

**PENGARUH APLIKASI BAHAN ORGANIK SEGAR
DAN BIOCHAR TERHADAP KETERSEDIAAN P
DALAM TANAH DI LAHAN KERING MALANG
SELATAN**

SKRIPSI

Oleh:

SONIA TAMBUNAN

105040201111171

**MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG
2014**

**PENGARUH APLIKASI BAHAN ORGANIK SEGAR
DAN BIOCHAR TERHADAP KETERSEDIAAN P
DALAM TANAH DI LAHAN KERING MALANG
SELATAN**

SKRIPSI

Oleh:

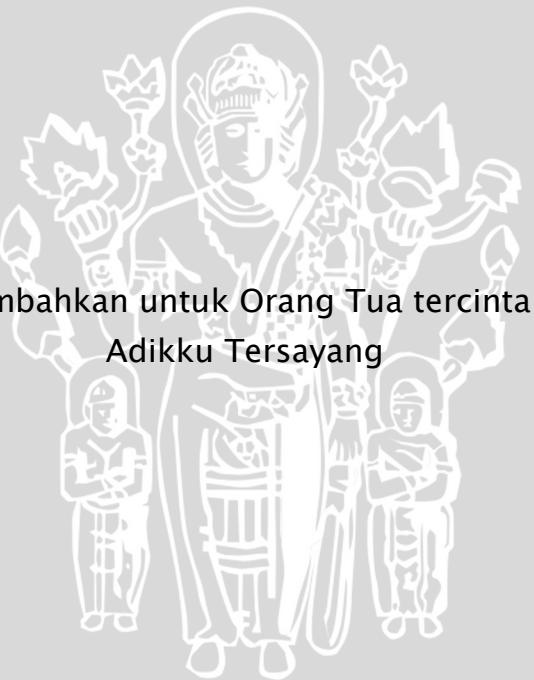
**SONIA TAMBUNAN
105040201111171**

Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Pertanian pada Fakultas Pertanian
Universitas Brawijaya Malang

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG
2014**



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Skripsi ini kupersembahkan untuk Orang Tua tercinta serta Kakak dan
Adikku Tersayang

Lembar Persetujuan

Judul Skripsi : PENGARUH APLIKASI BAHAN ORGANIK SEGAR DAN BIOCHAR TERHADAP KETERSEDIAAN P DALAM TANAH DI LAHAN KERING MALANG SELATAN
Nama Mahasiswa : SONIA TAMBUNAN
NIM : 105040201111171
Program Studi : Agroekoteknologi
Jurusan : Tanah
Minat : Manajemen Sumberdaya Lahan
Menyetujui : Dosen Pembimbing

Pembimbing Utama

Prof. Ir. Eko Handayanto, MSc., PhD.
NIP. 19520305 197903 1 004

Pembimbing Pendamping

Ir. Bambang Siswanto, MS
NIP. 19500730 197903 1 001

Ketua Jurusan

Prof.Dr.Ir. Zaenal Kusuma, SU.
NIP. 19540501 198103 1 006

Tanggal Persetujuan:



Mengesahkan
MAJELIS PENGUJI

Penguji Pertama

Penguji Kedua

Dr. Ir. Sugeng Prijono, MS.
NIP. 19580214 198503 1 003

Prof. Ir. Eko Handayanto, MSc., PhD.
NIP. 19520305 197903 1 004

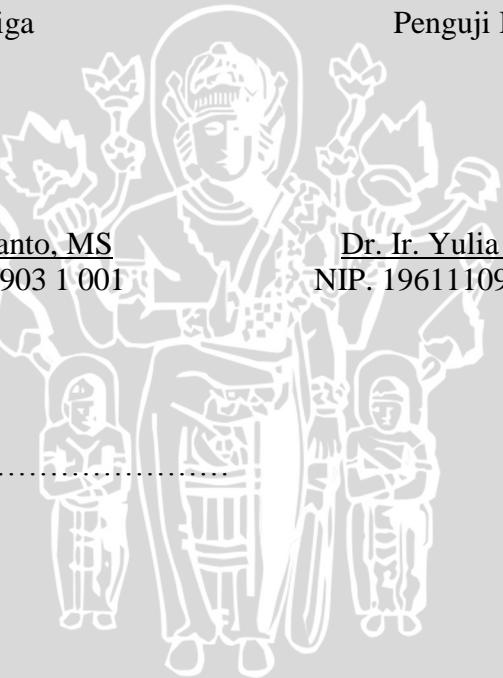
Penguji Ketiga

Penguji Keempat

Ir. Bambang Siswanto, MS
NIP. 19500730 197903 1 001

Dr. Ir. Yulia Nuraini, MS
NIP. 19611109 198503 2 001

Tanggal Lulus:



SURAT PERNYATAAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **SONIA TAMBUNAN**
NIM : 105040201111171
Jurusan / Program Studi : Tanah / Agroekoteknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul

PENGARUH APLIKASI BAHAN ORGANIK SEGAR DAN BIOCHAR TERHADAP KETERSEDIAAN P DALAM TANAH DI LAHAN KERING MALANG SELATAN

Merupakan karya tulis yang saya buat sendiri dan bukan merupakan bagian dari skripsi maupun tulisan penulis lain. Bilamana ternyata di kemudian hari pernyataan saya ini tidak benar, saya sanggup menerima sangsi akademik apapun yang ditetapkan oleh Universitas Brawijaya Malang.

Malang, Oktober 2013
Yang menyatakan,

Sonia Tambunan
NIM. 105040201111171

Mengetahui:

Pembimbing Pertama

Pembimbing Kedua

Prof. Dr. Ir. Eko Handayanto, MSc
NIP. 19520305 197903 1 004

Ir. Bambang Siswanto, MS
NIP. 19500730 197903 1 001

Jurusan Tanah
Fakultas Pertanian
Universitas Brawijaya
Ketua

Prof.Dr.Ir. Zaenal Kusuma, SU.
NIP. 19540501 198103 1 006



RINGKASAN

SONIA TAMBUNAN: 105040201111171 Pengaruh Aplikasi Bahan Organik Segar dan Biochar terhadap Ketersediaan P dalam Tanah di Lahan Kering Malang Selatan. Di bawah bimbingan Eko Handayanto dan Bambang Siswanto.

Sebagian besar daerah Malang Selatan didominasi oleh lahan kritis dengan tingkat kesuburan tanah yang rendah. Tingkat kesuburan tanah dapat diperbaiki dengan penambahan pupuk dan/atau bahan organik. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk memperbaiki tingkat kesuburan tanah adalah penggunaan bahan seresah segar dan biochar sebagai bahan pemberah tanah. Biochar merupakan bahan organik yang memiliki sifat stabil dapat dijadikan pemberah tanah lahan kering. Namun demikian, sampai saat ini belum tersedia informasi tentang penggunaan bahan organik segar dan biochar untuk meningkatkan ketersediaan P tanah pada lahan kering berkapur di Malang Selatan. Tujuan penelitian adalah (a) menganalisis pengaruh bahan organik segar dan biochar terhadap ketersediaan P pada lahan kering berkapur di Malang Selatan, (b) mengetahui pengaruh aplikasi bahan organik segar dan biochar terhadap pH dan Ca-dd tanah, (c) mengetahui pengaruh aplikasi bahan organik segar biochar terhadap KTK tanah; dan (d) mengetahui pengaruh aplikasi bahan organik segar biochar terhadap pertumbuhan jagung.

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca dan laboratorium Kimia Tanah, fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, pada bulan Maret – Mei 2013. Bahan yang digunakan dalam penelitian lapangan ini adalah sampel tanah komposit lahan kering dengan ordo Alfisol pada kedalaman 0 – 20 cm, biochar serasah tebu untuk biochar, biochar serasah jagung untuk biochar, serasah tebu untuk bahan organik segar, serasah jagung untuk bahan organik segar, aquades untuk pelarut, benih jagung hibrida bisi 2 dengan daya kecambah 95%. Rancangan penelitian menggunakan RAL. Jenis pupuk yang digunakan dalam penelitian adalah biochar (serasah tebu, jagung) dan bahan organik (serasah tebu, jagung). Sembilan kombinasi perlakuan (0 t ha^{-1} biochar dan 0 t ha^{-1} serasah, 0 t ha^{-1} biochar dan 40 t ha^{-1} serasah tebu, 0 t ha^{-1} biochar dan 40 t ha^{-1} serasah jagung, 20 t ha^{-1} biochar serasah tebu dan 0 t ha^{-1} serasah, 20 t ha^{-1} biochar serasah tebu dan 40 t ha^{-1} serasah tebu, 20 t ha^{-1} biochar serasah tebu dan 40 t ha^{-1} serasah jagung, 20 t ha^{-1} biochar serasah jagung dan 0 t ha^{-1} serasah, 20 t ha^{-1} biochar serasah jagung dan 40 t ha^{-1} serasah tebu dan 20 t ha^{-1} biochar serasah jagung dan 40 t ha^{-1} serasah jagung). Pengamatan yang dilakukan adalah pengukuran tinggi tanaman dan jumlah daun, kadar Ca-dd, pH dan P tersedia tanah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha^{-1} biochar serasah jagung dan 40 t ha^{-1} serasah jagung pada umur tanaman 49 HST mampu menaikkan P tersedia 242.95%; (2) perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha^{-1} biochar serasah jagung dan 0 t ha^{-1} serasah pada umur tanaman 49 HST mampu menurunkan pH dan Ca-dd sebesar 14.47% dan 27.19%; (3) perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha^{-1} biochar serasah jagung dan 40 t ha^{-1} serasah jagung dapat meningkatkan KTK sebesar 10.40%; dan (5) perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha^{-1} biochar serasah jagung dan 0 t ha^{-1} serasah dapat menambah jumlah daun 25%.

SUMMARY

SONIA TAMBUNAN: 105040201111171 Effects of Application of Fresh Organic Materials and Biochar on availability of P in soils of South Malang dry land area
Advisory Committee: Eko Handayanto and Bambang Siswanto.

Most of South Malang area is dominated by degraded land with low inherent soil fertility. Soil fertility can be improved with the addition of fertilizer and / or organic matters. However, the poor soil conditions result in low productivity of organic materials or plant residues for soil fertility improvement. One alternative that can be employed to improve the soil fertility levels is the use of fresh organic matter and biochar. Biochar is an organic material that has a stable and stable nature. However, until now there is no available information on the use of fresh organic matter and biochar to increase soil P availability in calcareous dry land in South Malang. The purposes of study were (a) to determine the effect of fresh organic matter and biochar application on the availability of P in the soil (b) to determine the effect of fresh organic matter and biochar application on the pH and Ca-dd soil, (c) to determine the effect of fresh organic matter and biochar application on CEC soil and (c) determine the effect of fresh organic matter and biochar application on maize plant growth.

The experiment was conducted in the greenhouse and laboratory Soil Chemistry, Faculty of Agriculture, University of Brawijaya, in March-May 2013. Materials used in this field study were a composite sample of upland calcareous soil at a depth of 0-20 cm with Alfisol ordo, biochar litter cane, biochar maize litter, fresh sugarcane litter, fresh maize litter, distilled water, and hybrid maizeseeds bisi 2. Nine treatment combinations (0 t ha^{-1} biochar dan 0 t ha^{-1} litter, 0 t ha^{-1} biochar dan 40 t ha^{-1} sugarcane litter, 0 t ha^{-1} biochar dan 40 t ha^{-1} maize litter, 20 t ha^{-1} biochar of sugarcane litter and 0 t ha^{-1} litter, 20 t ha^{-1} biochar of sugarcane litter and 40 t ha^{-1} sugarcane litter, 20 t ha^{-1} biochar of sugarcane litter and 40 t ha^{-1} maize litter, 20 t ha^{-1} biochar of maize litter and 0 t ha^{-1} litter, 20 t ha^{-1} biochar of maize litter and 40 t ha^{-1} sugarcane litter and 20 t ha^{-1} biochar of maize litter and 40 t ha^{-1} maize litter) were arranged in a completely randomized design with three replicates. The observed parameters were plant height and number of leaves, the levels of Ca-dd, pH, and P available of soil.

The results showed that: (1) treatment of 20 t ha^{-1} biochar of maize litter and 40 t ha^{-1} maize litter at age 49 day after plant able to increase the plant available P 242.95%; (2) treatment of 20 t ha^{-1} biochar maize litter and 0 t ha^{-1} litter at age 49 day after plant able to decrease pH and Ca-dd 14.47% and 27.19%; (3) treatment of 20 t ha^{-1} biochar of maize litter and 40 t ha^{-1} maize litter at age 49 day after plant able to increase CEC 10.40%; and (4) treatment of 20 t ha^{-1} biochar maize litter and 0 t ha^{-1} litter able to increase leaves amount 25%.



KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul: **Pengaruh Aplikasi Pupuk Organik Segar dan Biochar Terhadap Ketersediaan P dalam Tanah di Lahan Kering Malang Selatan**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Pertanian.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak atas bantuan yang telah diberikan selama penulis melaksanakan magang kerja dan penyusunan laporan magang kerja antara lain kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU. selaku Ketua Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya,
2. Prof. Ir. Eko Handayanto, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama,
3. Ir. Bambang Siswanto, MS. selaku Dosen Pembimbing Pendamping,
4. Mas Bagus selaku partner dalam melaksanakan penelitian,
5. Pak Wahyu selaku penjaga Laboratorium Kimia Tanah Fakultas Pertanian,
6. Orang tua penulis yang telah memberi dukungan materi, doa dan semangat untuk menyelesaikan studi kami,
7. Miranti Ayu Verdiana, Prisma Suganda dan Very Mahmudhitya Rudhaliawan atas dukungan nyata selama penulis melaksanakan penelitian,
8. Keluarga besar Jurusan Ilmu Tanah atas dukungannya dan
9. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan dukungan bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan sehingga saran dan kritik yang konstruktif sangat penulis harapkan. Semoga laporan magang ini memberikan manfaat yang nyata bagi semua pihak yang berkepentingan.

Malang, 7 Oktober 2013

Penulis



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tangerang pada tanggal 18 Desember 1991 sebagai putri ketiga dari 4 bersaudara dari Bapak Ratri Hagarayu Sapta dan Ibu Sri Hasanah.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Joglo 10 Pagi dan di SDN Pamulang Tengah pada tahun 1998 sampai tahun 2004, kemudian penulis melanjutkan ke SMPN 56 Jakarta. Pada tahun 2004 dan selesai pada tahun 2007. Pada tahun 2007 hingga 2010 penulis studi di SMAN 6 Jakarta. Pada tahun 2010 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata 1 Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur, melalui jalur PSB.

Selama menjadi mahasiswa penulis juga pernah menjadi asisten praktikum Mata Kuliah Dasar Genetika pada tahun 2011, Dasar Biokimia pada tahun 2011 dan Fisiologi Tanaman pada tahun 2012. Penulis pernah aktif dalam kepanitiaan PRISMA 1 pada tahun 2011, PEMILWA FP UB 2011 pada tahun 2011 dan PERMIRA UB 2011 pada tahun 2011.



DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Hipotesis	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Bahan Organik Segar.....	4
2.1.1. Residu Bahan Organik	6
2.1.2. Proses Perombakan Bahan Organik	6
2.1.3. Mineralisasi	7
2.2. Biochar.....	10
2.1.1. Pengaruh Biochar terhadap Sifat Kimia Tanah	13
2.1.2. Pengaruh Biochar trehadap Sifat Fisika Tanah	14
2.1.3. Pengaruh Biochar terhadap Sifat Biologi Tanah	15
2.1.4. Pengaruh Biochar terhadap Pertumbuhan Tanaman	15
2.1.5. Pembuatan Biochar	17
2.2. Lahan Kering Malang Selatan	19
2.3. Permasalahan P Tanah Berkapur	21
2.3. Ketersediaan P dalam Tanah	21
III. METODE PENELITIAN	16
3.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan Penelitian.....	16
3.2. Alat dan Bahan	17
3.2.1. Alat	17
3.2.2. Bahan	18
3.3. Pelaksanaan Penelitian	18
3.3.1. Pembuatan Biochar	18
3.3.2. Penyiapan Serasah Segar	21
3.3.3. Persiapan <i>green house</i>	21
3.3.4. Rancangan Penelitian	21
3.3.4. Pengamatan.....	23
3.3.5. Analisis Statistik.....	23
3.3.6. Data Analisis Awal.....	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24

4.1. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap P Tersedia	24
4.2. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap pH Tanah.....	26
4.3. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap Ca-dd.....	28
4.4. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap KTK Tanah	31
4.5. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap Pertumbuhan Tanaman.....	32
4.5.1 Jumlah Daun.....	32
4.5.2. Tinggi Tanaman	33
V. KESIMPULAN DAN SARAN	34
5.1. Kesimpulan.....	34
5.2. Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN.....	40



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kandungan Hara pada Umur Serasah 3 dan 4 Tahun	5
Tabel 2. Nilai Standar Unsur Kimia Serasah	6
Tabel 3. Taksiran Jumlah Residu Biomassa Tanaman Pertanian di Dunia.....	11
Tabel 4. Hasil Analisis Bahan Arang (Biochar) dari Limbah Pertanian	14
Tabel 5. Pengaruh Pemberian Pembenhah Tanah terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung	16
Tabel 6. Kesimpulan Hasil dari Beberapa Penulis dan Bidang Studi Pada Kasus Biochar.....	16
Tabel 7. Hasil Analisis Fisik Biochar sebagai Bahan Pembenhah Tanah	17
Tabel 8. Beberapa Metode dan Modifikasi Kondisi <i>Pyrolysis</i> Biomassa Organik serta Proporsi Komponen Hasil	18
Tabel 9. Komponen Bahan yang Terdapat pada Beberapa Jenis Bimassa Organik	18
Tabel 10. Sifat Kimia dan Biologi Tanah pada Beberapa Bentuk Formula Pembenhah Tanah di Rumah Kaca	23
Tabel 11. Kombinasi Perlakuan Seri.....	21
Tabel 12. Parameter Pengamatan	23
Tabel 13. Data Analisi Tanah Awal	24
Tabel 14. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap P Tersedia	24
Tabel 15. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap pH Tanah	26
Tabel 16. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap Ca-dd	28
Tabel 17. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap KTK Tanah.....	31
Tabel 18. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap Jumlah Daun.....	32
Tabel 19. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap Tinggi Tanaman ..	33
Tabel 20. ANOVA P Tersedia 7 HST	42
Tabel 21. BNJ 5% P Tersedia 7 HST	42
Tabel 22. ANOVA P Tersedia 14 HST	42
Tabel 23. BNJ 5% P Tersedia 14 HST	42
Tabel 24. ANOVA P Tersedia 21 HST	43
Tabel 25. BNJ 5% P Tersedia 21 HST	43
Tabel 26. ANOVA 5% P Tersedia 28 HST	43
Tabel 27. BNJ 5% P Tersedia 28 HST	43
Tabel 28. ANOVA P Tersedia 35 HST	44
Tabel 29. BNJ 5% P Tersedia 35 HST	44
Tabel 30. ANOVA P Tersedia 42 HST	44
Tabel 31. BNJ 5% P Tersedia 42 HST	44
Tabel 32. ANOVA P Tersedia 49 HST	45
Tabel 33. BNJ 5% P Tersedia 49 HST	45
Tabel 34. ANOVA pH 7 HST	45
Tabel 35. BNJ 5% pH 7 HST	45
Tabel 36. ANOVA pH 14 HST	46
Tabel 37. BNJ 5% pH 14 HST	46
Tabel 38. ANOVA pH 21 HST	46
Tabel 67. BNJ 5% pH 21 HST	46
Tabel 40. ANOVA pH 28 HST	47

Tabel 41. BNJ 5% pH 28 HST.....	47
Tabel 42. ANOVA pH 35 HST.....	47
Tabel 43. BNJ 5% pH 35 HST.....	47
Tabel 44. ANOVA pH 42 HST.....	48
Tabel 45. BNJ 5% pH 42 HST.....	48
Tabel 46. ANOVA pH 49 HST.....	48
Tabel 47. BNJ 5% pH 49 HST.....	48
Tabel 48. ANOVA Ca 7 HST	49
Tabel 49. BNJ 5% Ca 7 HST	49
Tabel 50. ANOVA Ca 14 HST	49
Tabel 51. BNJ 5% Ca 14 HST	49
Tabel 52. ANOVA Ca 21 HST	50
Tabel 53. BNJ 5% Ca 21 HST	50
Tabel 54. ANOVA Ca 28 HST	50
Tabel 55. BNJ 5% Ca 28 HST	50
Tabel 56. ANOVA Ca 35 HST	51
Tabel 57. BNJ 5% Ca 35 HST	51
Tabel 58. ANOVA Ca 42 HST	51
Tabel 59. BNJ 5% Ca 42 HST	51
Tabel 60. ANOVA Ca 49 HST	52
Tabel 33. BNJ 5% Ca 49 HST	52
Tabel 62. ANOVA KTK 49 HST	52
Tabel 63. BNJ 5% KTK 49 HST	52
Tabel 64. ANOVA Jumlah Daun 7 HST	53
Tabel 65. BNJ 5% Jumlah Daun 7 HST	53
Tabel 66. ANOVA Jumlah Daun 14 HST	53
Tabel 67. BNJ 5% Jumlah Daun 14 HST	53
Tabel 68. ANOVA Jumlah Daun 21 HST	54
Tabel 69. BNJ 5% Jumlah Daun 21 HST	54
Tabel 70. ANOVA Jumlah Daun 28 HST	54
Tabel 71. BNJ 5% Jumlah Daun 28 HST	54
Tabel 72. ANOVA Jumlah Daun 35 HST	55
Tabel 73. BNJ 5% Jumlah Daun 35 HST	55
Tabel 74. ANOVA Jumlah Daun 42 HST	55
Tabel 75. BNJ 5% Jumlah Daun 42 HST	55
Tabel 76. ANOVA Jumlah Daun 49 HST	56
Tabel 77. BNJ 5% Jumlah Daun 49 HST	56
Tabel 78. ANOVA Tinggi Tanaman 7 HST	56
Tabel 79. BNJ 5% Tinggi Tanaman 7 HST	56
Tabel 80. ANOVA Tinggi Tanaman 14 HST	57
Tabel 81. BNJ 5% Tinggi Tanaman 14 HST	57
Tabel 82. ANOVA Tinggi Tanaman 21 HST	57
Tabel 83. BNJ 5% Tinggi Tanaman 21 HST	57
Tabel 84. ANOVA Tinggi Tanaman 28 HST	58
Tabel 85. BNJ 5% Tinggi Tanaman 28 HST	58
Tabel 86. ANOVA Tinggi Tanaman 35 HST	58
Tabel 87. BNJ 5% Tinggi Tanaman 35 HST	58
Tabel 88. ANOVA Tinggi Tanaman 42 HST	59

Tabel 89. BNJ 5% Tinggi Tanaman 42 HST	59
Tabel 90. ANOVA Tinggi Tanaman 49 HST	59
Tabel 91. BNJ 5% Tinggi Tanaman 49 HST	59
Tabel 92. Analisis P Tersedia Tanah pada Berbagai Pengamatan	60
Tabel 93. Analisis Ca-dd Tanah pada Berbagai Pengamatan	61
Tabel 94. Analisis pH Tanah pada Berbagai Pengamatan	62
Tabel 95. Tinggi Tanaman Jagung pada Berbagai Pengamatan	63
Tabel 96. Jumlah Daun Tanaman Jagung pada Berbagai Pengamatan.....	64
Tabel 97. KTK Tanah pada Berbagai Pengamatan	65



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Kimia Bahan Organik	5
Gambar 2. Biochar Mengurangi Karbon dalam Atmosfer.....	12
Gambar 3. Struktur mikrokristalin biochar (kiri) dan struktur aromatik mengandung oksigen dan karbon radikal bebas (kanan)	13
Gambar 4. Peta tanah Desa Sumberejo, Kecamatan Pagak, Kabupaten Malang.....	16
Gambar 5. Skema Pirolisator	19
Gambar 6. Proses Pengeringan Serasah Jagung dan Serasah tebu.....	20
Gambar 7. Alat Pembuatan Biochar.....	20
Gambar 8. Persiapan <i>Green House</i>	21
Gambar 9. Peta Denah Percobaan	22
Gambar 10. Pengaruh P Tersedia terhadap Tinggi Tanaman	25
Gambar 11. Pengaruh pH terhadap P Tersedia	28
Gambar 12. Pengaruh Ca terhadap pH.....	29
Gambar 13. Pengaruh Ca terhadap P Tersedia.....	30



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Metode analisis pH, P tersedia dan Ca tanah.....	41
Lampiran 2. ANOVA dan BNJ 5% P Tersedia.....	42
Lampiran 3. ANOVA dan BNJ 5% pH.....	45
Lampiran 4. ANOVA dan BNJ 5% Ca	49
Lampiran 5. ANOVA dan BNJ 5% KTK	52
Lampiran 6. ANOVA dan BNJ 5% Jumlah Daun	53
Lampiran 7. ANOVA dan BNJ 5% Tinggi Tanaman	56
Lampiran 8. Dokumentasi Tanaman Tiap Pengamatan	66
Lampiran 9. Perhitungan dosis biochar dan serasah	67



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sistem pertanian di Indonesia tidak hanya lahan basah seperti sawah, tetapi juga banyak ditemukan pada lahan kering seperti tegalan. Jumlahnya juga tidak sedikit tersebar di Indonesia. Oleh karena itu, menurut Kurnia (2002), fenomena degradasi tanah juga kerap menjadi masalah yang serius pada areal pertanian lahan kering di Indonesia dan lebih sensitif pada lahan dengan tekstur tanah kasar atau berpasir.

