

**PENGARUH BIOCHAR SERASAH TEBU, ABU KETEL DAN PUPUK
KANDANG SAPI TERHADAP SIFAT FISIKOKIMIA TANAH BERPASIR
SERTA PERTUMBUHAN TEBU (*Saccharum officinarum* L.)
DI ASEMBAGUS, SITUBONDO**

Oleh

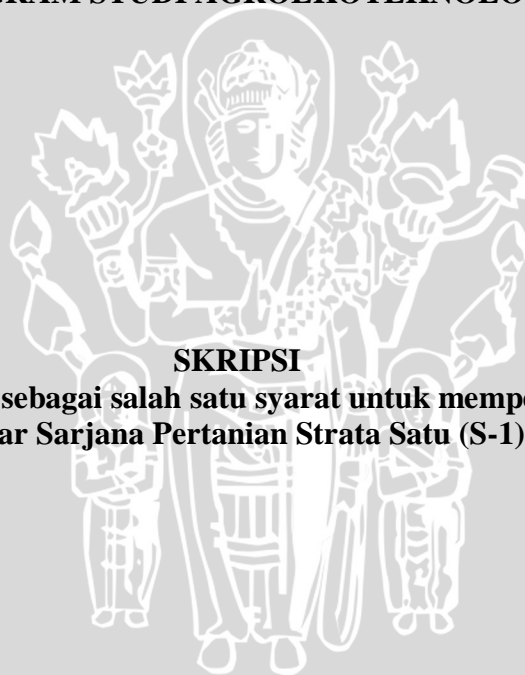
**KUSTANTI WAHYU UTAMI
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**



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

**PENGARUH BIOCHAR SERASAH TEBU, ABU KETEL DAN PUPUK
KANDANG SAPI TERHADAP SIFAT FISIKOKIMIA TANAH BERPASIR
SERTA PERTUMBUHAN TEBU (*Saccharum officinarum* L.)
DI ASEMBAGUS, SITUBONDO**

Oleh
KUSTANTI WAHYU UTAMI
0910480100
**MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**



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

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

PERNYATAAN

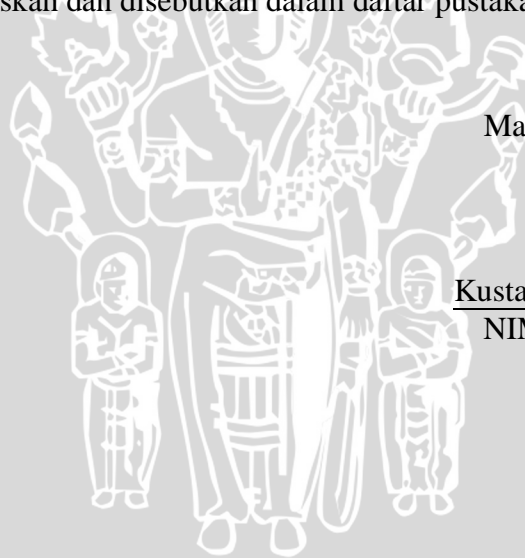
Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Kustanti Wahyu Utami
NIM : 0910480100
Program Studi/Jurusan : Agroekoteknologi/Tanah

Dengan ini saya menyatakan skripsi yang berjudul "Pengaruh Biochar Serasah Tebu, Abu Ketel dan Pupuk Kandang Sapi terhadap Sifat Fisikokimia Tanah Berpasir serta Pertumbuhan Tebu (*Saccharum officinarum* L.) di Asembagus Situbondo", merupakan karya tulis yang saya buat sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjana di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Mei 2014

Kustanti Wahyu Utami
NIM. 0910480100



Judul Penelitian : **PENGARUH BIOCHAR SERASAH TEBU, ABU KETEL DAN PUPUK KANDANG SAPI TERHADAP SIFAT FISIKOKIMIA TANAH BERPASIR SERTA PERTUMBUHAN TEBU (*Saccharum officinarum* L.) DI ASEMBAGUS, SITUBONDO**

