lampiran 13. Dokumentasi Kegiatan Penelitian

a) Tinggi Tanaman Jagung



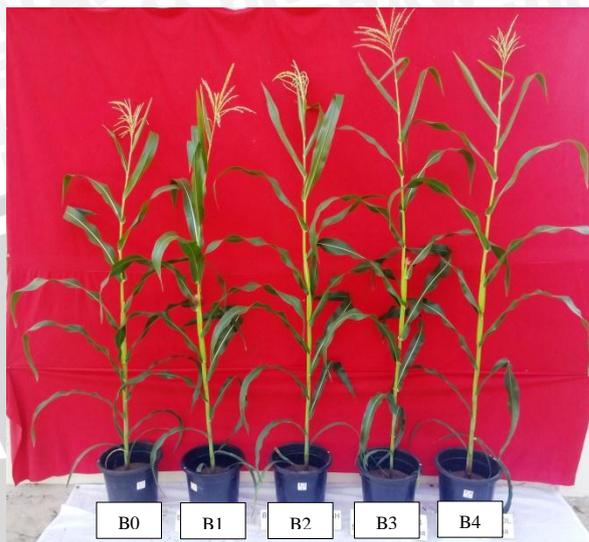
2 MST



4 MST



6 MST



8 MST

b) Akar tanaman jagung umur 8 MST



c) Persiapan media tanam



d) Pemupukan dan penanaman



e) Pemanenan tanaman jagung



f) Analisis bobot isi dan berat jenis



g) Analisis kemandapan agregat



h) Analisis retensi air



i) Analisis C-organik tanah