Sebagai bagian dari rangkaian perbukitan kapur di pulau Jawa, wilayah Malang Selatan, Kabupaten Malang merupakan wilayah yang didominasi lahan perbukitan kapur. Penggunaan lahan di perbukitan kapur Malang Selatan untuk lahan pertanian yang setiap tahun digunakan dalam budidaya tanaman perkebunan seperti tanaman tebu, kopi, tanaman tahunan dan palawija tanaman, sedangkan sisanya merupakan lahan sawah. Wilayah lahan kering berkapur Malang Selatan berada di beberapa wilayah administrasi meliputi wilayah Kecamatan Donomulyo, Pagak, Bantur, Dampit, Gedangan, Sumbermanjing Wetan, Tirtoyudo dan Ampelgading (Peta Landsystem Jawa Timur, 2007).

Sebagian besar daerah Malang Selatan didominasi oleh lahan kritis dengan tingkat kesuburan tanah yang rendah. Kandungan bahan organik tanah rendah sehingga kapasitas penyangga tanah juga rendah, serta terjadi defisiensi unsur hara makro. Berbagai upaya telah dilakukan pemerintah dan masyarakat untuk meningkatkan produktivitas lahan di daerah tersebut.

Kekurangan bahan organik juga berpengaruh terhadap ketersediaan P dalam tanah. Kedua hal tersebut akan mempengaruhi proses fisik, kimia dan aktivitas biologi dalam tanah, selain faktor iklim dan topografi. Menurut Vaccari (2011), bahan organik dapat memperbaiki sifat fisik tanah seperti perubahan warna yang menjadi lebih gelap dan struktur yang lebih gembur. Menurut Lehman (2011), bahan organik juga dapat meningkatkan aktivitas organisme mikro di dalam tanah.

Salah satu upaya perbaikan kualitas tanah yang dapat ditempuh adalah penggunaan bahan-bahan yang tergolong sebagai bahan pemberat tanah. Dalam upaya meningkatkan kualitas sifat fisik, kimia, serta biologi tanah, sebaiknya dipilih

bahan pemberah dari bahan yang sulit terdekomposisi agar dapat bertahan lama dalam tanah. Bahan yang mudah diperoleh dan relatif murah adalah penggunaan limbah pertanian seperti serasah jagung dan serasah tebu. Serasah tebu dan jagung bisa dimanfaatkan dalam bentuk segar maupun dalam bentuk biochar

Bahan organik merupakan suatu sistem zat yang paling rumit dan dinamik. Secara garis besar peranan dari bahan organik adalah (1) menjaga kelembaban tanah, (2) menawarkan sifat racun dari Al dan Fe, (3) penyangga hara tanaman, (4) membantu dalam meningkatkan penyediaan hara, (5) menstabilkan temperature tanah, (6) memperbaiki aktivitas organism, (7) memperbaiki struktur tanah, (8) meningkatkan efisiensi pemupukan, (9) mengurangi terjadinya erosi (Harahap, 2000).

Bahan-bahan tersebut sangat sulit didekomposisi dan dalam penerapannya diperlukan proses antara lain yaitu pembakaran tidak sempurna (*pyrolysis*) sehingga diperoleh arang yang mengandung karbon aktif untuk diaplikasian ke dalam tanah.

Biochar adalah arang hitam hasil dari proses pemanasan biomassa pada keadaan oksigen terbatas atau tanpa oksigen. Biochar merupakan bahan organik yang memiliki sifat stabil dapat dijadikan pemberah tanah lahan kering. Penggunaan biochar sebagai suatu pilihan selain sumber bahan organik segar dalam pengelolaan tanah untuk tujuan pemulihan dan peningkatan kualitas kesuburan tanah terdegradasi atau tanah lahan pertanian kritis semakin berkembang dan sekarang ini mendapatkan fokus perhatian penting para ilmuan tanah dan lingkungan. Fokus perhatian internasional dalam pemanfaatan biochar sebagai pemberah tanah pertanian berkembang dari hasil pengamatan di Amazon, Brazil seperti yang ditulis (Glaser, 2001).

Berbeda dengan bahan organik lainnya yang memiliki ikatan karbon sedikit, biochar sebagai pemberah tanah memiliki ikatan karbon yang berlimpah, lebih tanah terhadap oksidasi dan lebih stabil dalam tanah sehingga memiliki pengaruh jangka panjang terhadap perbaikan kualitas kesuburan tanah seperti C-organik dan KTK tanah. Partikel biochar tersusun dari struktur rantai C-aromatik, mempunyai luas permukaan yang besar persatuan massa dan kepadatan muatan yang tinggi. Sifat fisik dan kimia tersebut menjadikan biochar bersifat rekalsitran dan stabil dalam tanah dan

memiliki kapasitas menjerap kation lebih tinggi per unit massa dari pada bahan organik lainnya sesuai dengan pernyataan (Sombroek, 2003).

Fenomena pemanasan global menarik perhatian para ilmuan terhadap biochar yang memiliki sifat stabil dalam tanah yaitu ratusan hingga ribuan tahun menjadikan biochar sebagai salah satu bahan pemberih tanah potensial.

Lahan kering berkapur di wilayah Malang Selatan, Kabupaten Malang memiliki kendala kesuburan tanah, dimana unsur hara P tidak tersedia bagi tanaman yang dapat berpengaruh terhadap rendahnya produktivitas hasil pertanian di wilayah tersebut dan kurangnya bahan organik yang terdapat didalamnya. Untuk meningkatkan ketersediaan P pada tanah berkapur dibutuhkan sifat kimia tanah yang mendukung ketersediaan P. Serta untuk memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah diperlukan bahan organik dengan dosis yang tepat. Pemilihan alternatif teknologi sederhana dan ramah lingkungan menjadi dasar pemilihan dalam pengelolaan unsur hara P di lahan berkapur, yaitu produksi biochar. Dengan asumsi bahwa, produksi dan aplikasi biochar dapat memperbaiki beberapa sifat fisik, kimia dan biologi tanah tanah berkapur.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dengan mengaplikasian biochar ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh aplikasi kombinasi biochar dan bahan organik segar terhadap ketersediaan P di tanah;
2. Menganalisis pengaruh kombinasi biochar dan bahan organik segar terhadap pH dan Ca-dd tanah;
3. Menganalisis pengaruh kombinasi biochar dan bahan organik segar terhadap KTK tanah; dan
4. Mengetahui pengaruh aplikasi kombinasi biochar dan bahan organik segar terhadap pertumbuhan tanaman jagung.

1.3. Hipotesis

Aplikasi kombinasi bahan organik segar dan biochar meningkatkan ketersediaan P pada tanah di lahan kering.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bahan Organik Segar

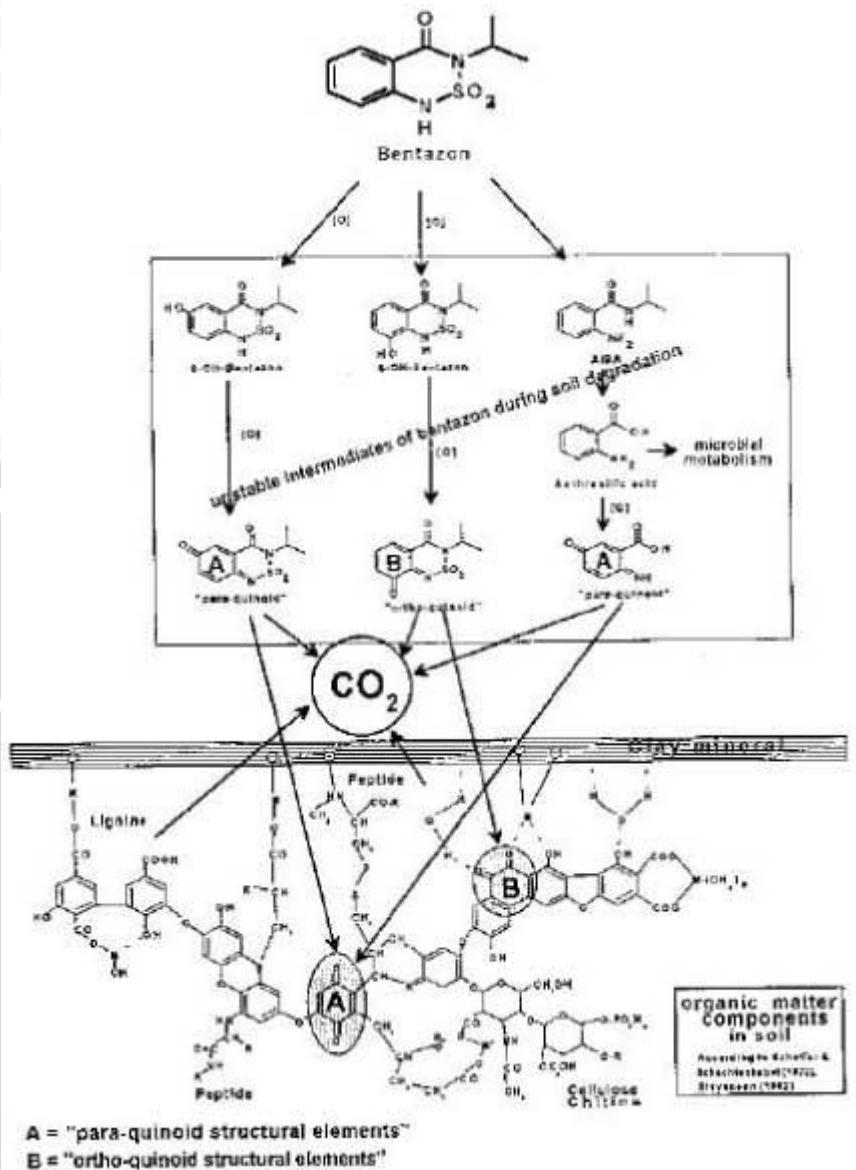
Bahan organik merupakan suatu sistem zat yang paling rumit dan dinamik. Bahkan ada yang mengatakan bahwa bahan organik adalah suatu bahan yang paling rumit di alam (Gambar 1). Bahan organik tersusun atas bahan-bahan yang sangat beraneka berupa zat yang ada dalam jaringan tumbuhan. Semua sisa organik yang sedang mengalami perombakan, hasil metabolism mikroorganisme yang menggunakan sisa organik sebagai sumber energy. Hasil sintesa mikroba berupa plasma sel-sel dan zat-zat humus dan sedereatan panjang derivate zat-zat tersebut yang merupakan kegiatan mikroba (Notohadiprawiro, 1998).

Bahan organik segar dan sisa tanaman dan humus terdiri dari air, senyawa-senyawa organik kompleks dan senyawa mineral. Kandungan air dari bahan organik terdapat 50-95%, hal ini tergantung dari jenis dan unsur tanaman. Bahan kering terdiri dari 88-99% senyawa organik yaitu senyawa yang mengandung unsur C, H, N dan sisanya adalah K (Aak, 1983).

Dilihat dari sifat kimianya, bahan organik dapat meningkatkan KTK (Kapasitas Tukar Kation) dan daya sangga (*buffer*) tanah sehingga tanaman dapat terhindar dari beberapa tekanan keracunan tanaman (Zubair *et al.*, 1997).

Secara umum dapat dikatakan bahwa bahan organik memperbesar ketersediaan fosfat tanah, melalui hasil dekomposisinya yang menghasilkan asam organik dan CO₂. Gas CO₂ larut dalam air membentuk asam karbonat yang mampu melapukan beberapa mineral primer tanah. Telah terbukti pula bahwa pada tanah berkapur, produksi CO₂ memainkan peran penting dalam ketersediaan P tanah, demikian juga pada tanah masam (Nyakpa *et al.*, 1988).

Secara garis besar peranan dari bahan organik adalah (1) menjaga kelembaban tanah, (2) menawarkan sifat racun dari Al dan Fe, (3) penyangga hara tanaman, (4) membantu dalam meningkatkan penyediaan hara, (5) menstabilkan temperature tanah, (6) memperbaiki aktivitas organism, (7) memperbaiki struktur tanah, (8) meningkatkan efisiensi pemupukan, (9) mengurangi terjadinya erosi (Harahap, 2000).



Gambar 1. Struktur Kimia Bahan Organik (Notohadiprawiro, 1998)

Hasil analisis kimia serasah tanaman pada umur 3 dan 4 tahun memiliki kandungan hara yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada tabel 1. Hasil Aprianis (2010) ini tidak memenuhi standar yang dibuat oleh Rindyastuti *et al.*, (2010) tabel 2. Hal ini bisa disebabkan kurangnya mikroorganisme yang mendekomposisi serasah tersebut.

Tabel 1. Kandungan Hara pada Umur Serasah 3 dan 4 Tahun

Umur Serasah (tahun)	Berat Kering $t \text{ ha}^{-1}$ tahun^{-1}	Kadar Hara (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
3	5.31	1.27	0.16	1.28	0.29	0.04
4	4.83	1.29	10.17	1.34	0.30	0.04

Dengan standar yang dibuat oleh Rindyastuti *et al.*, (2010) pada tabel 2 bahwa serasah yang baik adalah serasah dengan C/N lebih dari 20, N lebih dari 2.5%, polifenol kurang dari 4% dan lignin kurang dari 15%.

Tabel 2. Nilai Standar Unsur Kimia Serasah

Unsur	Nilai Standar
C/N	< 20
N	> 2.5%
Polifenol	< 4%
Lignin	< 15%
KTK	± 50%

2.1.1. Residu Bahan Organik

Residu bahan organik segar terdiri atas kompleks polimer selulosa dan lignin. Perombakan komponen-komponen polimer pada tumbuhan erat kaitannya dengan peranan enzim ekstraseluler yang dihasilkan. Beberapa enzim yang terlibat dalam perombakan bahan organik antara lain adalah β -glukosidase, lignin peroksidase (LiP), manganese peroksidase (MnP), dan lakase, selain kelompok enzim reduktase yang merupakan penggabungan dari Lip dan MnP yaitu enzim versatile peroksidase. Enzim-enzim ini dihasilkan oleh *Pleurotus eryngii*, *P. ostreatus* dan *Bjekandera adusta* (Lankinen, 2004). Residu bahan organik segar mengandung sejumlah senyawa organik larut dalam air, seperti asam amino, asam organik, dan gula yang digunakan oleh mikroba untuk proses perombakan. Fungi dari kelas Zygomycetes (Mucorales) sebagian besar sebagai pengurai amilum, protein, dan lemak, hanya sebagian kecil yang mampu mengurai selulosa dan khitin. Beberapa Mucorales seperti *Mucor* spp. dan *Rhizopus* spp. mengurai karbohidrat tingkat rendah (monosakarida dan disakarida) yang dicirikan dengan perkecambahan spora, pertumbuhan dan pembentukan spora yang cepat.

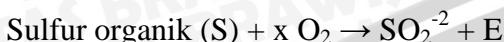
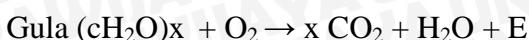
2.1.2. Proses Perombakan Bahan Organik

perombakan bahan organik dapat berlangsung pada kondisi aerob dan anaerob (Gaur, 1982). Pengomposan aerob merupakan proses pengomposan bahan organik dengan menggunakan O_2 . Hasil akhir dari pengomposan aerob merupakan produk metabolisme biologi berupa CO_2 , H_2O , panas, unsur hara, dan sebagian humus. Hasil akhir dari pengomposan anaerob terutama berupa CH_4 dan CO_2 dan



sejumlah hasil antara; timbul bau busuk karena adanya H₂S dan sulfur organik seperti merkaptan (Haug, 1980).

Reaksi yang terjadi pada perombakan system aerobic:



Reaksi utuh:



Pengomposan anaerob diartikan sebagai proses dekomposisi bahan organik tanpa menggunakan O₂. Reaksi yang terjadi pada perombakan sistem anaerobik:



Dalam proses perombakan bahan organik, sel mikroba yang mati merupakan sumber hara bagi tanaman dan substrat mikroorganisme yang hidup. Dinding sel fungi terdiri selulosa, khitin, dan khitosan, dan dinding sel bakteri terdiri atas asam N-acetylglucosamin dan N-acetylmuramic yang terkandung dalam peptidoglikan bersama dengan material polisakharida lainnya di degradasi dan merupakan substrat yang sangat baik bagi pertumbuhan mikroba.

2.1.3. Mineralisasi

Ketersediaan fosfat dikendalikan oleh mineralisasi dan immobilisasi melalui fraksi organik dan pearlutan serta presipitasi fosfat dalam bentuk anorganik. Sisa tanaman, hewan dan mikroba yang dikembalikan ke dalam tanah, secara aktif didekomposisi oleh mikroorganisme. Fosfat dalam sisa organik tersebut harus dilepaskan jika harus tersedia untuk tanaman dan mikroorganisme.

Mineralisasi fosfat merupakan proses enzimatik. Enzim yang terlibat disebut fosfatase yang mengkatalis berbagai reaksi yang melepaskan fosfat dari senyawa fosfat organik ke dalam larutan tanah. Fosfatase dilepaskan oleh mikroorganisme di luar sel ke dalam larutan tanah untuk mengkatalis reaksi-reaksi berikut ini (Alimeso, 2010) :

Fosfomonosterasi menghidrolisis fosfat dari bentuk monoester fosfat, seperti nukleotida atau fosfolipida.

1. Fosfodiesterase menghidrolisis fosfat dari bentuk diester fosfat seperti asam nukleat.
2. Fitase menghidrolisis fosfat inositol.

Jika fosfat dimineralisasi maka dapat diserap oleh tanaman atau diimmobilisasi kembali ke dalam sel mikroba, atau dapat membentuk kompleks anorganik tidak larut. Biomassa mikroba dapat mempengaruhi ketersediaan fosfat melalui immobilisasi, yaitu pengikatan ion ortofosfat menjadi bentuk organik yang terikat dalam organisme. Misalnya ortofosfat bereaksi dengan ADP (Adenosine diphosphate) dan masukan energi yang sesuai untuk membentuk ATP. Tingkat immobilisasi dipengaruhi oleh nisbah C/P bahan organik yang mengalami dekomposisi dan jumlah fosfat tersedia dalam larutan tanah. Nisbah C/P residu yang ditambahkan dapat menentukan tingkat fosfat anorganik dimineralisasi atau diimmobilisasi. Jika fosfat tidak cukup tersedia dalam residu untuk asimilasi karbon yang ditambahkan, maka fosfat anorganik dari larutan tanah harus digunakan dan bisa terjadi net imobilisasi. Sebaliknya jika lebih banyak tersedia fosfat dalam residu jika dibandingkan dengan yang diperlukan untuk asimilasi karbon, maka terjadi net mineralisasi ortofosfat. Umumnya, nisbah C/P $\geq 300:1$ menghasilkan imobilisasi. Nisbah antara 200-300 hanya menghasilkan perubahan kecil dalam konsentrasi fosfat dalam larutan tanah. Proses ini sama dengan proses mineralisasi dan imobilisasi nitrogen. Selain kandungan fosfat dalam residu, variabel tanah dan lingkungan yang lain (misalnya pH, temperatur, aerasi, dan lengas tanah) mempengaruhi aktivitas mikroba dan mineralisasi fosfat. Unsur yang paling menjadi pembatas akan mengendalikan kecepatan mineralisasi fosfat dari residu. Jika mineralisasi karbon yang cepat terjadi pada residu dengan kandungan fosfat terbatas, maka terjadi imobilisasi fosfat dari tanah. Ketika karbon organik yang dapat dimineralisasi habis, bagian biomassa mikroba yang kaya fosfat juga akan dimineralisasi, menghasilkan pelepasan fosfat yang semua diimmobilisasi.

Mineralisasi P-organik menjadi bentuk P-anorganik dilakukan oleh mikroba tanah. Indikator yang dapat digunakan untuk mengetahui siklus transformasi P-organik menjadi P-anorganik adalah dengan mengetahui jumlah total mikroba dan



biomassa mikroba. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses mineralisasi P di dalam tanah adalah temperatur, kelembaban, aerasi, pH tanah dan kualitas bahan organik yang ditambahkan. Aerasi tanah yang baik dengan kelembaban yang cukup serta temperatur tanah berkisar 30-40° C menentukan jenis dan aktivitas mikroba tanah, selanjutnya dapat menentukan produk akhir dari proses metabolisme mikroba yang bersangkutan (Alimeso, 2010).

Pemilihan jenis tanaman sebagai sumber bahan organik untuk memperbaiki ketersediaan P tanah ditentukan oleh kualitasnya yaitu nisbah C/P. Nilai kritis C/P adalah 200, Bila C/P 200 maka akan terjadi mineralisasi, dan bila C/P 300 atau bila kandungan P pada bahan organik <0.2%>Pelarutan Fosfat Anorganik.