Nama Mahasiswa : **KUSTANTI WAHYU UTAMI**

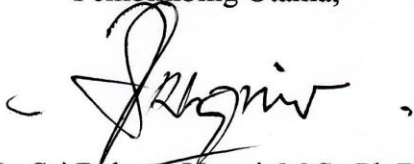
NIM : 0910480100

Jurusan : TANAH

Minat : MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN

Menyetujui : DOSEN PEMBIMBING

Pembimbing Utama,



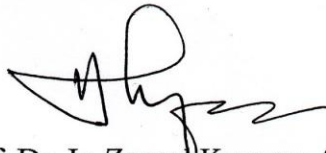
Ir. Sri Rahayu Utami, M.Sc Ph.D.
NIP. 19611028 198701 2 001

Pembimbing Pendamping,



Ir. Budi Hariyono, MP.
NIP. 19630912 198903 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Tanah



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

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

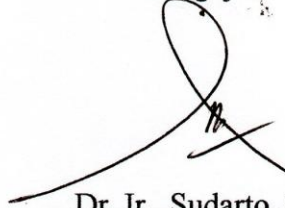
MAJELIS PENGUJI

Penguji I



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

Penguji II



Dr. Ir. Sudarto, MS.
NIP. 19560317 198303 1 003

Penguji III



Ir. Sri Rahayu Utami, M.Sc Ph.D.
NIP. 19611028 198701 2 001

Penguji IV



Ir. Budi Hariyono, MP.
NIP. 19630912 198903 1 001

Tanggal Lulus :

Skripsi ini Kupersembahkan untuk Kedua Orang Tua tercinta,
Adikku Tersayang Zuliya Kumalafuri
serta Teman-teman Seperjuangan Soiler FP-UB



RINGKASAN

Kustanti Wahyu Utami. 0910480100. Pengaruh Biochar Serasah Tebu, Abu Ketel dan Pupuk Kandang Sapi terhadap Sifat Fisikokimia Tanah Berpasir serta Pertumbuhan Tebu (*Saccharum officinarum* L.) di Asembagus Situbondo. Di Bawah Bimbingan Sri Rahayu Utami dan Budi Hariyono.

Tebu dapat dibudidayakan pada lahan basah dan kering. Situbondo ialah salah satu daerah pengembangan usaha budidaya tebu di lahan kering dengan kondisi tanah didominasi oleh fraksi pasir yang mempunyai ciri-ciri kadar air tersedia dan unsur hara rendah. Di lain pihak, serasah tebu yang didominasi oleh daun tebu kering umumnya dibakar, praktek pembakaran dalam jangka panjang selain menyumbang emisi karbon juga dapat menyebabkan degradasi lahan dalam kandungan hara dan kesuburan tanah. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah mengembalikan serasah tebu ke dalam tanah dalam bentuk biochar. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba menguji pengaruh biochar terhadap sifat fisikokimia tanah dan pertumbuhan tebu sebagai pembanding digunakan juga bahan pembenah tanah berupa abu ketel dan pupuk kandang sapi.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan 6 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan terdiri dari P0 (tanpa bahan pembenah tanah), P1 (biochar serasah tebu 10 t ha⁻¹), P2 (abu ketel 10 t ha⁻¹), P3 (pupuk kandang sapi 10 t ha⁻¹), P4 (biochar serasah tebu 5 t ha⁻¹ dan pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹), dan P5 (abu ketel 5 t ha⁻¹ dan pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi biochar serasah tebu, abu ketel dan pupuk kandang sapi dapat memperbaiki sifat fisikokimia tanah berpasir hingga 18 MSP (Minggu Setelah Perlakuan). Hasil terbaik dalam memperbaiki sifat fisikokimia tanah secara menyeluruh terjadi pada perlakuan penambahan 10 t ha⁻¹ pupuk kandang sapi (P3). Pemberian 10 t ha⁻¹ pupuk kandang sapi mampu menurunkan nilai berat isi tanah sebesar 2,95%, meningkatkan porositas total tanah sebesar 12%, kadar air tersedia 18%, memperbaiki kemantapan agregat tanah hingga 79%, meningkatkan kandungan karbon organik tanah sebesar 36,81%, kapasitas tukar kation sebesar 22,13% dan kejenuhan basa sebesar 11,15%. Pemberian biochar serasah tebu, abu ketel dan pupuk kandang sapi belum mampu meningkatkan pertumbuhan tebu hingga fase pembentukan batang.

SUMMARY

Kustanti Wahyu Utami. 0910480100. Effect of Sugarcane Litter Biochar, Boiler Ash and Cow Manure on Physicochemical of Sandy Soil and Growth of Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) in Asembagus Situbondo. Supervised by Sri Rahayu Utami dan Budi Hariyono.