Mineral fosfat anorganik umumnya dijumpai sebagai aluminium dan besi fosfat pada tanah-tanah masam, sedangkan kalsium fosfat mendominasi tanah-tanah basa. Senyawa yang kurang larut ini memasok ortofosfat ke larutan tanah tergantung tingkat kelarutan senyawa tersebut. Ortofosfat dipasok ke akar terutama melalui difusi. Akar tanaman dan mikroorganisme tanah dapat memacu pelarutan senyawa fosfat melalui pelepasan karbon dioksida dan asam-asam organik ke larutan tanah. Asam karbonat dapat merangsang pelarutan asam pada senyawa kalsium dan magnesium fosfat. Hal yang sama, keasaman yang dihasilkan oleh bakteri nitrifikasi dan bakteri pelarut sulfur merangsang pelarutan garam-garam fosfat yang tidak larut. Berbagai jenis asam-asam organik yang dihasilkan oleh mikroorganisme dan tanaman dapat berperan sebagai bahan pengkhelat (*chelating agents*) untuk melarutkan aluminium, besi, kalsium dan magnesium fosfat, sehingga menghasilkan pelepasan ortofosfat ke dalam larutan tanah. Satu kelompok organisme yang penting adalah jamur mikoriza, yang membentuk simbiosis dengan akar tanaman untuk memacu serapan fosfat dan unsur hara lainnya. Pada kondisi tergenang, hidrogen sulfida yang dihasilkan oleh bakteri pereduksi sulfat atau proses lainnya, dapat juga mengganti kation logam dari fosfat tidak larut, dengan melepaskan fosfat. Beberapa bakteri yang sangat efektif dalam melarutkan fosfat (bakteri pelarut fosfat) dari batuan fosfat. Salah satu contoh adalah *Bacillus megaterium* var. *Phosphaticum*. Bakteri ini telah dikemas dalam bentuk inokulum yang disebut fosfobakterin dan diaplikasikan ke tanah untuk memacu pelarutan mineral fosfat. Selain itu, pemberian bahan sumber karbon yang mudah dimineralisasi seperti pupuk kandang, dapat

memacu pelarutan fosfat melalui peningkatan aktivitas biologi. Peningkatan karbon organik juga berperan dalam mengkompleks aluminium pada tanah-tanah asam, jadi mengurangi peluang aluminium mengikat fosfat (Alimeso, 2010).

2.2. Biochar

Di seluruh dunia, 41 juta ton biochar diperkirakan diproduksi setiap tahunnya untuk kebutuhan industri (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006). Bila diproses secara konvensional maka efisiensi produksi akan rendah yaitu kehilangan 80 – 90% dari berat biomassanya (berat basah) dan hampir semua kandungan energi berasal dari biomassa segar (Antal *et al.*, 1996). Jika tidak diproduksi berdasarkan parameter kesehatan lingkungan, industri biochar bisa mengakibatkan deforisasi, emisi gas rumah kaca, polusi udara dan masalah kesehatan. Bagaimanapun, banyak masalah yang bisa dihindari dengan menggunakan teknologi produksi biochar (Lehmann, Gaunt dan Rondon, 2006).

Menggunakan teknologi dengan efisiensi yang tinggi memungkinkan untuk mendapatkan hasil massa sekitar 30 – 40% (berat basah), hasil energi sekitar 30% (yang terkandung dalam arang), dengan kandungan fiksasi karbon hingga 90% dari berat awal biomassa. Di alam, *pyrolysis* partikel biochar berubah menjadi karbon hitam dan asap (Graetz dan Skjemstad, 2006).

Biochar atau yang lebih kita kenal sebagai arang merupakan materi padat yang terbentuk dari karbonisasi biomassa. Biochar dapat ditambahkan ke tanah dengan tujuan untuk meningkatkan fungsi tanah dan mengurangi emisi dari biomassa yang secara alami terurai menjadi gas rumah kaca. Biochar juga mempunyai fungsi untuk mengikat karbon cukup besar (IBI, 2012).

Menurut Bambang (2012), bahan baku pembuatan biochar umumnya adalah residu biomassa pertanian atau kehutanan, termasuk potongan kayu, tempurung kelapa, tandan kelapa sawit, tongkol jagung, sekam padi atau kulit buah kacang-kacangan, kulit-kulit kayu, sisa-sisa usaha perkayuan, serta bahan organik yang berasal dari sampah kertas dan kotoran hewan. Bila limbah tersebut mengalami pembakaran dalam keadaan oksigen yang rendah atau tanpa oksigen akan dihasilkan 3 substansi, yaitu metana dan hidrogen yang dapat dijadikan bahan bakar, bio-oil

yang dapat diperbaharui dan arang hayati (biochar) yang mempunyai sifat stabil dan kaya karbon (> 50%).

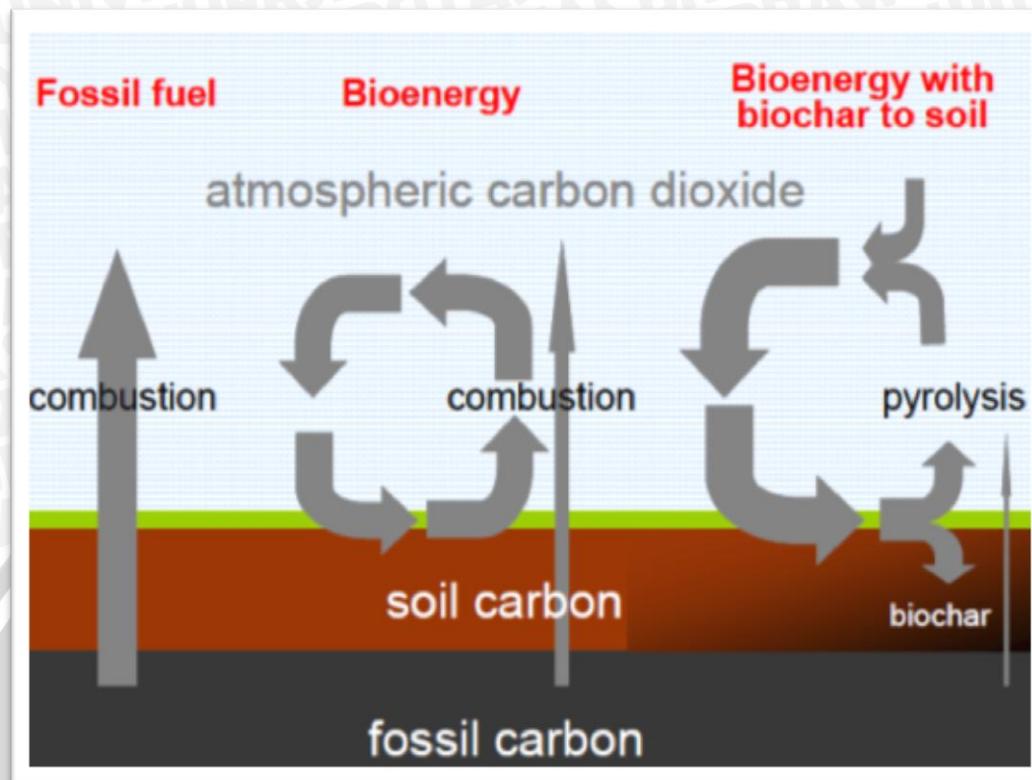
Tabel 3. Taksiran Jumlah Residu Biomassa Tanaman Pertanian di Dunia (Lal, 2005)

Jenis Tanaman	Potensi residu biomassa ($\times 10^5$ Mg)	
	Tahun 1991	Tahun 2001
Padi	780	890
Jagung	479	609
Sorghum	87	87
Kacang Tanah	23	35
Kedelai	103	177
Kentang	67	77
Ubi Jalar	31	34
Tebu	264	314

Nurida (2008) menyatakan bahwa formula pemberah tanah berbahan baku biochar limbah pertanian sekam padi dan tempurung sawit merupakan formula biochar terbaik bedasarkan pengujian di laboratorium dan rumah kaca. Formulasi pemberah tanah dalam bentuk serbuk telah teruji mampu memperbaiki kualitas tanah Ultisol tergedradasi di KP Tamanbogo.

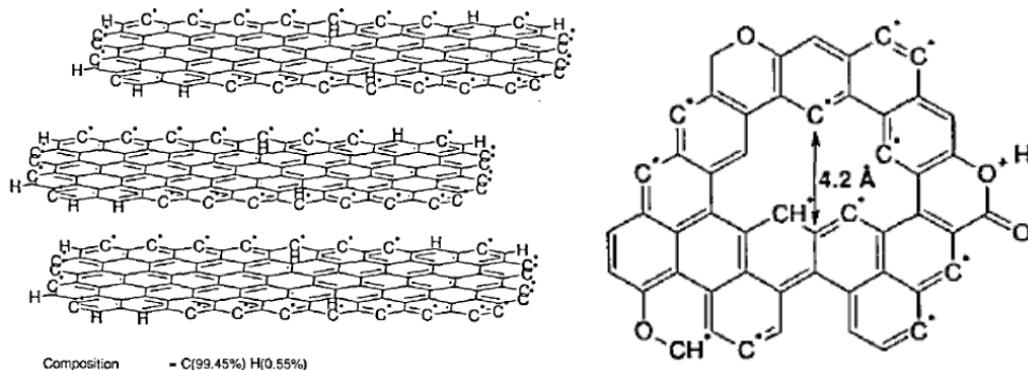
Di tiap daerah memiliki komoditas utama yang berbeda-beda. Untuk memanfaatkan biomassa agar bisa dijadikan biochar maka harus menggunakan biomassa yang ada di daerah tersebut. Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa potensi residu biomassa dari tiap komoditas ada yang tetap dan ada juga yang meningkat. Peningkatan paling banyak potensi residu biomassanya adalah jagung dan padi, sehingga kita harus bisa menemukan metode yang tepat untuk merubah biomassa tersebut menjadi biochar.

Bahan bakar fosil menyumbangkan banyak karbon ke atmosfer, sedangkan bioenergi melepas sedikit bahan bakar fosil karena terdapat siklus karbon (kombusi), sedangkan bioenergi dalam bentuk biochar ke dalam tanah menyerap dan menyimpan karbon dalam tanah (Sohi *et al.*, 2009).



Gambar 2. Biochar Mengurangi Karbon dalam Atmosfer (Sohi *et al.*, 2009).

Keunikan struktur kimia biochar berhubungan erat dengan keragaman bahan komposisi kimia baku biomassa organik dan reaksi kimia selama proses pembuatannya (Verheijen *et al.*, 2009). Selulosa mengalami degradasi akibat pemanasan pada kisaran suhu antara 250° C dan 350° C. meningkatnya suhu pemanasan mengakibatkan proporsi kandungan karbon aromatic pada biochar, hal ini terjadi sebagai akibat meningkatnya jumlah bahan volatile yang hilang. Setiap partikel biochar terdiri dari dua fraksi-struktur utama yakni merupakan struktur grapheme kristalin dan struktur aromatic amorphous (Gambar 3). Permukaan partikel biochar mengandung sejumlah gugus fungsional (Cheng *et al.*, 2006). Pada cincin struktur aromatic terdapat hetero atom seperti H, O, N, P dan S dan atom-atom tersebut ternyata memiliki kontribusi besar terhadap reaktivitas dan sifat kimia permukaan partikel biochar (Sohi *et al.*, 2009)



Gambar 3. Struktur mikrokristalin biochar (kiri) dan struktur aromatik mengandung oksigen dan karbon radikal bebas (kanan) (Verheijen *et al.*, 2009)

Komposisi kimia biochar bersifat heterogen berpengaruh terhadap sifat kimia permukaannya dan juga perikalu biochar dalam berinteraksi dengan bahan mineral dan senyawa organik dalam tanah. Pemecahan dan penyusunan kembali ikatan kimia dari biomassa selama proses pemanasan menghasilkan pembentukan sejumlah gugus fungsional antara lain: (1) hydroxyl (-OH), (2) amino (-NH₂), (3) ketone (-OR), (4) ester (-C=O)R, (5) nitro (-NO₂), (6) aldehyde (-C=O)H, dan (7) karboksil (-C=O)OH pada permukaan luar dan permukaan pori partikel biochar. (Van Zweiten *et al.*, 2009). Beberapa dari gugus ini bertindal sebagai elektron donor sementara yang lainnya sebagai elektron akseptor yang memiliki sifat berkisar masam ke basa dan hidropobilik ke hidropobik (Amonette, 2010).

2.1.1. Pengaruh Biochar terhadap Sifat Kimia Tanah

Hasil penelitian Nurida (2009) menunjukkan bahwa biochar limbah pertanian selama satu musim tanam mampu meningkatkan kualitas sifat kimia (C-Organik, P-tersedia, KTK) dan fisika tanah (BD dan PAT) pada tanah kering masam terdegradasi.

Hasil penelitian Nurida (2008) yang disajikan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa kandungan C-organik dan kandungan unsur hara makro seperti N, P dan K dari tempurung kelapa tergolong paling rendah dibandingkan ketiga limbah pertanian lainnya (kulit kakao, tempurung kelapa sawit dan sekam padi). Limbah pertanian yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan arang adalah limbah pertanian dengan rasio C/N yang tinggi (> 20), bahkan tempurung kelapa mempunyai rasio

C/N yang sangat tinggi yaitu 122. Limbah pertanian dengan rasio C/N tinggi tersebut kurang potensial untuk dijadikan kompos, namun sangat potensial untuk dijadikan arang (biochar) yang mampu berfungsi sebagai pemberah tanah. Kandungan C-organik total cukup tinggi yaitu > 20%, bahkan kulit buah kakao, tempurung sawit dan sekam padi memiliki kandungan C-organik total > 35%. Selain itu kandungan unsur hara esensial (N, P dan K) dari tempurung kelapa relatif lebih rendah dibandingkan limbah pertanian lainnya.

Tabel 4. Hasil Analisis Bahan Arang (Biochar) dari Limbah Pertanian (Nurida, 2008).

Variabel	Tempurung kelapa	Kulit buah kakao	Tempurung kelapa sawit	Sekam padi
C-organik total (%)	24.33	37.5	37.53	35.98
Asam humat (%)	0.56	0.91	2.1	0.79
Asam fulfat (%)	0.71	3.31	2.36	1.57
Kadar abu	2.09	13.65	10.04	27.05
Kadar N	0.2	1.91	1.09	0.73
C/N rasio	122	20	34	49
Kadar P (%)	0.02	0.4	0.09	0.14
Kadar K (%)	0.01	0.47	0.01	0.03

2.1.2. Pengaruh Biochar terhadap Sifat Fisika Tanah

Hasil penelitian Quénéa *et al.*, (2006) pada tanah berpasir setelah diaplikasikan biochar selama 22 tahun BI nya turun hingga 60%, sehingga tanah lebih baik teksturnya.

C-organik tanah memperbaiki fungsi agroekosistem dan mempengaruhi kesuburan tanah dan sifat fisik, seperti kestabilan agregat, kemampuan menahan air dan kapasitas tukar kation (Milne *et al.*, 2007). Kemampuan tanah menahan unsur hara pada kation sehingga tersedia bagi tanaman dapat meningkat dengan menggunakan biochar. KTK dari biochar sendiri bisa ditingkatkan dengan memproduksi biochar dengan suhu yang lebih tinggi (700-800°C), tetapi hasil karbonnya menurun (kehilangan 5%). Biochar yang diproduksi dibawah 400°C mungkin tidak bisa untuk meningkatkan kualitas tanah pertanian (Lehmann, 2007). Jenis biomassa dan cara *pyrolysis* juga dapat berpengaruh pada jumlah dan tipe biochar.

Metode yang digunakan untuk mengaplikasikan biochar kedalam tanah pertanian tergantung pada sifat fisik biochar dan fungsinya. Mencampurkan biochar kedalam lapisan atas dapat meningkatkan aktivitas biologi tanah, kemampuan menahan air dan ketersediaan unsur hara (Blackwell *et al.*, 2008).

2.1.3. Pengaruh Biochar terhadap Sifat Biologi Tanah

Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa aktivitas mikroba dalam tanah meningkat pada tanah yang diberi biochar (Steiner *et al.*, 2003). Hasil penelitian Graber *et al.*, (2010) menunjukkan melimpahnya karakter dan taksonomi mikroba pada percobaan kelimpahan jamur dan bakteri yang berasosiasi dengan akar diukur pada percobaan 013P (0, 1 dan 3% biochar, pada tanaman lada). Pada umumnya, biochar meningkatkan kelimpahan mikroba.

2.1.4. Pengaruh Biochar terhadap Pertumbuhan Tanaman

Pengaruh penggunaan pemberah tanah terhadap pertumbuhan tanaman jagung pada dua jenis tanah yang berbeda karakteristiknya disajikan pada Tabel 5. Pertumbuhan tanaman jagung pada contoh tanah yang diambil dari Ciampea (pewakil tanah bertekstur liat, bereaksi masam) nyata lebih baik dibanding pada contoh tanah yang diambil dari Pangandaran (contoh tanah bertekstur pasir, bereaksi netral). Pemberian pemberah tanah dengan dosis 2.5 t ha^{-1} pada tanah bertekstur pasir belum mampu memperbaiki kondisi tanah. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa untuk tanah dengan kondisi yang relatif lebih buruk, salah satunya dicerminkan oleh kadar bahan organik yang sangat rendah, kemungkinan dibutuhkan jangka waktu pemulihan tanah yang relatif panjang dan/atau dosis pemberah yang relatif tinggi untuk dapat mendukung pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian Nurida (2012) tentang Potensi Pemberah Tanah Biochar dalam pemulihian sifat tanah terdegradasi dan Peningkatan Hasil jagung pada Typic Kanhapludults Lampung menunjukkan dosis optimal formula pemberah tanah biochar untuk perbaikan sifat tanah bertekstur liat yang telah mengalami degradasi adalah 5-7.5 t/ha/musim tanam. Pengayaan pemberah tanah dengan menggunakan pupuk hayati tidak mampu meningkatkan efektivitas pembelahtanah, meskipun berdasarkan data tinggi tanaman pada umur 8 minggu setelah tanam (MST) ada kecenderungan bahwa

pembenhah tanah yang diperkaya dengan pupuk hayatimempunyai tinggi tanaman yang relatif tinggi.

Tabel 5. Pengaruh Pemberian Pemberah Tanah terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (Dariah, 2013)

Perlakuan	Tinggi tanaman pada umur (cm)			
	2 MST	4 MST	6 MST	8 MST
T1 (Liat)	48.21A*	123.56A	185.25A	248.25A
T2 (Pasir)	34.58B	50.68B	99.50B	146.43B
Beta I	41.46a	87.75a	145.62a	192.37a
Beta II	42.21a	90.12a	144.75a	203.37a
Biochar SP50-I	41.21a	84.87a	138.12a	194.37a
Biochar SP50-II	40.17a	85.75a	141.00a	199.25a

Data yang disajikan pada Tabel 6 menunjukkan bahwa biochar secara signifikan meningkatkan biomassa pada beberapa bidang studi di Negara-negara yang berbeda dan dengan komoditas yang berbeda pula (Sohi *et al.*, 2009).

Tabel 6. Kesimpulan Hasil dari Beberapa Penulis dan Bidang Studi Pada Kasus Biochar (Sohi *et al.*, 2009)

Penulis	Bidang Studi	Kesimpulan Hasil
Iswaran <i>et al.</i> , (1980)	Kacang Polong, India	0.5 Mg/habiochar meningkatkan biomassa hingga 160%
Iswaran <i>et al.</i> , (1980)	Kacang Hijau, India	0.5 Mg/ha biochar meningkatkan biomassa hingga 122%
Kishimoto dan Sugiura (1985)	Kedelai di lahan abu vulkanik loam, Jepang	0.5 Mg/ha biochar meningkatkan hasil 151%
Kishimoto dan Sugiura (1985)	Pohon Sugi di lahan loam,Jepang	0.5 Mg/ha bichar kayu meningkatkan biomassa hingga 249%
Chidumayo (1994)	Pohon Bauhinia pada TanahAlfisol/Ultisol	Biochar meningkatkan biomassa hingga 13% dan tinggi tanaman 24%
Glaser (2002)	Kacang Tunggak pada Ferrasol	67 Mg/ha biochar meningkatkan biomassa hingga 150%
Lehmann (2003)	Kesuburan tanah dan retensi hara. Kacang tunggak ditanam dalam pot dan berastanaman di lysimeters di Embrapa Amazonia Ocidental, Manaus, Brasil	Tambahan biochar meningkatkan biomassa hingga 38- 45%

2.1.5. Pembuatan Biochar

Nurida (2008) yang melakukan pembuatan biochar dari empat macam limbah pertanian dengan lama pembakaran 1 jam, 2 jam dan 3.5 jam memperoleh jumlah arang sekitar 18.0-53.5% (Tabel 5). Tempurung kelapa, kulit buah kakao dan sekam padi menghasilkan arang yang paling tinggi bila dibakar selama 3.5 jam, sedangkan hasil arang tertinggi dari tempurung sawit dicapai bila dibakar selama 1 jam. Namun demikian, untuk menghasilkan arang secara menyeluruh dibutuhkan waktu yang berbeda yaitu 2 jam, 1 jam, 9 jam dan 1 jam masing-masing untuk tempurung kelapa, kulit buah kakao, tempurung kelapa sawit dan sekam padi (Tabel 7). Perbedaan waktu yang dibutuhkan sampai terbentuk arang tergantung pada kadar air, bentuk dan komposisi kimia limbah pertanian yang digunakan.

Tabel 7. Hasil Analisis Fisik Biochar sebagai Bahan Pemberah Tanah (Nurida, 2008)

Variabel	Tempurung kelapa			Kulit kakao			Tempurung sawit			Sekam padi		
	1 jam	2 jam	3,5 jam	1 jam	2 jam	3,5 jam	1 jam	2 jam	3,5 jam	1 jam	2 jam	3,5 jam
Berat arang (kg)	7	7.5	7.6	2.8	2.7	3.3	10.7	11.4	21.8	2.8	2.8	3.8
Persentase arang (%)	23.3	25	25.3	18.7	18	22	53.5	45.6	48.4	23.3	23.3	30.4
Persentase abu (%)	2	1.7	1.3	4.7	3.3	0	2.5	2.8	3.3	13.3	11.7	11.2
Volume asap cair (liter)	6	7.5	11.5	5	5.5	6	6	8	12	3.5	3	5
Persentase asap cair (%)	20	25	38.3	33.3	36.7	40	30	32	26.7	29.2	25	40
Kemampuan retensi air (%)	55.1	48.2	49.6	47.6	49.4	50.5	63.2	63.1	62.6	37.5	38.3	40
Kadar air (%)	8	6	7.5	17.5	19.5	11.5	5	3	6	2	3	2.5

Tabel 8 menjelaskan bahwa ada 4 macam metode pembuatan biochar atau *pyrolysis*. Hasil yang diciptakan pun berbeda pula. Dari 4 macam metode yang paparkan (International Energy Agency, 2007) yang paling banyak menjadikan biochar adalah yang lambat (*Carbonisation*) yaitu dengan temperature rendah 400°

C, dengan waktu resisdensi sangat panjang yaitu menghasilkan 30% cair, 35% biochar dan 35% gas.

Tabel 8. Beberapa Metode dan Modifikasi Kondisi *Pyrolysis* Biomassa Organik serta Proporsi Komponen Hasil (International Energy Agency, 2007)

Metode <i>Pyrolysis</i>	Kondisi <i>Pyrolysis</i>	Cair	Biochar	Gas
Cepat (<i>Fast Pyrolysis</i>)	Temperatur sedang 500° C, pemanasan cepat, waktu residensi ~ 1detik	75%	12%	13%
Sedang (<i>Intermediate</i>)	Temperatur sedang 500° C, pemanasan sedang, waktu residensi ~ 10 - 20 detik	50%	20%	30%
Lambat (<i>Carbonisation</i>)	Tempertatur rendah 400° C, waktu residensi sangat panjang	30%	35%	35%
Gasifikasi	Temperatur tinggi 800° C, waktu residensi panjang	5%	10%	85%

Dari bahan dasar pembuatan biochar yang dicari adalah yang selulosanya tinggi sehingga menciptakan sedikit abu dan kandungan biochar yang tinggi. Menurut Brown (2009), biomassa yang paling baik adalah kayu karena mengandung 43-45% selulosa, 19-21% hemiselulosa, 26% lignin dan 1-1,7% abu.

Menurut Winsley (2007) bahan berkayu dengan kandungan lignin yang tinggi menghasilkan biochar dengan struktur yang lebih kasar tetapi kandungan karbonnya tinggi dapat mencapai 80% dan bersifat lebih tahan lalu. Menurut Demirbas (2004), kandungan abu biochar berbasis bahan kayu juga relatif lebih rendah dibandingkan bahan non kayu. Pada Tabel 9 sudah jelas bahwa kayu lah yang paling mengandung biochar tinggi apabila dijadikan biochar.

Tabel 9. Komponen Bahan yang Terdapat pada Beberapa Jenis Bimassa Organik (Brown, 2009)

Jenis Biomassa	(% berat kering)			
	Selulosa	Hemiselulosa	Lignin	Abu
Jerami gandum	38	25	14	10
Jagung	39	19	15	2
Mischantus	38	24	15	2
Swicthgrass	32	25	18	6
Kayu	43-45	19-21	26	1-1,7
Tempurung Kelapa	33,61	19,27	36,52	

Sumber biochar bisa dari bahan apa saja. Seperti biomassa tanaman (jagung, gandum, kayu, minyak sawit), residu bioenergi, limbah pertanian (jerami, kulit kacang, limbah kayu, dll), kompos (limbah hijau), kotoran hewan, limbah dapur, plastik, dll. Ada enam cara memprosesnya, dengan *pyrolysis* cepat, *pyrolysis* lambat (suhu rendah), *pyrolysis* (suhu tinggi), gasifikasi, fermentasi dan karbonisasi. Hasilnya tidak hanya biochar tetapi bisa juga biogas, syngas, ethana, methana, ethanol dan arang. Fungsinya juga tidak untuk pemberian tanah saja tetapi bisa juga untuk bahan bakar (Sohi *et al.*, 2009).

2.2. Lahan Kering Malang Selatan

Malang Selatan merupakan daerah perbukitan karstik dengan kelerangan dominan antara 15-40%. Pada umumnya berada pada ketinggian 0-700 m dpl., dengan rejim suhu tanah panas dan rejim kelembaban tanah agak kering. Kawasan ini berpotensi untuk mengembangkan tamanan hortikultura tahunan dengan komoditas alternatif yaitu manga, srikaya, jambu biji, jambu mete. Hampir 30% wilayah merupakan areal dataran dengan kelerangan 8-15% dengan karakteristik rejim suhu tanah panas dan kelembaban tanah agak kering yang berpotensi untuk pengembangan tanaman pangan, utamanya palawija dan kacangan-kacangan.

Dengan bahan induk perbukitan karstik, jenis tanah di Malang Selatan berkembang menjadi beberapa jenis yang dapat diidentifikasi sebagai ordo antara lain Entisol dan Alfisol. Ordo tersebut merupakan perkembangan lebih lanjut dari bahan batuan induk batu gamping. Tanah-tanah tersebut dicirikan dengan solumnya yang dangkal, berkerikil, dengan tingkat kesuburan rendah hingga sedang. Kendala utama tanah tersebut adalah kemampuan menahan air yang rendah, sehingga ketersedian air untuk pertumbuhan tanaman terbatas dan akibatnya tanaman mudah mengalami kekeringan. Secara umum kondisi curah hujan di Malang Selatan termasuk basah yaitu jumlah bulan basah (2000-3000 mm) antara 8-10 bulan per tahun (Hardianto, 2004).

Pada tanah Alfisol memiliki kandungan P dan K sangat tergantung dengan umur. Tanah-tanah yang berkembang dari batuan kapur tidak memperlihatkan bercak-bercak besi dan mangan, pH dan kejenuhan basa yang tinggi serta kandungan P dan K yang rendah. Bentuk dan sifat pergerakan serta redistribusi P telah menjadi

bahan pada banyak penelitian dalam Alfisol dan tanah-tanah lainnya. Hal ini utamanya diakibatkan oleh peranan P dalam hara tanaman. Translokasi P dalam Albaqualfs dan menemukan adanya penimbunan P dari tanah-tanah sekitarnya yang tergolong Aquoll. Dengan meningkatnya perkembangan profil kalsium-P berkurang dalam profil yang terlapuk sementara Fe-P meningkat. Horison-horison dengan liat maksimum umumnya mengandung total P yang minimal yang menunjukkan bahwa liat tidak efektif dalam mengikat P (Hakim, 1986).

Pada umumnya lahan pertanian di Malang Selatan adalah lahan kering atau lahan tada hujan yang peka terhadap erosi. Aplikasi teknologi maju masih terbatas, ketersediaan modal petani kecil atau terbatas dan kondisi infrastruktur juga terbatas. Permasalah yang perlu dipecahkan cukup kompleks menyangkut aspek biofisik, social ekonomi dan kelembagaan. Berdasarkan hasil inventarisasi tentang masalah yang dominan di lahan kering Malang Selatan (Hardianto *et al.*, 2001)

1. Belum efektifnya upaya konservasi tanah dan air,
2. Rendahnya tingkat kesuburan tanah baik kesuburan kimia, fisika dan biologi tanah dan
3. Rendahnya produktifitas usahatani dan pendapatan tani.

Penggunaan lahan tegalan di masa mendatang tampaknya akan semakin meluas karena aeral sawah banyak yang berubah fungsi menjadi kawasan non-pertanian seperti industri dan pemukiman. Lahan tegalan umumnya bertopografi bergelombang hingga berbukit dan bersolum dangkal hingga peka akan erosi. Lahan tegalan juga memiliki tingkat kesuburan yang lebih rendah dibanding lahan sawah, sehingga input produksi yang ditambahkan biasanya lebih banyak. Kondisi fisik dan kimia yang dimiliki tegalan menyebabkan lebih rentan terhadap kerusakan.

Lahan tegalan memiliki kareakteristik yang berbeda dengan sawah. Lahan tegalan atau lahan kering umumnya memiliki tingkat kesuburan relatif rendah sehingga produksi menurun.

Jagung dan tebu yang dijadikan salah dua dalam bahan dasar pembuatan biochar dalam penelitian ini menyumbangkan lebih banyak senyawa ke dalam tanah dibandingkan tanaman karet.

Bahan organik merupakan bahan penting bagi peningkatan kualitas lahan tegalan, terutama karena kemampuan yang besar dalam menyerap dan menyimpan

air. Daya serap air bahan organik diperkirakan mencapai 2 kali bobotnya. Jika bahan organik naik 2.2 t ha^{-1} seperti pada kasus Pancusari, maka diperkirakan terjadi penambahan suplai air ke tanah sekitar 4.4 t/ha atau setara dengan $4400 \text{ L air ha}^{-1}$.

Bahan organik dapat meningkatkan kesuburan tanah. Bahan organik dapat mempengaruhi ketersediaan hara melalui beberapa cara. Asam-asam organik dan anorganik yang berasal dari bahan organik merupakan pelarut dan penghidrolisa. Asam humik membantu ketersediaan P melalui pembentukkan kation bivalen dan trivalent. Asam sitrat efektif menurunkan jerapan P oleh alumunium (Al) dan besi (Fe). Humus dapat menetralisir dan menurunkan serapan senyawa-senyawa beracun bagi tanaman. Keracunan tanaman karena Al berkurang dengan adanya bahan organik.

2.3. Permasalahan P Tanah Berkapur

Tanah berkapur merupakan tanah yang terbentuk dari batu kapur atau bahan induk *marl*. Kandungan kalsium dan magnesium karbonat yang tinggi mengakibatkan pH tanah berkisar 7 atau lebih, jerapan Ca^{2+} dan Mg^{2+} mendominasi kompleks pertukaran (Brady dan Weil, 2002).

Tingkat kesuburan tanah alkalin yang tergolong rendah dengan kandungan P yang rendah sampai sangat rendah karena tingginya fraksi oleh Ca dalam bentuk senyawa Ca (Barber, 1995). Menurut Kissel *et al.*, (1997) dalam tanah-tanah alkalin, fosfat terlarut juga akan berubah kembali menjadi senyawa-senyawa dikalsium dan trikalsium fosfat atau bahkan senyawa-senyawa mirip apatit yang relative tidak larut. Ion-ion fosfat dapat juga terikat dalam bentuk-bentuk yang tersedia pada permukaan partikel-partikel CaCO_3 dan pada lempung-lempung yang jenuh Ca.

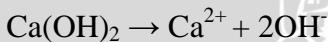
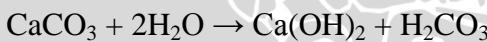
2.3. Ketersediaan P dalam Tanah

Bentuk-bentuk fosfor yang terdapat dalam tanah berubah menurut waktu. Bentuk fosfor dibedakan menjadi P-organik dan P-anorganik. Bentuk P-organik dalam tanah terdiri dari tiga: (1) asam nukleat, (2) phospholipid, (3) fitin dan derivatnya (Hakim, 1986). Bentuk P-anorganik adalah senyawa $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (varisit); senyawa $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (strengit); senyawa dengan Ca seperti dikalsium

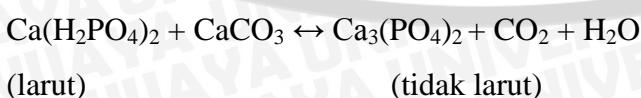
fosfat (CaHPO_4), trikalsium fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), hidroksi apatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$) dan juga bereaksi dengan F dalam bentuk flour-apatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$) (Barber, 1995).

Keberadaan P tanah, disamping digolongkan berdasarkan bentuk senyawanya juga dikelompokkan berdasarkan kelarutan dan ketersediaan bagi tanaman. Berdasarkan kelarutannya, Kumulontang (2003) menggolongkan fosfor tanah ke dalam 3 fraksi aktif dan 2 fraksi non aktif. Fraksi aktif termasuk yang berada dalam ikatan kalsium fosfat (Ca-P), aluminium fosfat (Al-P) dan besi fosfat (Fe-P). Fraksi non aktif terdiri dari senyawa P yang terselimuti oleh material anorganik lainnya sehingga terhalang bereaksi dengan larutan tanah dan senyawa P yang mungkin larut dalam kondisi reduksi dimana P akan terlepas sebagian atau keseluruhannya tergantung pada kondisi anaerobic.

Bentuk ion fosfat antara lain H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} dan keberadannya tergantung pada pH tanah. Pada tanah masam (pH 4 – 5.5) didominasi oleh anion monofosfat, sedangkan pada tanah alkalin (pH > 7.5) didominasi anion difosfat (Brady dan Weil, 2002). Menurut Bear (1964) pada tanah berkapur pH tanah akan meningkat sebanding dengan peningkatan kandungan air tanah. Hidrolisis kalsium karbonat (CaCO_3) menghasilkan ion hidroksil (OH^-) melalui reaksi:



Rendahnya ketersedian P disebabkan karena terbentuknya trikalsium fosfat yang sukarlarut pada tanah berkapur akibat bereaksi dengan ion kalsium dan kalsium karbonat. Pada tanah yang mengandung CaCO_3 kelarutan fosfor dikendalikan oleh kalsium fosfat atau jerapan kimia fosfor oleh kalsit (Samadi dan Gilkes, 1999). Fosfor pada tanah berkapur terdapat dalam bentuk trikalsium fosfat yang sukar larut dengan reaksi:



Penambahan bahan organik dapat meningkatkan P-anorganik asal P terjerap melalui pelepasan asam-asam organik (Palm *et al.*, 1997), menurunkan ikatan Ca-P yang disebabkan adanya *khelat* oleh asam organik seperti asam fulfat dan asam

karbonat yang dihasilkan selama proses dekomposisi bahan organik dalam tanah (Setijono, 1996). Bahan organik dapat memperbaiki sifat tanah antara lain, (1) meningkatkan kapasitas tukar kation, (2) meningkatkan infiltrasi, (3) memperlancar siklus air tanah melalui pembentukan pori tanah dan kemantapan agregat tanah, (4) mengikat air dalam jumlah besar dan sebagai penyedia energy bagi berlangsungnya aktivitas mikroorganisme tanah (Suprayogo *et al.*, 2003).

Setijono (1996) menambahkan bahwa ketersediaan P bagi tanaman akan meningkat dengan pemberian bahan organik. Beberapa reaksi yang bekerja sebagai akibat masuknya bahan organik ke dalam tanah antara lain: (1) fosfat yang diikat kuat seperti Ca-P, Fe-P dan Al-P dapat dibebaskan ke larutan tanah lewat aktivitas asam organik dan ligan-ligan lainnya yang diproduksi oleh pelapukan bahan organik tersebut, (2) senyawa humat yang dihasilkan selama pelapukan bahan organik akan berkompetisi dengan anion P terhadap tapak-tapak jerapan yang sama pada permukaan koloid tanah, (3) solubilitas Ca-P dan Mg-P akan ditingkatkan sebagai akibat diproduksinya asam karbonat yang dibebaskan dalam proses pelapukan bahan organik, (4) bahan organik segar mungkin memiliki pengaruh pemasakan pada dekomposisi humus dengan mineralisasi P-organik, dan (5) penambahan bahan organik dapat membentuk senyawa kompleks P-humat.

Bahan organik akan mengalami mineralisasi melalui aktivitas mikroorganisme yang menghasilkan enzim fosfat (senyawa pengubah P organik menjadi P-anorganik) sehingga akan melepaskan P-anorganik ke dalam tanah (Smith dan Bazin, 1982). Mineralisasi P-organik akan melepaskan orthofosfat dalam jumlah kecil ke dalam larutan tanah yang diikuti dengan penurunan kalsium fosfat pada tanah alkalin (Mullen, 1998)

Hasil penelitian Nurida (2009) menunjukkan bahwa pengaplikasian biochar menambah jumlah P tersedia dalam tanah seperti yang terlihat pada Tabel 10.

Peningkatan nilai P tersedia dalam tanah oleh biochar terjadi juga akibat meningkatnya pH tanah, dimana ikatan yang kuat antara P dengan mineral liat, Al dan Fe bila tanah itu masam (pH rendah), sedangkan dengan Ca bila tanah basa (alkalis). Sehingga dengan naiknya nilai pH tanah sampai netral merupakan kondisi terbaik bagi ketersediaan P dalam tanah.

Tabel 10. Sifat Kimia dan Biologi Tanah pada Beberapa Bentuk Formula Pembenah Tanah di Rumah Kaca, Tahun 2009 (Nurida, 2009)

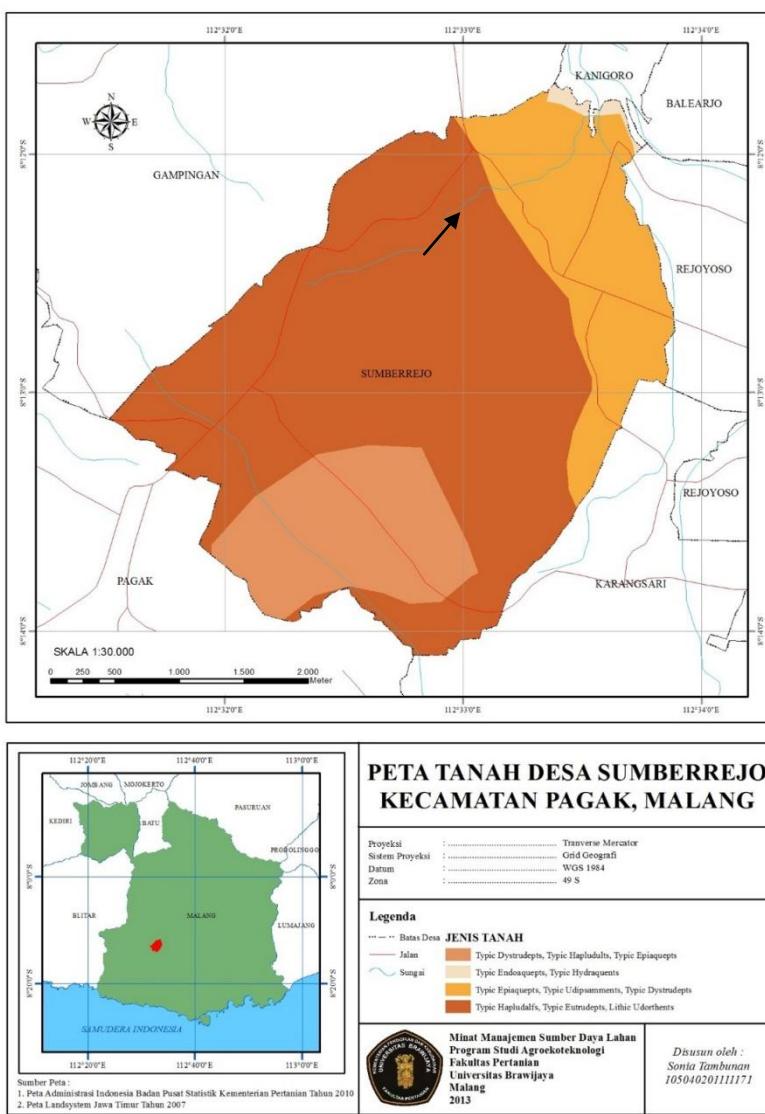
Perlakuan	P Tersedia (ppm)
Kontrol	5.93 d
SP75 Granul	8.57 c
SP75 Serbuk	14.10 abc
SP75 Pelet	12.40 ab
SP50 Granul	16.43 ab
SP50 Serbuk	17.77 a
SP50 Pelet	7.30 cd
KS50 Granul	10.77 b
KS50 Serbuk	11.100 ab
KS50 Pelet	13.60 ab



III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca dengan sampel tanah berasal dari wilayah Malang Selatan, tepatnya Desa Sumberejo, Kecamatan Pagak, Kabupaten Malang (Gambar 4). Analisis sampel tanah dilaksanakan di laboratorium Kimia Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Waktu persiapan dan penelitian lapangan dilaksanakan pada bulan Maret hingga Mei 2013.



Gambar 4. Peta tanah Desa Sumberejo, Kecamatan Pagak, Kabupaten Malang.

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian lapangan ini adalah cangkul untuk mengambil sampel tanah, sekop untuk mengambil biochar dan sampel tanah, polibag 5 kg untuk tempat tanah, ayakan kering 2 mm untuk mengukur ukuran biochar dan sampel tanah untuk analisis pH, pisau untuk memotong biomassa, mortar dan pastle untuk menumbuk biochar dan sampel tanah, kertas dan korek sebagai pematik pembuatan biochar, kamera untuk mendokumentasi, meteran untuk mengukur tinggi tanaman jagung, alat tulis untuk mencatat data, timbangan analitik untuk menimbang biochar dan bahan organik segar dan timbangan analog untuk menimbang 5 kg tanah.

Alat yang digunakan untuk menganalisis pH menurut Balai Penelitian Tanah (2005) adalah neraca analitik untuk menimbang tanah, pial film untuk wadah, gelas ukur 10 ml untuk mengukur aquades, mesin pengocok untuk menghomogenkan aquades dengan tanah, labu semprot 500 ml untuk membilas elektroda pH meter, pH meter untuk mengukur pH tanah.

Alat yang digunakan untuk menganalisis P tersedia metode Olsen menurut Balai Penelitian Tanah (2005) adalah neraca analitik ketelitian tiga desimal untuk menimbang tanah dan bahan-bahan pereaksi, pial film sebagai wadah, kertas saring W 91 untuk menyaring larutan, tabung reaksi untuk mereaksikan larutan, pipet 2 ml untuk mengambil larutan, dispenser 20 ml untuk aquades, dispenser 10 ml untuk larutan olsen, mesin pengocok untuk menghomogenkan larutan, spektrofotometer UV-VIS untuk mengukur P tersedia.

Alat yang digunakan untuk menganalisis Ca menurut Balai Penelitian Tanah (2005) adalah neraca analitik ketelitian tiga desimal untuk menimbang tanah dan bahan-bahan pereaksi, tabung kocok sebagai wadah, mesih kocok untuk menghomogenkan larutan, sentrifuse untuk memisahkan padatan dengan larutan, gelas ukur untuk wadah larutan, alat bakar untuk membakar larutan, alat titrasi.

Alat yang digunakan untuk menganalisis KTK menurut Tim Laboratorium Kimia Tanah (2003) adalah destilasi Kjeldahl, buret, dan mesin kocok.

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian lapangan ini adalah sampel tanah komposit lahan kering dengan ordo tanah Alfisol seperti yang tampak pada Gambar 2 pada kedalaman 0 – 20 cm, biochar serasah tebu untuk biochar, biochar serasah jagung untuk biochar, serasah tebu untuk bahan organik segar, serasah jagung untuk bahan organik segar, aquades untuk pelarut, benih jagung hibrida bisi 2 dengan daya kecambah 95% sebagai bahan pengamatan. Data analisis tanah dan biochar terdapat pada Lampiran 44.

Bahan yang digunakan untuk menganalisis pH menurut Balai Penelitian Tanah (2005) adalah aquades 10 ml sebagai pelarut, tanah < 2 mm 10 g sebagai yang diuji. Bahan yang digunakan untuk menganalisis P tersedia dengan metode olsen menurut Balai Penelitian Tanah (2005) adalah tanah < 0,5 mm 1 g sebagai yang diuji, 20 ml pengekstrak Olsen sebagai pereaksi, 10 ml pereaksi pewarna fosfat. Bahan yang digunakan untuk menganalisis Ca menurut Balai Penelitian Tanah (2005) adalah NH₄OAc pH 7 sebanyak 10 ml, ethanol untuk mencuci tanah, aqua regia untuk membakar larutan kedua, HCl 6 N, KCN 1%, Hydroksilamin Hidroklorid 5%, Triethanolamine, NaOH 2.5 N (10%), dan dititrasi dengan EDTA.

Bahan yang digunakan untuk menganalisis KTK menurut Tim Laboratorium Kimia Tanah (2003) adalah Ammonium acetat pH 7.0, H₂SO₄ 0.1N, NaOH 40%, dan indikator conway.

3.3. Pelaksanaan Penelitian

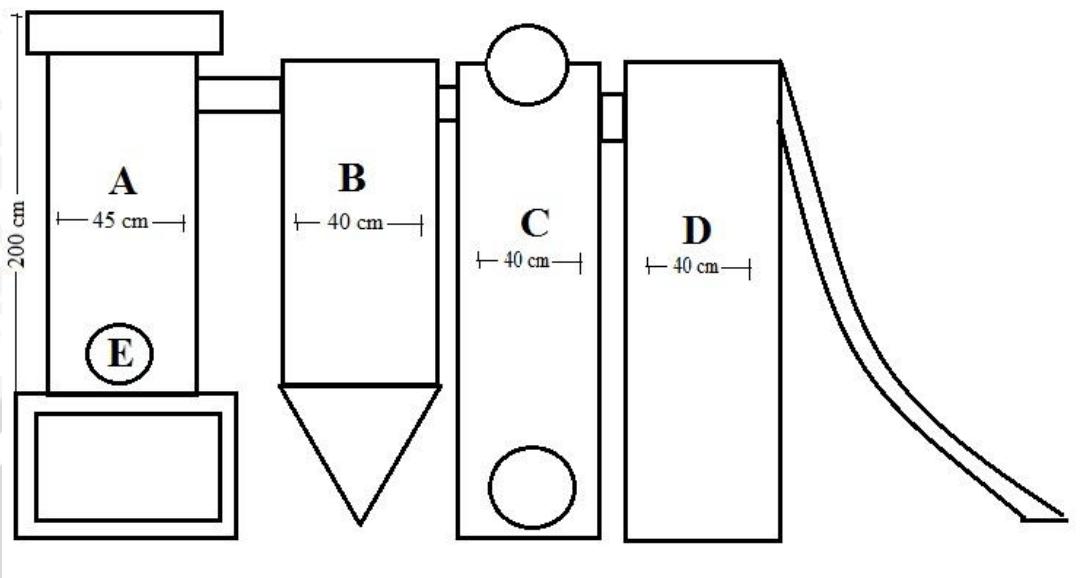
3.3.1. Pembuatan Biochar

Biochar yang dibuat berbahan dasar serasah jagung dan serasah tebu yang sudah dikeringkan. Serasah jagung dan serasah tebu diambil dari lahan di daerah Desa Pagelaran.