Sugarcane can be grown on wetland and dryland. Situbondo is one of the development of the cultivation of sugarcane on dryland with soil condition dominated by sand fraction that have characteristics of low available water content and nutrients. On the other hand, sugarcane litter dominated by dry sugarcane leaves are generally burned, the practice of burning over the long term in addition to contributing carbon emissions can also lead to land degradation in the nutrient content and soil fertility. One alternative that can be done is to restore sugarcane litter into the soil in the form of biochar. Therefore, this study tries to test the effect of biochar on soil physicochemical properties and growth of sugarcane as comparison materials such as boiler ash and cow manure.

This study used a randomized block design with 6 treatments and 3 replications. Treatment consists of P0 (without soil amendment), P1 (sugarcane litter biochar $t\ ha^{-1}$), P2 (boiler ash $10\ t\ ha^{-1}$), P3 (cow manure $10\ t\ ha^{-1}$), P4 (sugarcane litter biochar $5\ t\ ha^{-1}$ and cow manure $5\ t\ ha^{-1}$), and P5 (boiler ash $5\ t\ ha^{-1}$ and cow manure $5\ t\ ha^{-1}$).

The results showed that application of sugarcane leaves litter biochar, boiler ash and cow manure can improve sandy soil physicochemical properties to the 18 WAT (*Week After Treatment*). The best results in improving overall soil physicochemical properties occur in the addition treatment cow manure $10\ t\ ha^{-1}$. Provision of cow manure $10\ t\ ha^{-1}$ can reduce soil bulk density as 2,95%, increasing the total soil porosity of 12%, 18% water content available, fixing soil aggregate stability by 79%, increase soil organic carbon content by 36,81%, cation exchange capacity of 22,13% and 11,15% of base saturation. Provision of sugarcane leaves litter biochar, boiler ash and cow manure has not been able to increase the growth of sugarcane to the phase formation of the stem.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat, taufik dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Pengaruh Biochar Serasah Tebu, Abu Ketel dan Pupuk Kandang Sapi terhadap Sifat Fisikokimia Tanah Berpasir serta Pertumbuhan Tebu (*Saccharum officinarum* L.) di Asembagus Situbondo".

Atas terselesaikannya laporan skripsi ini, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ir. Sri Rahayu Utami, M.Sc. Ph.D. dan Ir. Budi Hariyono, MP selaku pembimbing yang telah membimbing, memberikan dukungan, saran, nasihat dan mengarahkan penulis selama proses penyusunan skripsi hingga selesai,
2. Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU selaku Ketua Jurusan Tanah,
3. Dosen dan staf Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang,
4. Staf Kebun Percobaan Balittas Asembagus, Situbondo dan Tim Peneliti Balittas Malang,
5. Orang tua tercinta Kuswardoyo dan Tuti Hariyati, serta adikku Zuliya Kumalafuri dan juga keluarga besar M. Zaenal Arifin yang telah memberikan dukungan baik materiil maupun moril, dan
6. Teman-teman di Jurusan Tanah, terutama SOILER 2009, terima kasih atas dukungan, perhatian, bantuan dan kenangan indah selama ini, serta semua pihak yang turut berpartisipasi atas terselesaikan tugas akhir penulis.

Dalam segala kekurangan dan keterbatasan, penulis berharap skripsi ini memberikan manfaat bagi para pembaca.

Malang, Mei 2014

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Lamongan pada tanggal 6 Juli 1991 putri sulung dari pasangan Kuswardoyo dan Tuti Hariyati. Penulis memulai pendidikan dasar di SD Negeri Tlanak 1 (1997-2003), kemudian melanjutkan ke SMP Negeri 1 Kedungpring (2003-2006), dan melanjutkan ke SMA Negeri 1 Kedungpring (2006-2009). Penulis menjadi mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya pada tahun 2009 melalui jalur PSB.