Sebelum di *pyrolysis* serasah jagung dan serasah tebu dipotong kecil-kecil dengan ukuran kurang lebih 5 cm untuk membantu mempercepat pengeringan serta proses pirolisi. Setelah dipotong 5 cm serasah jagung dan serasah tebu di jemur hingga kadar airnya berkurang seperti pada Gambar 7.

Setelah dikeringkan serasah jagung dan serasah tebu selanjutnya memasuki proses pembuatan biochar menggunakan alat pembuat biochar (Gambar 5). Proses

pembuatan biochar dilakukan di Lab. Teknik Kimia Universitas Tribhuwana Tunggadewi, Tlogomas, Malang.



Gambar 5. Skema Pirolisator

Keterangan: A=Reaktor; B=Cyclon; C=Kondensor; D=Filter; dan E=Blower.

Serasah Jagung yang sudah kering dimasukan kedalam reaktor yang terbuat dari *iron steel* dengan dilapisi *castable* (batu tahan api) setebal 5 cm dibagian dalamnya sebagai isolator kemudian dibakar dari dalam dengan disulut terlebih dahulu apinya dibagian atas. Setelah api sudah cukup besar maka *blower* 2 inchi dari bagian bawah dinyalakan dan tungku ditutup rapat. Untuk mencegah kebocoran asap dari tutup tungku maka disekitar tutup reaktor diberi air. Proses *pyrolysis* ini memakan waktu kurang lebih 6 – 8 jam tergantung tingkat kadar air dalam serasah jagung dengan suhu 300° C. Semakin tinggi kadar airnya maka proses *pyrolysis* akan semakin lama. Asap hasil *pyrolysis* masuk ke *cyclone* yang berfungsi memisahkan gas fraksi berat dan fraksi ringan, kemudian gas fraksi ringan dibuang dan gas fraksi berat masuk kedalam kondensor untuk mengubah gas menjadi cair. Bagian kondensor memiliki 2 termometer, atas dan bawah. Suhu pada thermometer atas tidak boleh melebihi 80° C sedangkan thermometer bawah tidak boleh melebihi 40° C, apabila melebihi batas suhu maka pembakaran harus dihentikan karena bisa merusak pirolisator. Tahap selanjutnya sisa asap yang tidak berubah menjadi cair dibuang melalui filter. Ketika panas sudah mencapai bagian bawah tungku maka

blower harus dimatikan, jika tidak serasah jagung akan menjadi abu. Tungku baru boleh dibuka jika seluruh permukaan tungku sudah tidak panas lagi. Hal serupa juga dilakukan pada serasah tebu.



Gambar 6. Proses Pengeringan Serasah Jagung dan Serasah tebu



Gambar 7. Alat Pembuatan Biochar

Setelah proses pendinginan sudah selesai maka biochar bisa dikeluarkan. Proses selanjutnya adalah penumbukan dan pengayakan. Biochar ditumbuk dan diayak dengan ukuran 2 mm.

3.3.2. Penyiapan Serasah Segar

Serasah segar yang digunakan dalam penelitian ini adalah serasah jagung dan serasah tebu yang sudah dipotong 5 cm dan dikering anginkan. Serasah jagung dan serasah tebu yang sudah dikeringkan kemudian dihaluskan di UPT Kompos Universitas Brawijaya.

3.3.3. Persiapan *green house*

Green house dibangun di Desa Pagelaran, Kecamatan Gondang Legi, Malang Selatan. Rumah kaca dibuat dengan kerangka bambu dan ditutupi dengan plastic. Luas rumah kaca $4 \times 7 \text{ m}^2$ (Gambar 8)



Gambar 8. Persiapan *Green House*

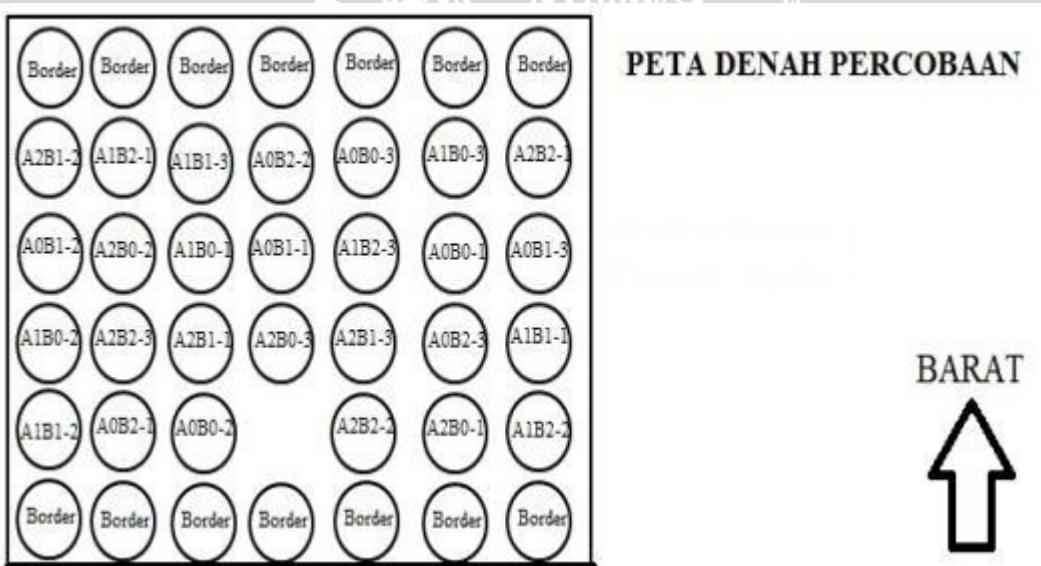
3.3.4. Rancangan Penelitian

Tabel 11. Kombinasi Perlakuan Seri

No	Kode Perlakuan	Deskripsi
1	A0B0	0 t ha^{-1} biochar dan 0 t ha^{-1} serasah
2	A0B1	0 t ha^{-1} biochar dan 40 t ha^{-1} serasah tebu
3	A0B2	0 t ha^{-1} biochar dan 40 t ha^{-1} serasah jagung
4	A1B0	20 t ha^{-1} biochar serasah tebu dan 0 t ha^{-1} serasah
5	A1B1	20 t ha^{-1} biochar serasah tebu dan 40 t ha^{-1} serasah tebu
6	A1B2	20 t ha^{-1} biochar serasah tebu dan 40 t ha^{-1} serasah jagung
7	A2B0	20 t ha^{-1} biochar serasah jagung dan 0 t ha^{-1} serasah
8	A2B1	20 t ha^{-1} biochar serasah jagung dan 40 t ha^{-1} serasah tebu
9	A2B2	20 t ha^{-1} biochar serasah jagung dan 40 t ha^{-1} serasah jagung

Perlakuan yang diuji dalam penelitian ini adalah kombinasi jenis biochar (biochar serasah tebu dan biochar serasah jagung) dan jenis serasah segar (tebu dan jagung). Dosis biochar yang diaplikasikan adalah 0 dan 20 t biochar/ha, sedangkan dosis bahan organik (serasah) segar yang diaplikasikan adalah 0 dan 40 t serasah/ha. Penetapan dosis 20 t biochar/ha mengacu pada hasil penelitian dosis biochar Zhang *et al.*, (2011) sedangkan penetapan dosis 40 t serasah/ha mengacu pada hasil penelitian dosis serasah Rachman *et al.*, (2008) yang terlampir pada Lampiran 8. Perlakuan kombinasi biochar dan serasah tersebut disajikan pada Tabel 11.

Kombinasi dosis biochar dan dosis serasah pada setiap perlakuan di aplikasikan ke dalam polibag yang berisi 5 kg tanah. Setelah inkubasi selama 7 hari, 3 biji jagung varietas hibrida bisi 2 dengan daya kecambah 95% ditanam pada masing-masing polibag (perlakuan) dan ditambahkan 500 mL air/polibag. Sembilan perlakuan (Tabel 11) disusun dalam Rancangan Acak Lengkap dengan 3 ulangan (Gambar 9). Penyulaman dilakukan 3 hst dengan jagung yang sudah dikecambahan sebelumnya dengan umur yang sama di media steril.



Gambar 9. Peta Denah Percobaan



3.3.4. Pengamatan

Tabel 12. Parameter Pengamatan

Parameter	Metode	Unit	Periode Sampling (HST)	Pengamatan
pH(H ₂ O)	Glass Electrode			
P tersedia	Olsen	mg/kg	7; 14; 21; 28;	
Ca-dd	NH ₄ OAc 1N pH 7.0	cmol/kg	35; 42; 49	Tanah
KTK	NH ₄ OAc 1N pH 7.0	me/100g		
Tinggi tanaman	Pengukuran	cm	7; 14; 21; 28;	
Jumlah daun	Penghitungan		35; 42; 49	Tanaman

Tinggi tanaman jagung dan jumlah daun jagung diamati pada umur 7, 14, 21, 28, 35, 42 dan 49 hari setelah tanam (HST). Tinggi tanaman diukur dengan meletakkan meteran pada angka 0 di permukaan tanah. Daun yang dihitung adalah daun yang sudah terbuka sempurna. pH tanah, kandungan P tersedia dan kandungan Ca tanah pada masing-masing perlakuan diukur pada saat tanaman berumur 7, 14, 21, 28, 35, 42 dan 49 hari setelah tanam (HST). Metode analisis pH, P tersedia dan C disajikan pada Lampiran 1.

3.3.5. Analisis Statistik

Data yang diperoleh di analisis dengan menggunakan ANOVA dan uji F ($P<5\%$) apabila terdapat perbedaan antar perlakuan maka dilanjutkan dengan uji BNJ karena terdapat 9 perlakuan.

3.3.6. Data Analisis Awal

Sebelum dilakukan penelitian, tanah Alfisol yang akan dijadikan sampel dianalisis terlebih dahulu dan menghasilkan data tabel 13 yang nantinya akan digunakan sebagai perbandingan



Tabel 13. Data Analisis Tanah Awal

Parameter	Tanah			Biochar Jagung			Biochar Daun Tebu		
	Ulangan		Rerata	Ulangan		Rerata	Ulangan		Rerata
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
pH H ₂ O	7.74	7.38	7.14	7.42	9.30	9.39	9.35	9.35	9.25
P tersedia (mg/kg)	4.83	4.57	4.31	4.57	0.35	0.34	0.36	0.35	0.32
Ca-dd (cmol/kg)	17.80	18.20	20.60	18.87	-	-	-	-	-
KTK (me/100g)	10.60	10.84	10.71	10.87	-	-	-	-	-

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap P Tersedia

Kombinasi biochar dan serasah segar yang diaplikasikan tidak berpengaruh ($p<0.05$) nyata terhadap P tersedia pada 7, 14, 21 dan 28 hari setelah tanam (HST). Namun demikian, hasil analisis ragam yang disajikan pada Lampiran 4 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata terhadap P tersedia antar perlakuan pada umur 35, 42 dan 49 HST.

Tabel 14. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap P Tersedia

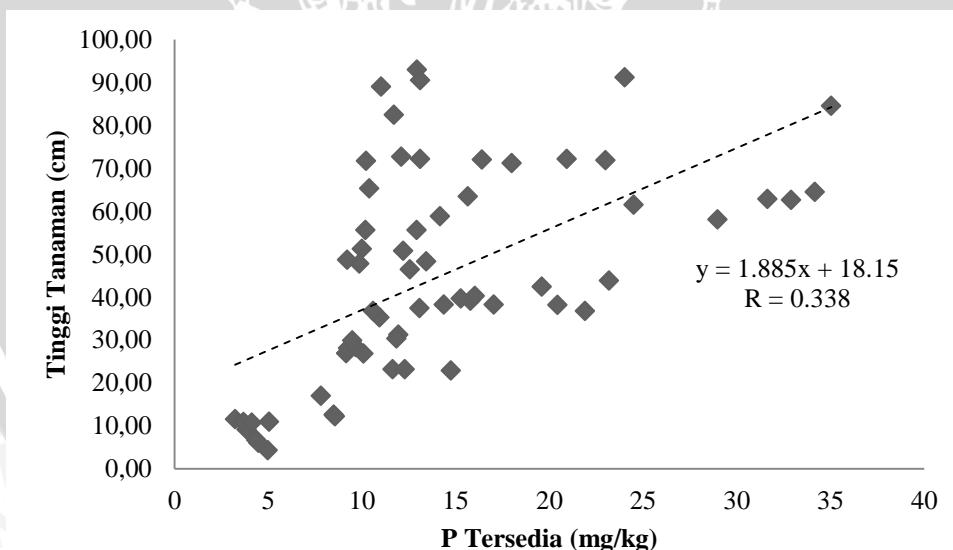
Perlakuan *)	P tersedia (hari setelah tanam)							
	7	14	21	28	35	42	49	
	(mg/kg)							
A0B0	4.97	7.8	11.94	10.9	16.03	abcd	12.2	ab
A0B1	3.73	9.2	17.04	10.2	15.65	abc	13.1	abcd
A0B2	5.04	9.3	13.08	9.86	14.18	a	10.4	a
A1B0	4.48	8.5	12.29	10.6	15.29	ab	12.6	abc
A1B1	3.85	9.7	15.80	13.4	31.64	e	20.9	bcd
A1B2	3.23	9.5	14.37	10	32.91	e	16.4	abcde
A2B0	4.36	8.6	14.75	11.8	21.90	abcde	23.2	fgh
A2B1	3.69	10	19.60	12.9	24.51	abcde	23	defg
A2B2	4.12	12	20.44	9.22	28.98	bcde	34.2	i
BNJ 5%	-	-	-	-	13.89		10.07	9.18

Keterangan: Bilangan yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 5%. *) Lihat Tabel 9.

Untuk parameter P tersedia terdapat perbedaan nyata pada saat tanaman jagung berumur 35, 42 dan 49 HST. Pada saat tanaman jagung berumur 35 HST perlakuan yang baik dalam menambah P tersedia adalah perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha^{-1} biochar serasah jagung dan 0 t ha^{-1} serasah walaupun hanya bertambah 36.61% dibandingkan dengan perlakuan pemberian kombinasi 0 t ha^{-1} biochar dan 0 t ha^{-1} serasah. Namun perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha^{-1} biochar serasah tebu dan 40 t ha^{-1} serasah jagung dapat menambah P tersedia sebesar 105.30% akan tetapi dua perlakuan tersebut tidak berbeda nyata. Sehingga perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha^{-1} biochar serasah jagung dan 0 t ha^{-1} serasah lebih baik karena bahan yang digunakan lebih sederhana. Pada saat tanaman jagung berumur 42

dan 49 HST perlakuan yang paling baik dalam menambah P tersedia adalah perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha^{-1} biochar serasah jagung dan 40 t ha^{-1} serasah jagung yaitu sebesar 180.33% dan 242.95%.

Peningkatan P tersedia dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain pH dan Ca. Pada 35 HST rata-rata pH tanah adalah 6.50, nilai ini turun 15.80% dari pH tanah awal (Tabel 11). Rata-rata Ca pada 35 HST adalah 15.68 cmol/kg, nilai ini turun 16.91% dari Ca tanah awal (Tabel 11). Sehingga dengan pH 6.50 dan Ca 15.68 cmol/kg dapat meningkatkan P tersedia hingga 379.21% dari P tersedia awal (Tabel 11). Pada 42 HST rata-rata pH tanah adalah 6.46, nilai ini turun 12.94% dari pH tanah awal. Rata-rata Ca pada 42 HST adalah 15.98 cmol/kg, nilai ini turun 15.32% dari Ca tanah awal. Sehingga dengan pH tanah 6.46 dan Ca 15.98 cmol/kg dapat meningkatkan P tersedia hingga 693.50%. Pada 49 HST rata-rata pH tanah adalah 6.60, nilai ini turun 11.05% dari pH tanah awal. Rata-rata Ca pada 49 HST adalah 13.46 cmol/kg, nilai ini turun 28.67% dari Ca tanah awal. Sehingga dengan pH tanah 6.60 dan Ca 13.46 cmol/kg dapat meningkatkan P tersedia hingga 666.96%.



Gambar 10. Pengaruh P Tersedia terhadap Tinggi Tanaman

Pada hasil analisis seluruh perlakuan, ulangan dan minggu maka didapatkan gambar pada gambar 10. Dengan nilai slope yang positif menunjukkan bahwa hubungan antara P tersedia dan tinggi tanaman adalah berbanding lurus. Artinya

apabila P tersedia menurun maka tinggi tanaman akan menurun dan apabila P tersedia meningkat maka tinggi tanaman akan meningkat. Namun model ini tidak dapat diterapkan karena kedekatannya hanya 33.8%.

Menurut Poerwanto (2003) P berperan untuk pembentukan sel, sehingga apabila P yang diserap oleh tanaman kurang maka pertumbuhan tanaman akan terhambat.

4.2. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap pH Tanah

Pengaplikasian kombinasi antara biochar dan serasah segar tidak berpengaruh ($p<0.05$) nyata terhadap pH tanah pada 21 dan 28 hari setelah tanam (HST). Namun demikian, hasil analisis ragam yang disajikan pada Lampiran 9 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata terhadap pH tanah antar perlakuan pada umur 7, 14, 35, 42 dan 49 HST.

Tabel 15. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap pH Tanah

Perlakuan *)	pH tanah (hari setelah tanam)						
	7	14	21	28	35	42	49
A0B0	7.13 ab	7.04 b	6.93	6.88	6.94 b	6.93 h	6.98 c
A0B1	6.99 ab	6.86 ab	6.58	6.79	6.33 ab	6.13 a	6.89 bc
A0B2	7.65 b	6.23 a	6.73	6.46	6.68 ab	6.19 ab	6.85 bc
A1B0	7.01 ab	6.82 ab	6.25	6.07	6.51 ab	6.72 defgh	6.78 bc
A1B1	7.23 ab	6.57 ab	6.88	6.60	6.48 ab	6.70 defg	6.65 bc
A1B2	7.32 ab	6.66 ab	6.75	6.25	6.50 ab	6.48 abcdef	6.46 abc
A2B0	7.35 ab	6.91 ab	6.83	6.18	6.24 a	6.23 abc	6.49 abc
A2B1	6.95 a	6.89 ab	6.90	6.34	6.48 ab	6.37 abcde	6.35 ab
A2B2	7.08 ab	6.84 ab	6.75	6.48	6.32 ab	6.35 abcd	5.97 a
BNJ 5%	0.45	0.79	-	-	0.57	0.37	0.62

Keterangan: Bilangan yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 5%. *) Lihat Tabel 9.

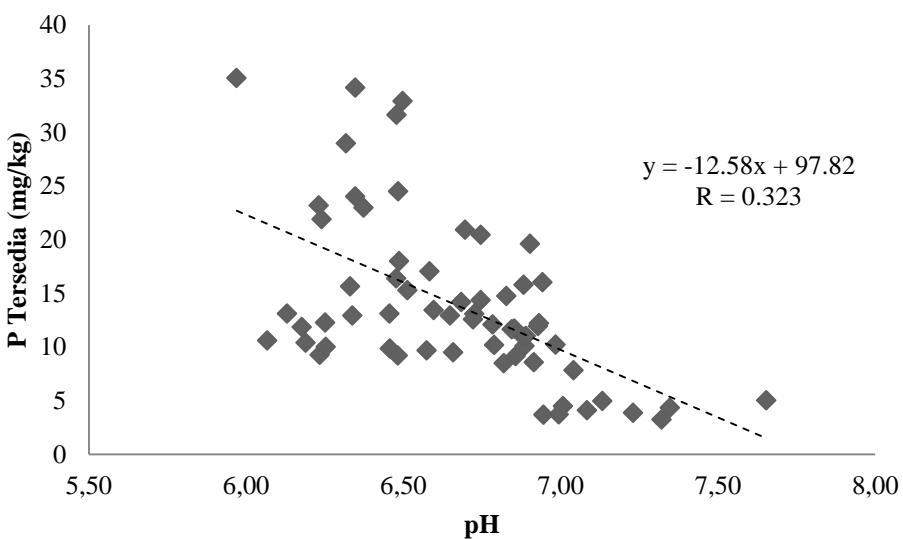
Untuk parameter pH tanah terdapat perbedaan nyata pada saat tanaman jagung berumur 7, 14, 35, 42 dan 49 HST. Pada saat tanaman jagung berumur 7 HST perlakuan yang baik dalam menurunkan pH tanah adalah perlakuan pemberian kombinasi 0 t ha⁻¹ biochar dan 0 t ha⁻¹ serasah. Namun perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha⁻¹ biochar serasah jagung dan 40 t ha⁻¹ serasah tebu yang paling baik dalam menurunkan pH tanah hingga 2.52% akan tetapi dua perlakuan tersebut

tidak berbeda nyata. Pada saat tanaman jagung berumur 35 HST perlakuan yang baik dalam menurunkan pH tanah adalah perlakuan pemberian kombinasi 0 t ha^{-1} biochar dan 40 t ha^{-1} serasah jagung yaitu sebesar 3.75% jika dibandingkan dengan perlakuan pemberian kombinasi 0 t ha^{-1} biochar dan 0 t ha^{-1} serasah. Namun perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha^{-1} biochar serasah jagung dan 0 t ha^{-1} serasah dapat menurunkan pH tanah sebesar 10.86% akan tetapi dua perlakuan tersebut tidak berbeda nyata. Pada saat tanaman jagung berumur 49 HST perlakuan yang baik dalam menurunkan pH tanah adalah perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha^{-1} biochar serasah jagung dan 0 t ha^{-1} serasah yaitu sebesar 7.02%. Namun perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha^{-1} biochar serasah jagung dan 40 t ha^{-1} serasah jagung dapat menurunkan pH tanah sebesar 14.47% akan tetapi dua perlakuan tersebut tidak berbeda nyata.

Menurut Nurida (2009) biochar menaikkan pH tanah yang rendah. Ini artinya biochar berfungsi menetralkan pH tanah. Namun menurut Siringoringo dan Siregar (2011) 5% biochar dapat menetralkan pH tanah. Nilai pH pada bahan arang sangat tergantung pada temperatur *pyrolysis* dan umur bahan arang yang digunakan. Nilai pH arang ada pada kisaran pH 11 apabila arang masih segar (belum terlapuk) dan suhu *pyrolysis* lebih dari $450\text{-}500^\circ\text{C}$. Apabila arang sudah mengalami pelapukan dan terpapar selama dan sesudah proses pirolisi maka nilai pH arang akan ada di kisaran pH 5-8 (Ammonette, 2010).

Pada hasil analisis seluruh perlakuan, ulangan dan minggu maka didapatkan gambar pada gambar 11. Dengan nilai slope yang negatif menunjukkan bahwa hubungan antara pH dan P tersedia adalah berbanding terbalik. Artinya apabila pH menurun maka P tersedia akan meningkat dan apabila pH meningkat maka P tersedia akan menurun. Namun model ini tidak dapat diterapkan karena kedekatannya hanya 32.3%.

Ketersediaan P maksimum ada pada kisaran pH 6 – 7 (ICM, 2000). Biochar dapat meningkatkan P tersedia pada tanah alkalin karena reaktivitas P dengan tanah meningkat serta membentuk senyawa tidak terlarut dengan Ca (DeLuca *et al.*, 2009). Berbeda dengan bahan organik lainnya di dalam tanah biochar menjerap unsur hara P lebih kuat (Cheng *et al.*, 2006).