Selama menjadi mahasiswa Fakultas Pertanian, penulis aktif dalam kegiatan organisasi di antaranya Forum Studi Islam Insan Kamil (FORSIKA), sebagai sekretaris Departemen Finansial Dakwah periode 2009-2012, Pekan Riset dan Kajian Ilmiah Mahasiswa (PRISMA), sebagai Staf Departemen LitBang periode 2010-2011. Penulis juga aktif dalam kegiatan kepanitian Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah (HMIT). Dalam masa studi penulis mengukir prestasi pada kompetisi nasional di antaranya Juara 1 *Soil Judging Contest* dalam acara Pekan Ilmiah Mahasiswa Ilmu Tanah Nasional (PILMITANAS) 2011 di IPB, Bogor, Juara 1 *Land Judging Contest* dalam Forum Komunikasi Mahasiswa Ilmu Tanah Indonesia Wilayah III (FOKUSHIMITI DAYS) 2012 di UGM, Yogyakarta, dan pada tahun 2012 penulis memperoleh pendanaan DIKTI pada Program Kreativitas Mahasiswa Pengabdian Masyarakat (PKM-M) Dengan Judul "Introduction Of Sorghum Cultivation, Solusi Efektif Pengelolaan Lahan Kritis Dan Permasalahan Diversifikasi Pangan Guna Meningkatkan Perekonomian Desa (Pilot Project Desa Rejosari, Kabupaten Malang)".

Selain kegiatan organisasi, penulis aktif dalam kegiatan akademis sebagai asisten praktikum mata kuliah di antaranya adalah Asisten Dasar Ilmu Tanah (2009), Koordinator Asisten Dasar Ilmu Tanah (2011), Asisten Dasar Biokimia (2011), Asisten Teknologi Pupuk dan Pemupukan (2011), Asisten Survei Tanah dan Evaluasi Lahan (2012), mengikuti kegiatan magang kerja selama tiga bulan di PT. Astra Agro Lestari wilayah Sulawesi Barat (2012) dan Asisten Tanah-tanah Utama Indonesia (2013).

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Hipotesis	3
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Karakteristik Tebu.....	5
2.2 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan dan Produksi Tebu	7
2.3 Tanah Berpasir dan Permasalahannya	8
2.4 Peran Bahan Organik terhadap Kesuburan Tanah	9
2.5 Karakteristik Biochar	11
2.6 Peranan Biochar terhadap Sifat Fisika Tanah	13
2.7 Peranan Biochar terhadap Sifat Kimia Tanah.....	14
III METODE PENELITIAN	16
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	16
3.2 Rancangan Percobaan Penelitian	16
3.3 Pelaksanaan Penelitian	16
3.4 Analisis Data	20
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Pengaruh Bahan Pembena Tanah terhadap Sifat Fisika Tanah.....	22
4.2 Pengaruh Bahan Pembena Tanah terhadap Sifat Kimia Tanah	30
4.3 Pengaruh Bahan Pembena Tanah terhadap Pertumbuhan Tebu	34
4.4 Pembahasan Umum	36
V KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN.....	46

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Konsentrasi Unsur Hara Beberapa Sumber Pupuk Kandang (Tan, 1993)....	9
2.	Perlakuan Penelitian.....	16
3.	Parameter, Metode dan Waktu Pengamatan	21
4.	Pengaruh Bahan Pembena Tanah terhadap Sifat Fisika Tanah pada 18 Minggu Setelah Perlakuan (MSP)	22
5.	Rerata Jumlah Tetes Air untuk Memecahkan dan Menghancurkan Agregat Tanah pada 6, 12 dan 18 Minggu Setelah Perlakuan (MSP)	26
6.	Pengaruh Bahan Pembena Tanah terhadap Kadar Karbon Organik.	30
7.	Pengaruh Bahan Pembena Tanah terhadap Kapasitas Tukar Kation.	32
8.	Pengaruh Bahan Pembena Tanah terhadap Kejenuhan Basa.....	33