Gambar 11. Pengaruh pH terhadap P Tersedia

4.3. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap Ca-dd

Aplikasi kombinasi biochar dan serasah segar tidak berpengaruh ($p<0.05$) nyata terhadap Ca-dd pada 21, 28, 35 dan 42 hari setelah tanam (HST). Namun demikian, hasil analisis ragam yang disajikan pada Lampiran 2 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata terhadap Ca-dd antar perlakuan pada umur 7, 14 dan 49 HST.

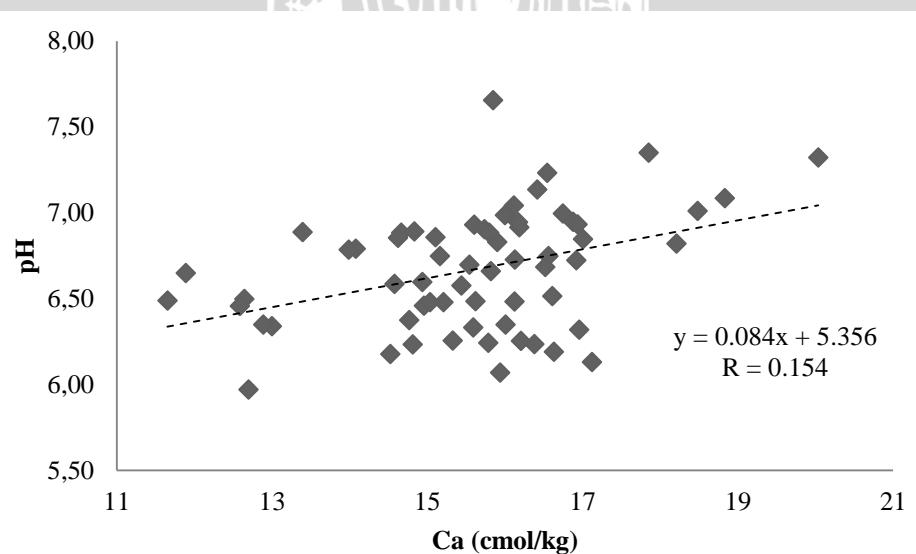
Tabel 16. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap Ca-dd

Perlakuan *)	Kadar Ca-dd tanah (hari setelah tanam)							(cmol/kg)
	7	14	21	28	35	42	49	
A0B0	16.42	ab	16	ab	15.61	15.8	16.17	16.936
A0B1	16.75	ab	15	ab	14.58	14.08	15.59	17.125
A0B2	15.85	a	16	ab	16.13	14.96	16.52	16.631
A1B0	18.48	ab	18	b	16.21	15.94	16.61	16.921
A1B1	16.54	ab	15	ab	14.67	14.94	15.21	15.545
A1B2	20.04	b	16	ab	15.16	15.33	12.65	15.036
A2B0	17.85	ab	16	ab	15.90	14.52	15.79	14.813
A2B1	16.88	ab	13	a	15.74	13	15.62	14.77
A2B2	18.84	ab	17	ab	16.56	16.12	16.96	16.009
BNJ 5%	3.81		3.826		-	-	-	2.80

Keterangan: Bilangan yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 5%. *) Lihat Tabel 9.

Untuk parameter Ca-dd tanah terdapat perbedaan nyata pada saat tanaman jagung berumur 7, 14 dan 49 HST. Pada saat tanaman jagung berumur 7 HST perlakuan yang baik dalam menurunkan Ca-dd tanah adalah perlakuan pemberian kombinasi 0 t ha⁻¹ biochar dan 0 t ha⁻¹ serasah. Namun perlakuan pemberian kombinasi 0 t ha⁻¹ biochar dan 40 t ha⁻¹ serasah jagung yang paling baik dalam menurunkan Ca-dd tanah yaitu sebesar 3.47% akan tetapi dua perlakuan tersebut tidak berbeda nyata. Pada saat tanaman jagung berumur 14 HST perlakuan yang baik dalam menurunkan Ca-dd adalah perlakuan pemberian kombinasi 0 t ha⁻¹ biochar dan 0 t ha⁻¹ serasah. Namun perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha⁻¹ biochar serasah jagung dan 40 t ha⁻¹ serasah tebu yang paling baik dalam menurunkan Ca-dd tanah yaitu sebesar 18.75% akan tetapi dua perlakuan tersebut tidak berbeda nyata. Pada saat tanaman jagung berumur 49 HST perlakuan yang paling baik dalam menurunkan Ca-dd tanah adalah perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha⁻¹ biochar serasah jagung dan 0 t ha⁻¹ serasah yaitu sebesar 27.19%.

Pada hasil analisis seluruh perlakuan, ulangan dan minggu maka didapatkan gambar pada gambar 13. Dengan nilai slope yang positif menunjukkan bahwa hubungan antara Ca-dd dan pH adalah berbanding lurus. Artinya apabila Ca-dd menurun maka pH akan menurun dan apabila Ca-dd meningkat maka pH akan meningkat. Namun model ini tidak dapat diterapkan karena kedekatannya hanya 15.4%.

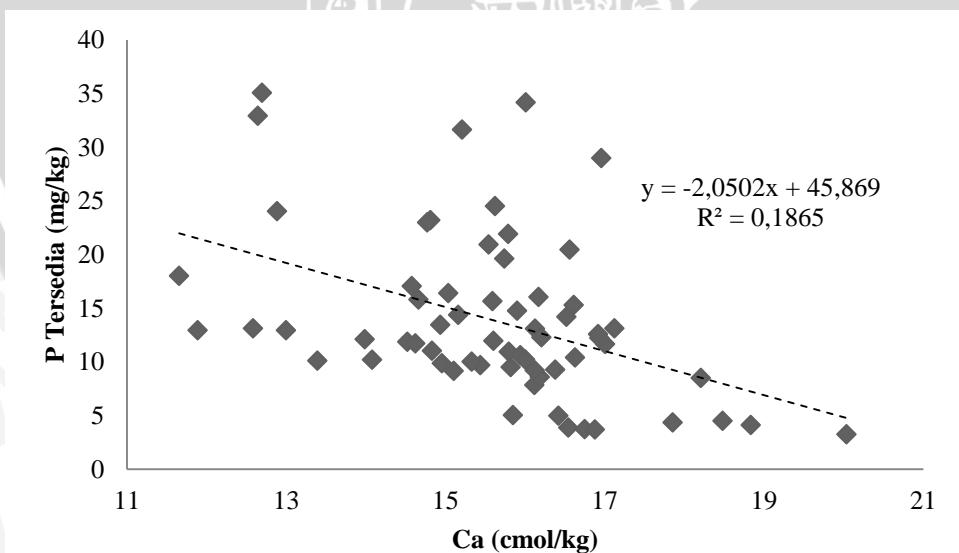


Gambar 12. Pengaruh Ca terhadap pH

Ca adalah kation, sehingga apabila kadar Ca terlalu banyak maka pH tanah akan semakin basa. Penurunan pH ada kaitannya dengan penambahan biochar pada tanah basa disebabkan oleh penurunan konsentrasi oksida-oksida logam alkali (misalnya Ca^{2+} , Mg^{2+} dan K^+) karena yang bersifat basa dalam biochar adalah abu sedangkan biochar dalam penelitian ini tidak menggunakan abu nya (Steiner *et al.*, 2007). Sebagian besar kation-kation Ca^{2+} , Mg^{2+} dan K^+ yang ada dalam tanah ber biochar tidak terikat oleh gaya elektrostatik, tetapi hadir sebagai garam terlarut oleh karena itu mudah tersedia dan diserap oleh tanaman (Glaser *et al.*, 2002).

Pada hasil analisis seluruh perlakuan, ulangan dan minggu maka didapatkan gambar pada gambar 13. Dengan nilai slope yang negatif menunjukkan bahwa hubungan antara Ca dan P tersedia adalah berbanding terbalik. Artinya apabila Ca menurun maka P tersedia akan meningkat dan apabila Ca meningkat maka P tersedia akan menurun. Namun model ini tidak dapat diterapkan karena kedekatannya hanya 18.6%.

Percobaan Kpomblekou dan Tabatabai (1994) menunjukkan bahwa besarnya P yang terlarut memiliki korelasi dengan Ca dan Mg yang dilepaskan, hal ini membuktikan bahwa P tersebut semula diikat oleh Ca dan Mg.



Gambar 13. Pengaruh Ca terhadap P Tersedia

4.4. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap KTK Tanah

Aplikasi biochar dan bahan organik segar tidak berpengaruh ($p<0.05$) nyata terhadap KTK tanah pada 7 dan 49 hari setelah tanam (HST).

Tabel 17. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap KTK Tanah

Perlakuan *	KTK (hari setelah tanam)	
	7	49
	me/100kg	
A0B0	10.87	11.27
A0B1	10.67	11.60
A0B2	10.67	11.53
A1B0	10.87	11.63
A1B1	10.70	11.63
A1B2	10.83	12.17
A2B0	10.93	12.07
A2B1	10.60	12.20
A2B2	10.77	12.00
BNJ 5%	-	-

Keterangan: Bilangan yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 5%. *) Lihat Tabel 9.

Walaupun pengaplikasian biochar dan bahan organik segar tidak mempengaruhi penambahan KTK secara nyata namun perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha^{-1} biochar serasah jagung dan 40 t ha^{-1} serasah jagung dapat meningkatkan KTK sebesar 10.40% dari KTK awal.

Pada fase awal keberadaan biochar dalam tanah, oksidasi abiotik juga dijumpai lebih penting dari pada oksidasi biotic dalam pembentukan muatan permukaan negatif dan KTK (Cheng *et al.*, 2006). Cheng *et al.*, menegaskan bahwa meningkatnya KTK tanah setelah aplikasi biochar disebabkan oleh adanya pembentukan gugus karboksilat hasil oksidasi abiotik yang terjadi pada permukaan luar partikel biochar. Analisis sifat permukaan menggunakan X-Ray Photoelectron Specrtroscopy (XPS) dari studi tersebut berhasil membuktikan bahwa oksidasi partikel biochar dimulai pada bagian terluar permukaan partikel biochar. Hal inilah yang selalu dijadikan alasan penguat meningkatnya KTK setelah aplikasi biochar dalam tanah.

Sohi *et al.*, (2009) dan Verheijen *et al.*, (2009) dalam tulisannya menguraikan bahwa KTK tanah merupakan suatu ukuran seberapa baik hara diikat oleh tanah sehingga dapat menahan hara akibat proses *leaching* ke bagian bawah tanah maupun kehilangan permukaan tanah. Jika sifat tanah yang berkaitan dengan retensi hara dapat diperbaiki berarti ada jaminan bahwa hara yang diberikan akan dapat tersedia baik bagi tanaman.

4.5. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap Pertumbuhan Tanaman

4.5.1 Jumlah Daun

Aplikasi kombinasi biochar dan serasah segar tidak berpengaruh ($p<0.05$) nyata terhadap jumlah daun tanaman jagung pada 7, 14, 21, 28 dan 42 hari setelah tanam (HST). Namun demikian, hasil analisis ragam yang disajikan pada Lampiran 3 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata terhadap jumlah daun tanaman jagung antar perlakuan pada umur 35 dan 49 HST.

Tabel 18. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap Jumlah Daun

Perlakuan *	Jumlah daun tanaman Jagung (hari setelah tanam)							
	7	14	21	28	35	42	49	
	(helai)							
A0B0	1	2	4	5	6	a	7	8 a
A0B1	3	4	6	7	8	ab	9	10 ab
A0B2	3	4	6	6	7	ab	8	10 abc
A1B0	1	3	4	5	7	ab	7	10 abcd
A1B1	2	4	6	6	8	ab	9	13 e
A1B2	3	4	6	7	7	ab	9	12 bcde
A2B0	2	2	4	5	6	ab	7	10 abcde
A2B1	2	4	6	7	9	b	9	12 bcde
A2B2	2	4	6	6	7	ab	9	13 e
BNJ 5%	-	-	-	-	2.2		-	2.64

Keterangan: Bilangan yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 5%. *) Lihat Tabel 9.

Untuk parameter jumlah daun terdapat perbedaan nyata pada saat tanaman jagung berumur 35 dan 49 HST. Pada saat tanaman berumur 35 HST perlakuan yang baik dalam memberikan jumlah daun adalah perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha^{-1} biochar serasah jagung dan 0 t ha^{-1} serasah walaupun hanya bertambah 16.67% jika



dibandingkan dengan perlakuan pemberian kombinasi 0 t ha⁻¹ biochar dan 0 t ha⁻¹ serasah. Namun perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha⁻¹ biochar serasah jagung dan 40 t ha⁻¹ serasah tebu memberikan jumlah daun yang paling banyak yaitu 50% akan tetapi dua perlakuan tersebut tidak berbeda nyata. Pada saat tanaman berumur 49 HST perlakuan yang baik dalam memberikan jumlah daun adalah perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha⁻¹ biochar serasah jagung dan 0 t ha⁻¹ serasah walaupun hanya bertambah 25% jika dibandingkan dengan perlakuan pemberian kombinasi 0 t ha⁻¹ biochar dan 0 t ha⁻¹ serasah. Namun perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha⁻¹ biochar serasah tebu dan 40 t ha⁻¹ serasah tebu dan 20 t ha⁻¹ biochar serasah jagung dan 40 t ha⁻¹ serasah jagung memberikan jumlah daun yang paling banyak yaitu 62.50% akan tetapi perlakuan tersebut tidak berbeda nyata.

4.5.2. Tinggi Tanaman

Kombinasi biochar dan serasah segar yang diaplikasikan tidak berpengaruh ($p<0.05$) nyata terhadap tinggi tanaman jagung pada 7, 14, 21 dan 28 hari setelah tanam (HST). Namun demikian, hasil analisis ragam yang disajikan pada Lampiran 6 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata terhadap tinggi tanaman antar perlakuan pada umur 35, 42 dan 49 HST.

Tabel 19. Pengaruh Biochar dan Bahan Organik Segar terhadap Tinggi Tanaman

Perlakuan *)	Tinggi tanaman Jagung (hari setelah tanam)								(cm)
	7	14	21	28	35	42	49		
A0B0	4.33	16.97	31.20	35.23	40.20	abc	50.77	abc	71.67 ab
A0B1	10.60	26.90	38.23	55.60	63.40	c	72.13	d	89.00 ab
A0B2	10.90	28.07	37.40	47.73	58.77	abc	65.30	bcd	82.43 ab
A1B0	6.03	12.57	23.17	36.70	39.63	ab	46.43	ab	72.67 ab
A1B1	9.17	28.33	39.13	48.30	62.83	bc	72.10	d	92.90 b
A1B2	11.50	29.83	38.20	51.20	62.57	bc	71.97	d	90.50 ab
A2B0	6.67	12.20	22.83	30.30	36.73	a	43.83	a	71.13 a
A2B1	10.83	26.83	42.40	55.57	61.50	bc	71.80	d	91.13 ab
A2B2	10.73	23.17	38.17	48.63	58.03	abc	64.43	bcd	84.53 ab
BNJ 5%	-	-	-	-	23.59		20.40		21.44

Keterangan: Bilangan yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 5%. *) Lihat Tabel 9.

Untuk parameter tinggi tanaman terdapat perbedaan nyata pada saat tanaman jagung berumur 35, 42 dan 49 HST. Pada saat tanaman berumur 35 HST perlakuan yang baik dalam memberikan tinggi adalah perlakuan pemberian kombinasi 0 t ha⁻¹ biochar dan 0 t ha⁻¹ serasah. Namun perlakuan pemberian kombinasi 0 t ha⁻¹ biochar dan 40 t ha⁻¹ serasah tebu memberikan tinggi tanaman yang paling banyak yaitu 57.71% akan tetapi dua perlakuan tersebut tidak berbeda nyata. Pada saat tanaman jagung berumur 42 HST perlakuan yang baik dalam memberikan tinggi adalah perlakuan 0 t ha⁻¹ biochar dan 40 t ha⁻¹ serasah jagung yaitu 28.62%. Namun perlakuan pemberian kombinasi 0 t ha⁻¹ biochar dan 40 t ha⁻¹ serasah tebu memberikan tinggi tanaman yang paling banyak yaitu 42.07% akan tetapi dua perlakuan tersebut tidak berbeda nyata. Pada saat tanaman jagung berumur 49 HST perlakuan yang paling baik dalam memberikan tinggi adalah perlakuan pemberian kombinasi 0 t ha⁻¹ biochar dan 0 t ha⁻¹ serasah. Namun perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha⁻¹ biochar serasah tebu dan 40 t ha⁻¹ serasah tebu memberikan tinggi tanaman yang paling banyak yaitu 29.62% akan tetapi dua perlakuan tersebut tidak berbeda nyata.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari percobaan pengaruh biochar dan bahan organik segar terhadap tanah dan tanaman adalah sebagai berikut.

1. Perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha^{-1} biochar serasah jagung dan 40 t ha^{-1} serasah jagung (A2B2) pada umur tanaman 49 HST secara nyata mampu menaikan P tersedia 242.95%;
2. Perlakuan pemberian 20 t ha^{-1} biochar serasah jagung (A2B0) pada umur tanaman 49 HST secara nyata mampu menurunkan pH dan Ca sebesar 14.47% dan 27.19%;
3. Perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha^{-1} biochar serasah jagung dan 40 t ha^{-1} serasah jagung (A2B2) pada umur tanaman 49 HST dapat meningkatkan KTK sebesar 10.40%; dan
4. Perlakuan pemberian kombinasi 20 t ha^{-1} biochar serasah jagung dan 0 t ha^{-1} serasah (A2B0) pada 49 HST secara nyata dapat menambah jumlah daun 25%.

5.2. Saran

Untuk mengetahui pengaruh biochar dan bahan organik segar secara lebih nyata, maka penelitian ini harus dilanjutkan hingga musim tanaman berikutnya, sehingga dapat lebih dipastikan perlakuan mana yang paling efisien untuk memperbaiki seluruh parameter yang diamati.



DAFTAR PUSTAKA

- Aak. 1983. Dasar-dasar bercocok tanam. Kanisius. Jakarta.
- Alimoeso, S. 2010. Ketersediaan pupuk 2010-2014 dan subsidi pupuk. *Pangan* 19(1): 41-50.
- Ammonette, J.E. 2010. Biochar Introduction. <http://www.slideshare.net/NSCSS/amonette-biocharintroduction>. Diakses 6 November 2013.
- Antal, M. J., Croiset, E., Dai, X. F., DeAlmeida, C., Mok, W. S. L., Norberg, N., Richard, J. R., Mathoub, M. A. 1996. A High-Yield Biomass Charcoal. *Energy and Fuels*, 4: 221-225.
- Aprianis, Yeni. 2010. Produksi dan Laju Dekomposisi Serasah Akasia di PT. Arara Abadi. Balai Penelitian Hutan dan Penghasil Serat. *Tekno Hutan Tanaman* Vol. 4 No. 1: 41-47.
- Balai Penelitian Tanah. 2005. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. Bogor.
- Bambang Sapto A. 2012. Si Hitam Biochar yang Multiguna. PT. Perkebunan Nusantara X (Persero), Surabaya.
- Barber, S. A. 1995. Soil Nutrient Bioavailability a Mechanistic Approach. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Blackwell, P., Reithmuller, G. and Collins, M. 2008. Biochar application to soil. In Biochar for environmental management: science and technology (pp. 1-29). London: Earthscan.
- Brady, N. C., dan R. R. Weil. 2002. The Nature and Properties os Soils. 13th. Mac. Millan Publishing Company. New Jersey.
- Brown, R. 2009. Biochar Production Technology. In J. Lehmann, Biochar for environmental management: science and technology. Earthscan.
- Cheng, C.H., Lehmann, J., Thies, J.E., Burton, S.D.. and Engelhard, M.H. 2006. Oxidation of black carbon through biotic and abiotic processes. *Organic Geochemistry* 37 : 1477 – 1488.
- Chidumayo E.N. 1994. Effects of wood carbonization on soil and initial development of seedlings in miombo woodland, Zambia. *Forest Ecological Management* 70:353–357.
- Dariah, A.N. 2013. Pemanfaatan Pembelah Tanah untuk Pemulihan Tanah Terdegradasi yang Didominasi Fraksi Pasir dan Liat. Bogor: Penelitian Badan Litbang di Balai Penelitian Tanah, Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan.
- DeLuca, T. H., Derek, M., MacKenzie, J. and Gundale, M.J. 2009. Biochar effects on soil nutrient transformation. Earthscan Publisher. P 251 – 270.



- Demirbas, A. 2004. Effects of temperature and particle size on biochar yield from pyrolysis of agricultural residues. *Journal of analytical and applied pyrolysis* 72 (2): 243-248.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2006. Progress towards sustainable forest management. *Global Forest Resources Assessment 2005*.
- Gaur, A. C. 1982. *A Manual of rural composting*. Food and Agricultural Organization of The United Nation. Rome.
- Glaser, B. 2001. The terra preta phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humic tropic. *Die Naturwissenschaften* 88, 37-41.
- Glaser, B., Lehmann, J. and Zech, W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weather soils in the tropics charcoal. A review. *Biology and Fertility of Soils* 35 : 219 – 230.
- Graber, E. R., Harel, Y. M., Kolton, M., Cytryn, E. and Silber., A. 2010. Biochar impact on development and productivity of pepper and tomato grown in fertigated soilless media. *Plant Soil* 337: 481–496.
- Graetz, R. D. and Skjemstad, J. O. 2006. The charcoal sink of biomass burning on the Australian continent. CSIRO Atmospheric Research Technical paper No. 64.
- Hakim. 1986. Dasar-dasar ilmu tanah. Lampung: Universitas lampung.
- Harahap, E. M. 2000. Pembuatan Asam Organik untuk Pupuk. Lokakarya Pengembangan Budidaya Kewirausahaan Melalui Bahan Ajar. Jurusan Ilmu Tanah FP-USU. Medan.
- Hardianto, R. 2004. Dukungan teknologi organik dalam pengembangan tanaman pangan dan hortikultura di kawasan selatan Jawa Timur. Prosiding Seminar dan Ekspose Teknologi Hasil Pengkajian BPTP Jawa Timur, (pp. 518-531). Jawa Timur.
- Hardianto, R., Suyamto, D. E., R., Soemarsono, W.S., Kartono, G. dan Widajati, D. E. 2001. Studi aplikasi teknologi spesifik lokasi di lahan kering lokasi proyek PRIDA Jawa Timur. Jawa Timur: Laporan akhir kerjasama proyek pengembangan partisipasi lahan kering terpadu (PIDRA) Jawa Timur dengan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP).
- Haug, R. T. 1980. *Composting Engineering*. Ann Arbor Science. Michigan.
- IBI. 2012. What is Biochar?. International Biochar Initiative. www.biochar-international.org
- ICM. 2000. Soil testing and available phosphorus. Integrated Crop Management. IC-484 (22). <http://www.ipm.iastate.edu/ipm/icm/200/9-19-2000/availablep.html>
- International Energy Agency. 2007. Annual report - IEA Bioenergy. Task 34 Pyrolysis of Biomass.
- Iswaran, V., Jauhri, K.S., Sen, A. 1980. Effect of charcoal, coal and peat on the yield of moong, soybean and pea. *Soil Biol Biochem* 12:191–192

- Kissel, D. E., D. H. Snaders dan R. Illis. 1997. Interaksi Pupuk – Tanaman pada Tanah-tanah Alkalin. Teknologi dan Penggunaan Pupuk. University Press. Yogyakarta.
- Kishimoto, S., Sugiura, G. 1985. Charcoal as a soil conditioner. Int. Achieve Future 5:12–23.
- Kpomblekou, A. K., Tabatabai, M. A. 1994. Effect of organic acids on release of phosphorus from phosphate rocks. Soil Sciences 158:442-453
- Kumolontang, W. J. N. 2003. Pengaruh Tingkat Stres Air, Pemberian Pupuk Fosfor dan Bahan Organik terhadap Ketersedian P dan Pertumbuhan Tanaman Jagung pada Tanah Berkapur. Thesis. Pascasarjana Universitas Brawijaya. Malang.
- Kurnia, U. 2002. Teknologi rehabilitas dan reklamasi lahan kering. Menuju pertanian produktif dan ramah lingkungan, 147-182.
- Lal, R. 2005. World crop residues production and implication of its use as a biofuel. Environment International 31, 575-584.
- Lankinen, P. 2004. Ligninolytic enzymes of basidiomycetous fungi *Agaricus bisporus* and *Phlebia radiate* on lignocelluloses-containing media. Academic Dissertation in Microbiologi.
- Lehman, J. 2011. Biochar Effects on Soil Biota - A review. Soil Biology and Biochemistry 43: 1812-1836.
- Lehmann, J. 2007. Bio-energy in the black. Frontier Ecology and Environment 5: 381-387.
- Lehmann, J., Gaunt, J. and Rondon, M. 2006. Biochar sequestration in terrestrial ecosystems. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 11: 395-419.
- Milne, E., Powlson, D. S. and Cerri, C. E. 2007. Soil carbon stocks at regional scales (preface). Agriculture, Ecosystem and. Environment 122: 1-2.
- Mullen, M. O. 1998. Trasnformasi of Other Elements. Prentice-Hall. New Jersey.
- Notohadiprawiro, T. 1998. Tanah dan Lingkungan. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Nurida, N. L. 2008. Kualitas limbah pertanian sebagai bahan baku pemberah berupa biochar untuk rehabilitasi lahan. Prosiding Seminar Nasional dan dialog Sumberdaya Lahan Pertanian (pp. 209-215). Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Nurida, N. L. 2009. Efisikasi formula pemberah tanah biochar dalam berbagai bentuk (serbuk, granular dan pelet) dalam meningkatkan kualitas lahan kering masam terdegradasi. Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- Nurida, N. L. 2012. Potensi Pemberah Tanah Biochar dalam pemulihan sifat tanah terdegradasi dan Peningkatan Hasil jagung pada Typic Kanhapludults

- Lampung. Prosiding Seminar Nasional tentang Pengelolaan Limbah Biomassa sebagai Sumber Energi Terbarukan, Pertanian Berkelanjutan dan Mitigasi Pemanasan Global (Prospek Konversi Biomassa ke Biochar di Indonesia). Malang: Unitri.
- Nyakpa, M. Y., A. M. Lubis, M. A. Pulung, A. G. Amrah, A. Munawar, G. B. Hong dan N. Hakim. 1988. Kesuburan Tanah. Universitas Lampung. Lampung.
- Okimori, Y. M. 2013. Potential of CO₂ Reduction by Carbonizing Biomass Waste from Industrial Tree Plantation in South Sumatra, Indonesia. Mitigation and Adaption Strategies for Global Change 8: 261-280.
- Palm, A. C., R. J. K. Myres dan S. M. Nandwa. 1997. Combined Use Organic and Inorganic Nutrient Source for Soil Fertility Maintenance and Replenishment. Am.Soc of Agronomy and Soil Sci. Journal: 193-217.
- Pari, G. 2010. Mutu arang aktif dari serbuk gergaji kayu. Jurnal Penelitian Hasil Hutan 25 : 93-107
- Poerwanto, R. 2003. Budidaya buah-buahan: Proses Pembungaan dan Pembuahan. IPB. 44 hal
- Quénéa, K., Derenne, S., Rumpel, C., Rouzaud, J.-N., Gustafsson, O. and Carcaillet, C. 2006. Black carbon yields and types in forest and cultivated sandy soils (Landes de Gascogne, France) as determined with different methods: Influence of change in land use. Organic Geochemistry 37: 1185-1189.
- Rachman, Idris Abd., Djuniwati, Sri., Idris, Komarudin., 2008. Pengaruh Bahan Organik dan Pupuk NPK terhadap Serapan Hara dan Produksi Jagung di Inceptisol Ternate. Jurnal Tanah dan Lingkungan. Vol. 10 No. 1. Hal: 7-13
- Rindyastuti, Ridesti dan Agung Sri Damayanti. 2010. Komposisi Kimia dan Estimasi Proses Dekomposisi Serasah 3 Spesies Familia Fabaceae di Kebun Raya Purwodadi. Seminar Nasional Biologi: 993-998.
- Samadi, A. dan R. J. Gilkes. 1999. Phosphorus Transformation and Their Relationship with Calcareous Soil Properties of Southern and Western Austria. Soil.Sci.Soc. Am J. 63: 809-815.
- Setijono, S. 1996. Intisari Kesuburan Tanah. IKIP Malang Press. Malang.
- Siringoringo, H.H. dan Siregar, C.A. 2011. Pengaruh Aplikasi Arang Terhadap Pertumbuhan Awal Michelia Montana Blume Dan Perubahan Sifat Kesuburan Tanah Pada Tipe Tanah Latosol. Pusat Litbang Konservasi dan Rehabilitasi. Bogor.
- Smith, O. L. dan M. J. Bazin. 1982. Soil Microbiology: a Model of Decomposition and Nutrient Cycling. CRC Press Inc. Boca Raton. Florida.
- Sohi, S., Lopez-Capel, E., Krull, E. and Bol, R. 2009. Biochar, climate change and soil: A review to guide future research. CSIRO Land and Water Science Report 05/09.
- Sombroek, W. 2003. Amazonian dark earths as carbon store and sinks. Netherlands: Kluwer Academic Publisher.



- Steiner, C., Teixeira, W., Lehmann, J. and Zech, W. 2003. Microbial response to charcoal amendments of highly weathered soils and Amazonian Dark Earths in Central Amazonia. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Steiner, C., Teixeira, W.G., Lehmann, J., Nehls, T., de Macedo, J.L.V., Blum, W.E.H. and Zech, W. 2007. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop product and fertility on a highly weathered central Amazonian upland soil. *Plant and Soil* 291 : 275 – 290
- Suprayogo, D., K. Hairiah., N. Wijayanto., Sunaryo., M. Van Noorwijk. 2003. Peran Agroforesrti pada Skala Plot: Analaisis Komponen Agroforestry sebagai Kunci Keberhasilan atau Kegagalan Pemanfaatan Lahan. World Agroforestry Centre (ICRAF). Bogor.
- Tim Laboratorium Kimia Tanah. 2003. Prosedur Analisis Kimia Tanah. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Vaccari, F. 2011. Biochar as a strategy to sequester carbon and increase yield in durum wheat. *European Journal of Agronomy* 34(4): 231-238
- Van Zweiten, L., Downie, A., Chan, K. Y., Kimber S., Morris S., Rust J. dan Mitchell. 2009. Nitrogen use efficiency improves using green waste biochar 1st Asia Biochar Conference. 2009.
- Verheijen F. G. A., Jeffery, S., Bastos A. C., Van der Velde M dan Biafas I. 2009. Biochar application to soil – A Critical scientific review of effects on soil properties, processes and functions. EUR 24099 EN, Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg. pp: 166.
- Winsley, P. 2007. Biochar and Bioenergy Production for Climate Change. New Zealand Science Review 64 (1): 1-10.
- Zhang, A., Liu, Y., Genxing, P., Hussain, Q., Li, L., Wei, J. and Zhang, X. 2011. Effect of Biochar Amandment on Maize Yield and Greenhouse Gas Emissions From A Soil Organic Carbon Poor Calcareous Loamy Soil From Central China Plain. *Plant Soil*. Springer Science Business Media B.V. DOI. 10.1007/s11104-011-0957-x. <http://www.academia.edu> .
- Zubair, A., W. S. Ardjasa, Agusni dan Sarno. 1997. Pengaruh pemberian pupuk organik dan pupuk anorganik terhadap pertumbuhan dan hasil padi sawah. *Jurnal Tanah Tropik* No. 4: 133-137



LAMPIRAN



Lampiran 1. Metode analisis pH, P tersedia dan Ca tanah

pH (H_2O) Metode Elektroda

Menurut Balai Penelitian Tanah (2005) cara menganalisis pH adalah timbang 10 g contoh tanah lalu masukan dalam pial film, tambahkan 10 ml aquades kemudian kocok dengan mesin pengocok selama 1 jam, kemudian diamkan selama 1 hari hingga mengendap. Masukan ujung elektroda pH meter kedalam larutan tanah, catat angka yang terukur pada pH meter.

P tersedia Metode Olsen

Menurut Balai Penelitian Tanah (2005) cara menganalisis P tersedia metode Olsen adalah timbang 1 g contoh tanah < 5 mm, lalu masukan ke dalam pial film, tambah 20 ml pengakstrak Olsen, kemudian dikocok selama 4 jam. Saring menggunakan kertas saring W 91. Ekstrak pipet 2 ml kedalam tabung reaksi dan selanjutnya bersama deret standar ditambahkan 10 ml pereaksi pewarna fosfat, kocok hingga homogeny dan biarkan 30 menit. Absorbansi larutan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm.

Ca-dd dengan Penyangga NH_4OAc 1N pH 7.0

Menurut Tim Laboratorium Kimia Tanah (2003) cara menganalisis Ca-dd adalah pipet 10 ml ekstrak tanah (filtrate no 4) dan tungakan ke dalam beaker glass 100 ml, uapkan hingga kering diatas hot plate pada suhu 150°, tambahkan 5 ml aqua regia (campurkan 3 bagian HCl pk dan 1 bagian HNO_3 pk) uapkan dan keringkan. Bilamana endapan masih keruh/coklat tambahkan lagi beberapa ml aqua regia, uapkan dan keringkan, larutan endapan dengan HCL 6 N sebanyak 2 ml dan tambahkan air suling hingga menjadi 25 ml, pipet 5 ml filtrate bebas bahan organic dan NH_4OAc ke dalam labu erlemeyer 125 ml, tambahkan 20 ml aquades, tambahkan 10 tetes KCN 1%, tambahkan 10 tetes Hydroksilamin Hidroklorid 5%, tambahkan 10 tetes Triethanolamine, tambahkan 2.5 ml NaOH 2.5 N (10%), tambahkan indikator merah 2 tetes dan titrasi menggunakan larutan EDTA hingga warnanya bening.

KTK dengan Penyangga NH_4OAc 1N pH 7.0

Menurut Tim Laboratorium Kimia Tanah (2003) cara menganalisis KTK adalah dengan menimbang contoh tanah seberat 1 g dan masukkan ke dalam tabung plastic sebesar 25 ml, tambahkan ke dalam tabung larutan NH_4OAc pH 7.0 sebanyak 10 ml, kocok dengan mesin pengocok listrik selama 60 menit, sentrifuge selama 10 menit, saring dengan kertas saring, filtrate ditampung kembali ke dalam suatu wadah, tambahkan ke dalam tabung 10 ml larutan NH_4OAc pH 7.0 yang mengandung NH_4Cl 1N, rotap, sentrifuge selama 10 menit, filtrate ditampung kembali ke dalam wadah no. 4. Endapan tanah dipindahkan ke dalam tabung kjedahl dengan air suling kurang 100 ml, ditambahkan 30 ml NaOH 40% lalu disulingkan dengan segera. Hasil sulingan ditampung dengan 15 ml H_2SO_4 0.1N yang telah ditambah 4 tetes Conway. Titrasi dihentikan setelah volume dalam Erlenmeyer kurang lebih 50 ml.

Lampiran 2. ANOVA dan BNJ 5% P Tersedia

Tabel 20. ANOVA P Tersedia 7 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	8.84	1.1047	1.53	0.216
Galat	18	13	0.7227		
Total	26	21.8			

Tabel 21. BNJ 5% P Tersedia 7 HST

A1B2	0.8	3.23	a
A2B1	1.25	3.69	a
A0B1	1.29	3.73	a
A1B1	1.42	3.85	a
A2B2	1.69	4.12	a
A2B0	1.93	4.36	a
A1B0	2.05	4.48	a
A0B0	2.54	4.97	a
A0B2	2.61	5.04	a
BNJ 5%		2.432	

Tabel 22. ANOVA P Tersedia 14 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	29	3.623	0.74	0.653
Galat	18	87.6	4.867		
Total	26	117			

Tabel 23. BNJ 5% P Tersedia 14 HST

A0B0	1.51	7.82	a
A1B0	2.18	8.49	a
A2B0	2.26	8.57	a
A0B1	2.85	9.16	a
A0B2	2.95	9.26	a
A1B2	3.18	9.49	a
A1B1	3.36	9.67	a
A2B1	3.78	10.1	a
A2B2	5.33	11.6	a
BNJ 5%		6.31	

Tabel 24. ANOVA P Tersedia 21 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	209.7	26.22	2.09	0.092
Galat	18	225.7	12.54		
Total	26	435.5			

Tabel 25. BNJ 5% P Tersedia 21 HST

A0B0	1.81	11.94	a
A1B0	2.16	12.29	a
A0B2	2.95	13.08	a
A1B2	4.24	14.37	a
A2B0	4.62	14.75	a
A1B1	5.67	15.8	a
A0B1	6.91	17.04	a
A2B1	9.47	19.6	a
A2B2	10.3	20.44	a
BNJ 5%		10.13	

Tabel 26. ANOVA 5% P Tersedia 28 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	50	6.245	0.79	0.622
Galat	18	143	7.951		
Total	26	193			

Tabel 27. BNJ 5% P Tersedia 28 HST

A2B2	1.15	9.22	a
A0B2	1.79	9.86	a
A1B2	1.93	10	a
A0B1	2.12	10.2	a
A1B0	2.53	10.6	a
A0B0	2.87	10.9	a
A2B0	3.78	11.8	a
A2B1	4.86	12.9	a
A1B1	5.36	13.4	a
BNJ 5%		8.06	

Tabel 28. ANOVA P Tersedia 35 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	1344	168.04	7.13	<.001
Galat	18	424.2	23.56		
Total	26	1768			

Tabel 29. BNJ 5% P Tersedia 35 HST

A0B2	0.29	14.18	a
A1B0	1.4	15.29	ab
A0B1	1.76	15.65	abc
A0B0	2.14	16.03	abcd
A2B0	8.02	21.9	abcde
A2B1	10.6	24.51	abcde
A2B2	15.1	28.98	bcde
A1B1	17.8	31.64	e
A1B2	19	32.91	e
BNJ 5%		13.89	

Tabel 30. ANOVA P Tersedia 42 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	1404	175.44	14.17	<.001
Galat	18	222.9	12.38		
Total	26	1626			

Tabel 31. BNJ 5% P Tersedia 42 HST

A0B2	0.33	10.39	a
A0B0	2.14	12.21	ab
A1B0	2.49	12.56	abc
A0B1	3.04	13.1	abcd
A1B2	6.33	16.4	abcde
A1B1	10.9	20.93	bcd
A2B1	12.9	22.99	defg
A2B0	13.1	23.19	fgh
A2B2	24.1	34.17	i
BNJ 5%		10.07	

Tabel 32. ANOVA P Tersedia 49 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	1579	197.38	19.18	<.001
Galat	18	185.2	10.29		
Total	26	1764			

Tabel 33. BNJ 5% P Tersedia 49 HST

A0B0	1.04	10.22	a
A0B1	1.84	11.02	ab
A0B2	2.54	11.71	abc
A1B0	2.92	12.1	abcd
A1B1	3.76	12.93	abcde
A1B2	3.94	13.11	abcdef
A2B0	8.82	18	abcdefh
A2B1	14.8	24.03	gh
A2B2	25.9	35.05	i
BNJ 5%		9.18	

Lampiran 3. ANOVA dan BNJ 5% pH

Tabel 34. ANOVA pH 7 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	1.21414	0.15177	6	<.001
Galat	18	0.45525	0.02529		
Total	26	1.66939			

Tabel 35. BNJ 5% pH 7 HST

A2B1	6.95	7.40	a
A0B1	6.99	7.45	ab
A1B0	7.01	7.46	ab
A2B2	7.08	7.54	ab
A0B0	7.13	7.59	ab
A1B1	7.23	7.69	ab
A1B2	7.32	7.78	ab
A2B0	7.35	7.80	ab
A0B2	7.65	8.11	b
BNJ 5%		0.45	

Tabel 36. ANOVA pH 14 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	1.38109	0.17264	2.27	0.071
Galat	18	1.36917	0.07606		
Total	26	2.75026			

Tabel 37. BNJ 5% pH 14 HST

A0B2	6.23	7.02	a
A1B1	6.57	7.36	ab
A1B2	6.66	7.45	ab
A1B0	6.82	7.61	ab
A2B2	6.84	7.63	ab
A0B1	6.86	7.65	ab
A2B1	6.89	7.67	ab
A2B0	6.91	7.70	ab
A0B0	7.04	7.83	b
BNJ 5%		0.79	

Tabel 38. ANOVA pH 21 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	1.05796	0.13225	2.07	0.095
Galat	18	1.14888	0.06383		
Total	26	2.20684			

Tabel 39. BNJ 5% pH 21 HST

A1B0	6.25	6.97	a
A0B1	6.58	7.31	a
A0B2	6.73	7.45	a
A2B2	6.75	7.47	a
A1B2	6.75	7.47	a
A2B0	6.83	7.55	a
A1B1	6.88	7.61	a
A2B1	6.90	7.63	a
A0B0	6.93	7.65	a
BNJ 5%		0.72	

Tabel 40. ANOVA pH 28 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	1.79316	0.22415	2.39	0.06
Galat	18	1.69076	0.09393		
Total	26	3.48392			

Tabel 41. BNJ 5% pH 28 HST

A1B0	6.07	6.94	a
A2B0	6.18	7.05	a
A1B2	6.25	7.13	a
A2B1	6.34	7.21	a
A0B2	6.46	7.33	a
A2B2	6.48	7.36	a
A1B1	6.60	7.47	a
A0B1	6.79	7.67	a
A0B0	6.88	7.76	a
BNJ 5%		0.88	

Tabel 42. ANOVA pH 35 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	1.08036	0.13504	3.45	0.014
Galat	18	0.70478	0.03915		
Total	26	1.78514			

Tabel 43. BNJ 5% pH 35 HST

A2B0	6.24	6.81	a
A2B2	6.32	6.88	ab
A0B1	6.33	6.90	ab
A1B1	6.48	7.04	ab
A2B1	6.48	7.05	ab
A1B2	6.50	7.06	ab
A1B0	6.51	7.08	ab
A0B2	6.68	7.25	ab
A0B0	6.94	7.51	b
BNJ 5%		0.57	

Tabel 44. ANOVA pH 42 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	1.80404	0.2255	13.15	<.001
Galat	18	0.30861	0.01714		
Total	26	2.11264			

Tabel 45. BNJ 5% pH 42 HST

A0B1	6.13	6.50	a
A0B2	6.19	6.56	ab
A2B0	6.23	6.61	abc
A2B2	6.35	6.72	abcd
A2B1	6.37	6.75	abcde
A1B2	6.48	6.85	abcdef
A1B1	6.70	7.07	defg
A1B0	6.72	7.10	defgh
A0B0	6.93	7.31	h
BNJ 5%		0.37	

Tabel 46. ANOVA pH 49 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	2.47918	0.3099	6.5	<.001
Galat	18	0.8586	0.0477		
Total	26	3.33777			

Tabel 47. BNJ 5% pH 49 HST

A2B2	5.97	6.59	a
A2B1	6.35	6.97	ab
A1B2	6.46	7.08	abc
A2B0	6.49	7.11	abc
A1B1	6.65	7.27	bc
A1B0	6.78	7.41	bc
A0B2	6.85	7.48	bc
A0B1	6.89	7.51	bc
A0B0	6.98	7.61	c
BNJ 5%		0.62	

Lampiran 4. ANOVA dan BNJ 5% Ca

Tabel 48. ANOVA Ca 7 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	45.22	5.65	3.18	0.02
Galat	18	31.99	1.78		
Total	26	77.21			

Tabel 49. BNJ 5% Ca 7 HST

A0B2	15.85	19.66	a
A0B0	16.42	20.23	ab
A1B1	16.54	20.36	ab
A0B1	16.75	20.56	ab
A2B1	16.88	20.69	ab
A2B0	17.85	21.67	ab
A1B0	18.48	22.3	ab
A2B2	18.84	22.65	ab
A1B2	20.04	23.85	b
BNJ 5%		3.81	

Tabel 50. ANOVA Ca 14 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	42.06	5.26	2.94	0.027
Galat	18	32.21	1.79		
Total	26	74.26			

Tabel 51. BNJ 5% Ca 14 HST

A2B1	13.39	17.22	a
A0B1	15.11	18.93	ab
A1B1	15.44	19.27	ab
A1B2	15.82	19.65	ab
A0B0	16.12	19.94	ab
A2B0	16.19	20.01	ab
A0B2	16.38	20.21	ab
A2B2	17.01	20.83	ab
A1B0	18.21	22.04	b
BNJ 5%		3.82	

Tabel 52. ANOVA Ca 21 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	11.35	1.419	0.86	0.565
Galat	18	29.67	1.648		
Total	26	41.02			

Tabel 53. BNJ 5% Ca 21 HST

A0B1	14.58	18.25	a
A1B1	14.67	18.34	a
A1B2	15.16	18.84	a
A0B0	15.61	19.28	a
A2B1	15.74	19.41	a
A2B0	15.9	19.57	a
A0B2	16.13	19.8	a
A1B0	16.21	19.88	a
A2B2	16.56	20.23	a
BNJ 5%		3.67	

Tabel 54. ANOVA Ca 28 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	23.9	2.987	1.65	0.179
Galat	18	32.54	1.808		
Total	26	56.44			

Tabel 55. BNJ 5% Ca 28 HST

A2B1	13	16.85	a
A0B1	14.08	17.93	a
A2B0	14.52	18.37	a
A1B1	14.94	18.78	a
A0B2	14.96	18.8	a
A1B2	15.33	19.18	a
A0B0	15.8	19.65	a
A1B0	15.94	19.79	a
A2B2	16.12	19.97	a
BNJ 5%		3.85	



Tabel 56. ANOVA Ca 35 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	38.69	4.837	1.4	0.261
Galat	18	62.08	3.449		
Total	26	100.8			

Tabel 57. BNJ 5% Ca 35 HST

A1B2	12.65	17.96	a
A1B1	15.21	20.52	a
A0B1	15.59	20.9	a
A2B1	15.62	20.94	a
A2B0	15.79	21.1	a
A0B0	16.17	21.48	a
A0B2	16.52	21.83	a
A1B0	16.61	21.93	a
A2B2	16.96	22.27	a
BNJ 5%		5.31	

Tabel 58. ANOVA Ca 42 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	22.32	2.7902	3.04	0.024
Galat	18	16.5	0.9166		
Total	26	38.82			

Tabel 59. BNJ 5% Ca 42 HST

A2B1	14.77	17.51	a
A2B0	14.81	17.55	a
A1B2	15.04	17.77	a
A1B1	15.55	18.28	a
A2B2	16.01	18.75	a
A0B2	16.63	19.37	a
A1B0	16.92	19.66	a
A0B0	16.94	19.68	a
A0B1	17.12	19.86	a
BNJ 5%		2.74	

Tabel 60. ANOVA Ca 49 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	52.12	6.51	6.81	<.001
Galat	18	17.22	0.96		
Total	26	69.34			