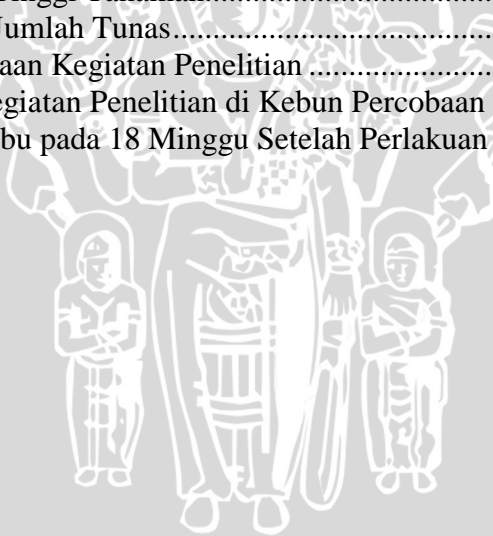
DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Alur Pikir Penelitian.....	4
2.	Akar Baru Berkembang setelah Batang Tebu Ditanam (Humbert, 1968)....	6
3.	Tanaman Tebu Varietas Bululawang (P3GI, 2013).....	7
4.	Konseptual Sekuestrasi Karbon oleh Pirolisis Biomassa (Biochar) (Lehman, 2007).....	12
5.	Nilai Berat Isi Tanah Relatif terhadap Kontrol.....	23
6.	Nilai Porositas Total Tanah Relatif terhadap Kontrol	24
7.	Kadar Air Tersedia Relatif terhadap Kontrol.....	25
8.	Stabilitas Agregat pada Tanah Pasir (Forster,1990).....	27
9.	Contoh Struktur Tanah yang Diambil pada Kedalaman 45 cm pada Pengamatan 6 MSP, 12 MSP dan 18 MSP (dari kiri ke kanan).....	29
10.	Pengaruh Bahan Pembena Tanah terhadap Tinggi Tebu.....	34
11.	Pengaruh Bahan Pembena Tanah terhadap Jumlah Tunas Tebu	36



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Denah Percobaan.....	47
2.	Sketsa Juring dalam Petak Percobaan dan Jarak Tanam atau Jarak Pusat ke Pusat (PKP)	48
3.	Pembuatan Biochar Serasah Tebu.....	49
4.	Perhitungan Kebutuhan Bahan Pembenah Tanah.....	50
5.	Perhitungan Kebutuhan Pupuk Phonska dan ZA.....	51
6.	Deskripsi Profil Tanah.	52
7.	Analisa Dasar Tanah dan Bahan Organik.....	53
8.	Tabel ANOVA Berat Isi.	54
9.	Tabel ANOVA Porositas Total.....	55
10.	Tabel ANOVA Kadar Air Tersedia	56
11.	Tabel ANOVA Agregat Tanah.....	57
12.	Tabel ANOVA Karbon Organik dan Bahan Organik.....	58
13.	Tabel ANOVA Kapasitas Tukar Kation dan Kejenuhan Basa	59
14.	Tabel ANOVA Tinggi Tanaman.....	60
15.	Tabel ANOVA Jumlah Tunas.....	61
16.	Jadwal Pelaksanaan Kegiatan Penelitian	62
17.	Dokumentasi Kegiatan Penelitian di Kebun Percobaan Asembagus.....	63
18.	Dokumentasi Tebu pada 18 Minggu Setelah Perlakuan	64



I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gula merupakan komoditas pangan kedua yang paling banyak diproduksi. Produksi gula Indonesia tidak lagi dapat memenuhi kebutuhan konsumsi. Pada tahun 2006 produksi gula Indonesia hanya 2.267.000 ton, jauh lebih rendah dibandingkan dengan Thailand yang mencapai 54.149.000 ton dan Filipina yang mencapai 24.345.000 ton (United Nations, 2007). Di Indonesia, tebu dapat dibudidayakan pada lahan sawah atau bekas sawah dan lahan kering. Budidaya tebu lahan kering umumnya dilakukan di kebun tebu berbentuk hak guna usaha (HGU) yang dikelola oleh pabrik-pabrik gula (Ditjenbun, 2007).

Asembagus, Situbondo merupakan daerah pengembangan usaha budidaya tebu di lahan kering. Asembagus merupakan daerah yang gersang, sehingga ketersediaan air bagi tanaman sangat bergantung pada air hujan dan irigasi. Selain itu lahan pertanian Asembagus merupakan lahan berpasir (Cholis, 2009). Faktor pembatas kualitas kesuburan tanah berpasir adalah kandungan unsur hara dan kapasitas menahan air (*water holding capacity*) yang rendah (Farrington dan Campbell, 1970).