Tabel 61. BNJ 5% Ca 49 HST

A2B0	11.65	14.45	a
A1B1	11.89	14.69	ab
A1B2	12.59	15.38	abc
A2B2	12.7	15.5	abcd
A2B1	12.89	15.68	abcde
A1B0	13.99	16.79	abcdef
A0B2	14.62	17.42	bcd
A0B1	14.83	17.63	cdef
A0B0	16	18.8	f
BNJ 5%		2.80	

Lampiran 5. ANOVA dan BNJ 5% KTK

Tabel 62. ANOVA KTK 49 HST

SK	dB	JK	KT	F Hitung	F Tabel
Perlakuan	8	2.5667	0.3208	2.12	0.088
Galat	18	2.72	0.1511		
Total	26	5.2867			

Tabel 63. BNJ 5% KTK 49 HST

A0B0	11.27	12.56	a
A0B2	11.53	12.82	a
A0B1	11.60	12.89	a
A1B1	11.63	12.92	a
A1B0	11.63	12.92	a
A2B2	12.00	13.29	a
A2B0	12.07	13.36	a
A1B2	12.17	13.46	a
A2B1	12.20	13.49	a
BNJ 5%		1.29	

Lampiran 6. ANOVA dan BNJ 5% Jumlah Daun

Tabel 64. ANOVA Jumlah Daun 7 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	16	2	2.57	0.046
Galat	18	14	0.7778		
Total	26	30			

Tabel 65. BNJ 5% Jumlah Daun 7 HST

A0B0	1	3	a
A1B0	1	3	a
A2B0	2	4	a
A1B1	2	5	a
A2B1	2	5	a
A2B2	2	5	a
A0B1	3	5	a
A0B2	3	5	a
A1B2	3	5	a
BNJ 5%		2.52	

Tabel 66. ANOVA Jumlah Daun 14 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	10.2963	1.287	2.48	0.052
Galat	18	9.3333	0.5185		
Total	26	19.6296			

Tabel 67. BNJ 5% Jumlah Daun 14 HST

A0B0	2	4	a
A2B0	2	4	a
A1B0	3	5	a
A0B1	4	6	a
A0B2	4	6	a
A1B1	4	6	a
A1B2	4	6	a
A2B2	4	6	a
A2B1	4	6	a
BNJ 5%		2.06	

Tabel 68. ANOVA Jumlah Daun 21 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	16.2963	2.037	3.93	0.008
Galat	18	9.3333	0.5185		
Total	26	25.6296			

Tabel 69. BNJ 5% Jumlah Daun 21 HST

A2B0	4	6	a
A0B0	4	6	a
A1B0	4	6	a
A0B1	6	8	a
A0B2	6	8	a
A2B2	6	8	a
A1B1	6	8	a
A1B2	6	8	a
A2B1	6	8	a
BNJ 5%		2.06	

Tabel 70. ANOVA Jumlah Daun 28 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	18.6667	2.3333	5.25	0.002
Galat	18	8	0.4444		
Total	26	26.6667			

Tabel 71. BNJ 5% Jumlah Daun 28 HST

A1B0	5	7	a
A0B0	5	7	a
A2B0	5	7	a
A2B2	6	8	a
A0B2	6	8	a
A1B1	6	8	a
A1B2	7	9	a
A0B1	7	9	a
A2B1	7	9	a
BNJ 5%		1.91	

Tabel 72. ANOVA Jumlah Daun 35 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	22.5185	2.8148	4.75	0.003
Galat	18	10.6667	0.5926		
Total	26	33.1852			

Tabel 73. BNJ 5% Jumlah Daun 35 HST

A0B0	6	8	a
A2B0	6	9	ab
A1B0	7	9	ab
A2B2	7	9	ab
A0B2	7	10	ab
A1B2	7	10	ab
A0B1	8	10	ab
A1B1	8	11	ab
A2B1	9	11	b
BNJ 5%		2.20	

Tabel 74. ANOVA Jumlah Daun 42 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	26.7407	3.3426	6.45	<.001
Galat	18	9.3333	0.5185		
Total	26	36.0741			

Tabel 75. BNJ 5% Jumlah Daun 42 HST

A1B0	7	9	a
A0B0	7	9	a
A2B0	7	9	a
A0B2	8	10	a
A1B2	9	11	a
A2B2	9	11	a
A0B1	9	11	a
A1B1	9	11	a
A2B1	9	11	a
BNJ 5%		2.06	



Tabel 76. ANOVA Jumlah Daun 49 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	78.5185	9.8148	11.52	<.001
Galat	18	15.3333	0.8519		
Total	26	93.8519			

Tabel 77. BNJ 5% Jumlah Daun 49 HST

A0B0	8	11	a
A0B1	10	12	ab
A0B2	10	12	abc
A1B0	10	12	abcd
A2B0	10	13	abcde
A1B2	12	15	bcde
A2B1	12	15	bcde
A2B2	13	15	e
A1B1	13	16	e
BNJ 5%		2.64	

Lampiran 7. ANOVA dan BNJ 5% Tinggi Tanaman

Tabel 78. ANOVA Tinggi Tanaman 7 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	164.4	20.6	1.39	0.268
Galat	18	267.1	14.8		
Total	26	431.5			

Tabel 79. BNJ 5% Tinggi Tanaman 7 HST

A0B0	4.33	15.35	a
A1B0	6.03	17.05	a
A2B0	6.67	17.69	a
A1B1	9.17	20.19	a
A0B1	10.60	21.62	a
A2B2	10.73	21.75	a
A2B1	10.83	21.85	a
A0B2	10.90	21.92	a
A1B2	11.50	22.52	a
BNJ 5%		11.02	

Tabel 80. ANOVA Tinggi Tanaman 14 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Perlakuan
Perlakuan	8	1176.4	147.1	3.71	0.01
Galat	18	713.93	39.66		
Total	26	1890.3			

Tabel 81. BNJ 5% Tinggi Tanaman 14 HST

A2B0	12.20	30.22	a
A1B0	12.57	30.58	a
A0B0	16.97	34.98	a
A2B2	23.17	41.18	a
A2B1	26.83	44.85	a
A0B1	26.90	44.92	a
A0B2	28.07	46.08	a
A1B1	28.33	46.35	a
A1B2	29.83	47.85	a
BNJ 5%		18.02	

Tabel 82. ANOVA Tinggi Tanaman 21 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Perlakuan
Perlakuan	8	1226.4	153	3.15	0.021
Galat	18	876.31	48.7		
Total	26	2102.7			

Tabel 83. BNJ 5% Tinggi Tanaman 21 HST

A2B0	22.83	42.79	a
A1B0	23.17	43.13	a
A0B0	31.20	51.16	a
A0B2	37.40	57.36	a
A2B2	38.17	58.13	a
A1B2	38.20	58.16	a
A0B1	38.23	58.19	a
A1B1	39.13	59.09	a
A2B1	42.40	62.36	a
BNJ 5%		19.20	

Tabel 84. ANOVA Tinggi Tanaman 28 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	8	2017.1	252.1	3.02	0.025
Galat	18	1503.4	83.52		
Total	26	3520.5			

Tabel 85. BNJ 5% Tinggi Tanaman 28 HST

A2B0	30.30	56.44	a
A0B0	35.23	61.38	a
A1B0	36.70	62.84	a
A0B2	47.73	73.88	a
A1B1	48.30	74.44	a
A2B2	48.63	74.78	a
A1B2	51.20	77.34	a
A2B1	55.57	81.71	a
A0B1	55.60	81.74	a
BNJ 5%		26.14	

Tabel 86. ANOVA Tinggi Tanaman 35 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Perlakuan
Perlakuan	8	3088.2	386	5.68	0.001
Galat	18	1223.8	67.99		
Total	26	4312			

Tabel 87. BNJ 5% Tinggi Tanaman 35 HST

A2B0	36.73	60.32	a
A1B0	39.63	63.22	ab
A0B0	40.20	63.79	abc
A2B2	58.03	81.62	abc
A0B2	58.77	82.36	abc
A2B1	61.50	85.09	bc
A1B2	62.57	86.16	bc
A1B1	62.83	86.42	bc
A0B1	63.40	86.99	c
BNJ 5%		23.59	

Tabel 88. ANOVA Tinggi Tanaman 42 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Perlakuan
Perlakuan	8	3346.1	418.3	8.23	<.001
Galat	18	915.1	50.84		
Total	26	4261.2			

Tabel 89. BNJ 5% Tinggi Tanaman 42 HST

A2B0	43.83	64.23	a
A1B0	46.43	66.83	ab
A0B0	50.77	71.16	abc
A2B2	64.43	84.83	bcd
A0B2	65.30	85.70	bcd
A2B1	71.80	92.20	d
A1B2	71.97	92.36	d
A1B1	72.10	92.50	d
A0B1	72.13	92.53	d
BNJ 5%		20.40	

Tabel 90. ANOVA Tinggi Tanaman 49 HST

SK	dB	JK	KT	F. Hitung	F. Perlakuan
Perlakuan	8	1905	238.1	4.24	0.005
Galat	18	1011.1	56.17		
Total	26	2916.1			

Tabel 91. BNJ 5% Tinggi Tanaman 49 HST

A2B0	71.13	92.57	a
A0B0	71.67	93.11	ab
A1B0	72.67	94.11	ab
A0B2	82.43	103.87	ab
A2B2	84.53	105.97	ab
A0B1	89.00	110.44	ab
A1B2	90.50	111.94	ab
A2B1	91.13	112.57	ab
A1B1	92.90	114.34	b
BNJ 5%		21.44	

Tabel 92. Analisis P Tersedia Tanah pada Berbagai Pengamatan

No	Kode Sampel	No. Plot	Ulangan	Pengamatan Hari Ke (HST)						
				7	14	21	28	35	42	49
mg/kg										
1	A0B0	22	1	2.3	2.3	1.06	2.17	2.17	1.06	1.058
		12	2	2.16	1.51	2.29	3.27	2.16	3.27	1.054
		16	3	3.16	0.71	2.09	3.16	2.09	2.09	1.017
		14	1	1.08	1.08	7.87	1.08	1.08	4.47	1.546
2	A0B1	2	2	2.08	3.14	6.34	3.14	2.08	3.14	3.144
		25	3	0.73	4.32	6.51	2.13	2.13	1.49	0.831
		5	1	3.42	4.58	4.58	2.26	0.06	0.06	4.583
3	A0B2	15	2	2.03	2.03	4.12	2.03	0.99	0.05	0.792
		21	3	2.37	2.23	3.38	1.09	0.06	1.09	2.233
		10	1	3.21	2.12	3.21	3.21	4.29	3.21	4.292
4	A1B0	3	2	0.76	3.37	1.08	1.08	1.08	43.3	4.511
		23	3	2.18	1.06	2.18	3.3	1.18	0.06	0.045
		4	1	1.04	4.33	5.43	1.04	21.9	15.3	3.237
5	A1B1	26	2	0.76	2.23	5.66	7.95	17.1	11.4	4.517
		9	3	2.46	3.52	5.91	7.1	14.3	5.91	3.52
		8	1	0.83	4.92	4.92	1.18	11.2	4.92	4.924
6	A1B2	27	2	0.8	2.35	3.55	2.35	20.4	7.17	13.2
		17	3	0.77	2.26	4.58	2.26	2.55	6.91	4.584
		20	1	1.54	2.2	4.46	5.59	11.2	11.2	11.23
7	A2B0	7	2	0.8	1.14	5.95	1.14	3.54	8.35	5.947
		13	3	3.44	3.44	3.44	4.61	9.28	19.8	9.279
		11	1	1.08	2.21	16.9	12.4	19.2	20.3	21.48
8	A2B1	1	2	1.1	8.02	8.02	3.4	5.71	10.3	13.79
		18	3	1.59	1.11	3.44	-1.2	6.94	8.11	9.278
		19	1	1.62	2.31	5.87	1.13	9.43	24.8	24.84
9	A2B2	24	2	2.67	10.3	19.3	1.23	11.6	23.2	29.66
		6	3	0.77	3.42	5.74	1.1	24.3	24.3	23.12

Tabel 93. Analisis Ca-dd Tanah pada Berbagai Pengamatan

No	Kode Sampel	No. Plot	Ulangan	Pengamatan Hari Ke (HST)						
				7	14	21	28	35	42	49
cmol/kg										
1	A0B0	22	1	16.8	16.6	15.1	14.8	17	17.1	16.11
		12	2	16.6	16.3	16	14.6	15.8	16.8	16.31
		16	3	15.9	15.4	15.7	18	15.7	16.9	15.59
		14	1	18	17	14.9	14.9	17.7	17.8	16.31
2	A0B1	2	2	16.2	15	16.3	13.9	16.6	16.6	14.07
		25	3	16.1	13.3	12.5	13.4	12.5	16.9	14.12
		5	1	16.9	16.8	15.6	15.6	19.8	17.1	16.44
3	A0B2	15	2	16.2	16.5	16.5	13.5	15.2	17.4	13.21
		21	3	14.4	15.8	16.2	15.7	14.6	15.4	14.23
		10	1	16.8	16.7	16.4	15.8	18.1	16.5	13.68
4	A1B0	3	2	20.1	20.1	18.5	17.2	18	17.2	14.11
		23	3	18.6	17.9	13.7	14.8	13.7	17.1	14.17
		4	1	16.3	14.2	14.3	15.3	16	16.1	12.51
5	A1B1	26	2	17	17.1	14.1	15	15.8	15.5	12.97
		9	3	16.4	15	15.5	14.5	13.9	15	10.19
		8	1	22.3	18.1	17	17	13.8	16.8	12.34
6	A1B2	27	2	19.2	14.2	13.9	14.6	10.1	14.9	12.57
		17	3	18.7	15.1	14.6	14.4	14	13.4	12.84
		20	1	17.3	16.6	15.6	14.5	15.1	14	11.12
7	A2B0	7	2	17.3	17.1	16.3	14.7	16.6	14.7	11.76
		13	3	19	14.8	15.9	14.3	15.7	15.7	12.09
		11	1	16.6	13.6	14.9	13.2	15.3	15.3	12.55
8	A2B1	1	2	17.1	12.5	16.1	13.2	15.7	15.7	12.98
		18	3	16.9	14.2	16.2	12.6	15.9	13.3	13.13
		19	1	16.4	16.3	15.5	13.3	15.7	15.2	12.83
9	A2B2	24	2	20.9	17.4	17.2	18.4	18	17	13.82
		6	3	19.2	17.3	17	16.6	17.2	15.9	11.44

Tabel 94. Analisis pH Tanah pada Berbagai Pengamatan

No	Kode Sampel	No. Plot	Ulangan	Pengamatan Hari Ke (HST)						
				7	14	21	28	35	42	49
1	A0B0	22	1	6.99	7.01	6.95	6.92	6.97	6.97	6.964
		12	2	7.12	7.02	6.92	6.94	6.98	6.99	6.997
		16	3	7.29	7.09	6.91	6.79	6.88	6.83	6.992
		14	1	7	6.81	5.85	6.75	6.13	6.03	6.814
2	A0B1	2	2	6.99	6.86	6.94	6.73	6.23	5.9	6.898
		25	3	7	6.9	6.96	6.89	6.63	6.46	6.957
		5	1	7.24	6.82	6.77	5.84	6.65	6.2	6.735
3	A0B2	15	2	7.71	5.81	6.75	6.73	6.83	6.09	6.931
		21	3	8.02	6.07	6.65	6.81	6.57	6.28	6.892
		10	1	6.89	6.65	6.57	5.72	6.13	6.71	6.844
4	A1B0	3	2	7.08	6.85	5.89	6.64	6.65	6.7	6.795
		23	3	7.06	6.96	6.29	5.85	6.77	6.75	6.712
		4	1	7.19	6.85	6.9	6.45	6.39	6.77	6.626
5	A1B1	26	2	7.21	6.98	6.89	6.68	6.34	6.77	6.725
		9	3	7.3	5.9	6.86	6.66	6.71	6.55	6.593
		8	1	7.35	6.7	6.84	6.52	6.66	6.58	6.552
6	A1B2	27	2	7.3	6.55	6.71	5.95	6.63	6.5	6.421
		17	3	7.31	6.72	6.69	6.3	6.2	6.35	6.394
		20	1	7.38	6.88	6.99	6.32	6.18	6.29	6.363
7	A2B0	7	2	7.39	6.96	6.81	5.98	6.27	6.12	6.616
		13	3	7.27	6.9	6.68	6.22	6.27	6.28	6.482
		11	1	6.8	6.8	6.87	5.87	6.45	6.32	6.248
8	A2B1	1	2	6.98	6.92	6.93	6.56	6.32	6.42	6.386
		18	3	7.06	6.94	6.91	6.58	6.67	6.39	6.407
		19	1	7.01	6.82	6.74	6.44	6.29	6.35	6.351
9	A2B2	24	2	7.22	6.73	6.62	6.45	6.28	6.26	5.265
		6	3	7.02	6.99	6.89	6.56	6.38	6.44	6.293

Tabel 95. Tinggi Tanaman Jagung pada Berbagai Pengamatan

No	Kode Sampel	No. Plot	Ulangan	Pengamatan Hari Ke (HST)						
				7	14	21	28	35	42	49
(cm)										
1	A0B0	22	1	6.00	24.50	34.20	36.00	39.00	52.00	71.00
		12	2	6.00	19.10	32.10	34.40	40.00	50.20	72.00
		16	3	1.00	7.30	27.30	35.30	41.60	50.10	72.00
		14	1	3.20	14.70	27.40	37.50	44.50	59.40	81.00
2	A0B1	2	2	13.20	30.00	40.00	65.20	73.70	79.40	95.00
		25	3	15.40	36.00	47.30	64.10	72.00	77.60	91.00
		5	1	10.60	25.40	38.00	56.00	60.20	70.00	88.00
3	A0B2	15	2	10.90	27.80	38.20	43.20	65.10	70.00	80.00
		21	3	11.20	31.00	36.00	44.00	51.00	55.90	79.30
		10	1	2.00	9.60	26.40	40.00	42.00	48.00	72.00
4	A1B0	3	2	7.60	9.50	19.10	32.10	33.90	42.80	73.00
		23	3	8.50	18.60	24.00	38.00	43.00	48.50	73.00
		4	1	12.40	32.00	33.60	44.60	59.70	71.50	90.40
5	A1B1	26	2	11.90	30.50	38.00	52.30	64.20	72.40	94.00
		9	3	3.20	22.50	45.80	48.00	64.60	72.40	94.30
		8	1	13.20	37.00	43.50	56.00	70.00	81.60	97.00
6	A1B2	27	2	88.90	26.50	36.00	49.20	55.40	59.80	80.20
		17	3	12.40	26.00	35.10	48.40	62.30	74.50	94.30
		20	1	13.20	17.50	30.00	37.00	41.50	51.00	79.70
7	A2B0	7	2	1.20	13.00	24.50	28.90	40.00	45.30	82.90
		13	3	5.60	6.10	14.00	25.00	28.70	35.20	50.80
		11	1	12.10	25.60	49.70	67.10	68.20	79.40	94.50
8	A2B1	1	2	10.20	29.00	44.50	62.60	67.30	68.00	89.30
		18	3	10.20	25.90	33.00	37.00	49.00	68.00	89.60
		19	1	10.30	28.00	50.30	52.50	63.00	69.60	83.10
9	A2B2	24	2	10.50	18.50	32.00	37.10	51.10	59.30	89.80
		6	3	11.40	23.00	32.20	56.30	60.00	64.40	80.70

Tabel 96. Jumlah Daun Tanaman Jagung pada Berbagai Pengamatan

No	Kode Sampel	No. Plot	Ulangan	Pengamatan Hari Ke (HST)						
				7	14	21	28	35	42	49
(helai)										
1	A0B0	22	1	0	2	4	5	6	7	8
		12	2	2	3	5	5	6	7	9
		16	3	0	2	4	5	5	7	8
		14	1	2	3	5	6	7	8	10
2	A0B1	2	2	3	4	7	8	8	9	9
		25	3	3	4	5	7	9	10	10
		5	1	2	3	5	6	6	8	10
3	A0B2	15	2	3	4	6	6	8	8	10
		21	3	3	4	6	6	8	8	9
		10	1	0	2	4	5	7	6	9
4	A1B0	3	2	0	3	4	4	6	7	10
		23	3	2	3	5	5	7	7	10
		4	1	2	4	6	6	9	9	13
5	A1B1	26	2	3	4	6	6	8	9	13
		9	3	2	3	6	6	8	10	14
		8	1	2	4	6	8	8	10	14
6	A1B2	27	2	3	3	6	6	7	8	12
		17	3	3	4	6	6	7	8	12
		20	1	3	3	4	5	7	8	11
7	A2B0	7	2	2	3	5	5	7	7	10
		13	3	0	1	3	5	5	6	9
		11	1	2	5	7	8	9	10	14
8	A2B1	1	2	3	4	6	7	9	9	12
		18	3	2	3	5	6	8	9	11
		19	1	3	4	6	6	7	8	12
9	A2B2	24	2	2	3	5	5	7	9	12
		6	3	2	4	6	6	7	9	14

Tabel 97. KTK Tanah pada Berbagai Pengamatan

No	Kode Sampel	No. Plot	Ulangan	Pengamatan Hari Ke (HST)		
				Blanko	7	49
			(ml)			
1	A0B0	22	1	14.20	10.90	11.10
		12	2	14.20	10.80	11.40
		16	3	14.20	10.90	11.30
		14	1	14.20	10.80	11.60
2	A0B1	2	2	14.20	10.50	11.70
		25	3	14.20	10.70	11.50
		5	1	14.20	11.00	11.50
3	A0B2	15	2	14.20	10.50	11.50
		21	3	14.20	10.50	11.60
		10	1	14.20	10.90	11.60
4	A1B0	3	2	14.20	10.80	12.00
		23	3	14.20	10.90	11.30
		4	1	14.20	11.00	11.50
5	A1B1	26	2	14.20	10.70	11.80
		9	3	14.20	10.40	11.60
		8	1	14.20	10.80	12.10
6	A1B2	27	2	14.20	10.70	11.90
		17	3	14.20	11.00	12.50
		20	1	14.20	11.00	12.60
7	A2B0	7	2	14.20	10.80	11.90
		13	3	14.20	11.00	11.70
		11	1	14.20	10.80	11.90
8	A2B1	1	2	14.20	10.60	11.50
		18	3	14.20	10.40	13.20
		19	1	14.20	11.00	12.30
9	A2B2	24	2	14.20	10.70	11.90
		6	3	14.20	10.60	11.80

Lampiran 8. Dokumentasi Tanaman Tiap Pengamatan

	
7 HST	14 HST
	
21 HST	28 HST
	
35 HST	49 HST

Lampiran 9. Perhitungan dosis biochar dan serasah

1. Perhitungan kebutuhan biochar

Diketahui:

Dosis biochar rekomendasi sebesar 20 ton = 20,000 kg

Berat tanah per polibag setara 5 kg

Perhitungan:

$$\text{Jumlah takaran biochar} = \frac{5 \text{ kg/polibag}}{2.62 \times 10^6} \times 20,000 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Per polibag} &= 0.03817 \text{ kg/polibag} \\ &= 38.17 \text{ gram/polibag} \end{aligned}$$

Jadi takaran biochar sebesar 38.17 gram/polibag

2. Perhitungan kebutuhan serasah

Diketahui:

Dosis serasah rekomendasi sebesar 40 ton = 40,000 kg

Berat tanah per polibag setara 5 kg

Perhitungan:

$$\text{Jumlah takaran serasah} = \frac{5 \text{ kg/polibag}}{2.62 \times 10^6} \times 40,000 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Per polibag} &= 0.08588 \text{ kg/polibag} \\ &= 85.88 \text{ gram/polibag} \end{aligned}$$

Jadi takaran serasah sebesar 85.88 gram/polibag