Salah satu upaya dalam meningkatkan kesuburan tanah dan menjaga ketersediaan air tanah adalah dengan menambahkan bahan perekat tanah (*soil cementing agents*), seperti klei dan bahan organik. Bahan organik tanah mampu meningkatkan kesuburan dan dapat memperbaiki sifat fisika, kimia serta biologi tanah (Hardjowigeno, 1987). Permasalahan utama dalam pengelolaan bahan organik tanah pada tanah tropika adalah tingkat pelapukan bahan organik berlangsung sangat cepat, sehingga bahan organik harus diberikan secara berulang setiap musim (Masulili *et al.*, 2010).

Banyak pakar tertarik mencoba memanfaatkan bahan organik tahan dekomposisi yang kemudian dikenal dengan nama "biochar" sebagai sumber bahan organik untuk pertanian. Biochar disebut juga dengan "agrichar" sementara ini didefinisikan sebagai bahan yang dihasilkan dari pembakaran biomassa pada kondisi tanpa oksigen atau oksigen terbatas dan digunakan sebagai bahan

pembenah tanah. Perbedaan mendasar antara biochar dengan bahan organik adalah tingkat ketahanan yang lebih tinggi terhadap proses dekomposisi.

Pengembangan biochar dari biomassa yang banyak mengandung lignoselulosa seperti daun tebu kering adalah satu dari beberapa energi alternatif potensial untuk diaplikasikan di Indonesia. Serasah hasil tebang di lahan tebu dapat mencapai 20-25 t ha⁻¹ (Toharisman, 1991). Serasah tebu yang didominasi oleh daun tebu kering umumnya dibakar, praktek pembakaran dalam jangka panjang selain menyumbang emisi karbon juga dapat menyebabkan degradasi lahan dalam kandungan hara organik dan kesuburan tanah. Islami *et al.* (2011) menyatakan bahwa biochar memiliki pengaruh positif terhadap perbaikan indeks mutu tanah (IMT).

Potensi biochar dalam perbaikan kesehatan tanah khususnya di daerah tropika basah sudah mulai banyak diungkap para peneliti (Chan *et al.*, 2008), tetapi kajian di lahan kering semi arid tropis masih sangat terbatas. Oleh karena itu penelitian ini mencoba menguji pengaruh biochar terhadap sifat fisikokimia tanah berpasir dan pertumbuhan tebu. Sebagai pembanding digunakan bahan pembenah tanah berupa abu ketel karena fungsi dari abu ketel ini kurang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar pabrik gula dan pupuk kandang sapi yang biasa digunakan oleh masyarakat setempat. Alur pikir penelitian disajikan pada Gambar 1.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

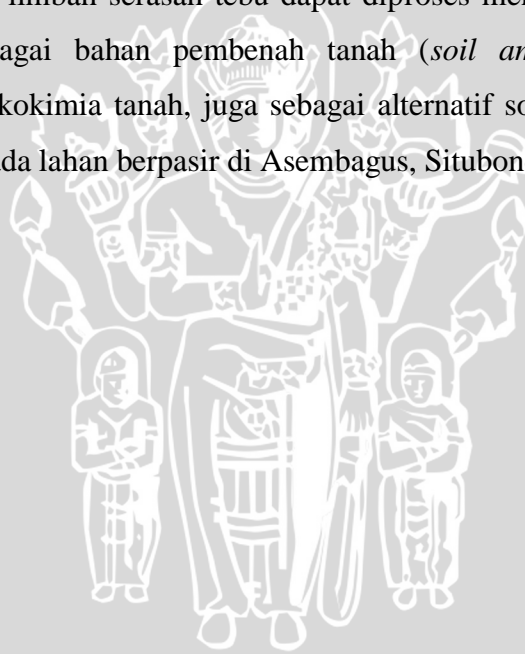
1. Menguji pengaruh perlakuan biochar serasah tebu, abu ketel, dan pupuk kandang sapi terhadap sifat fisikokimia tanah berpasir.
2. Menguji pengaruh perlakuan biochar serasah tebu, abu ketel, dan pupuk kandang sapi terhadap pertumbuhan tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.).

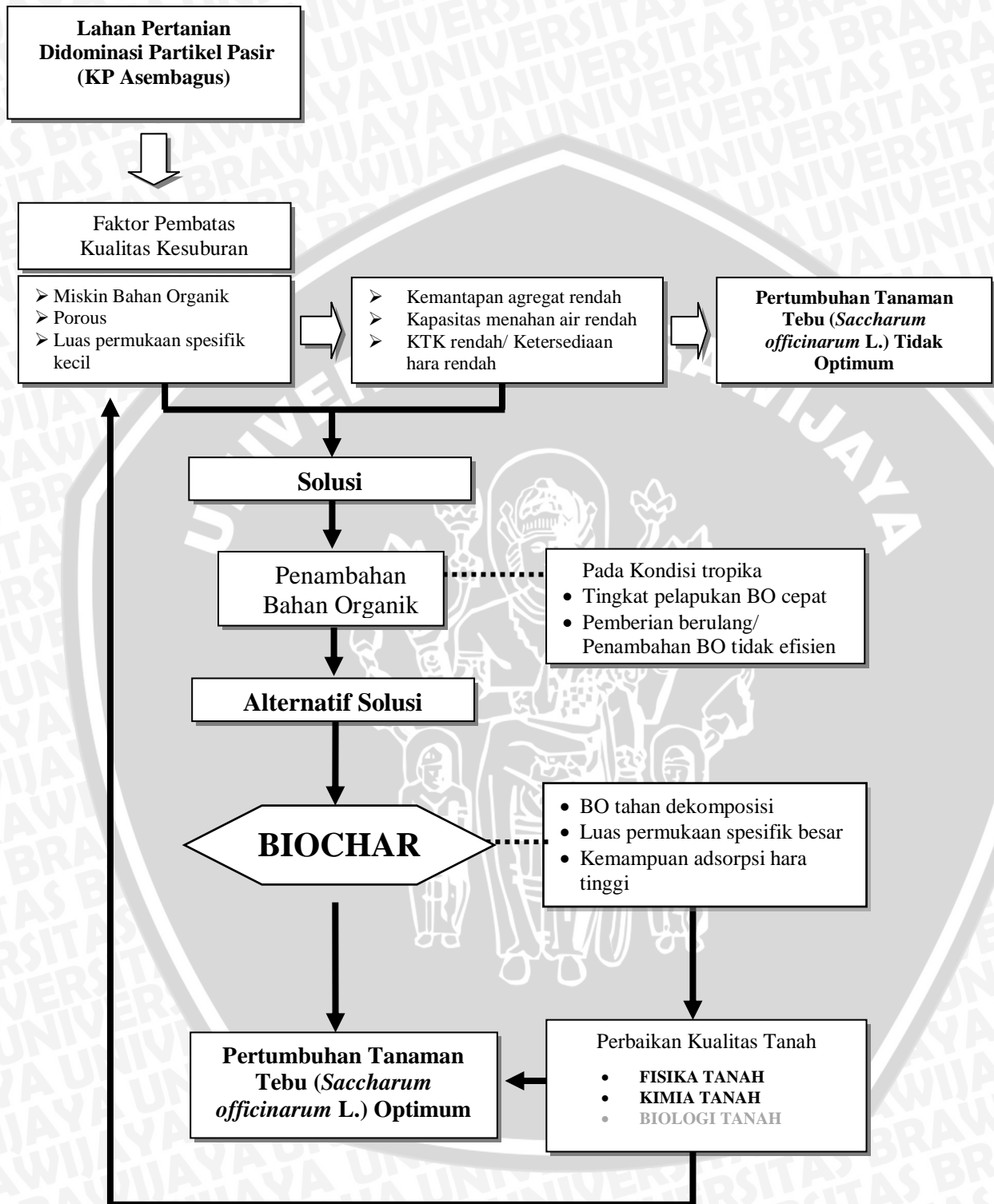
1.3 Hipotesis

1. Aplikasi biochar serasah tebu, abu etel dan pupuk kandang sapi pada tanah berpasir dapat memperbaiki sifat fisikokimia tanah dan meningkatkan pertumbuhan tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.).
2. Perlakuan kombinasi biochar serasah tebu dan pupuk kandang sapi lebih baik dalam meningkatkan stabilitas agregat tanah berpasir dari pada penambahan biochar serasah tebu saja.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada petani tebu di lahan berpasir, bahwa limbah serasah tebu dapat diproses menjadi biochar yang dapat digunakan sebagai bahan pembenah tanah (*soil amendement*) untuk memperbaiki sifat fisikokimia tanah, juga sebagai alternatif solusi permasalahan limbah serasah tebu pada lahan berpasir di Asembagus, Situbondo.





Gambar 1. Alur Pikir Penelitian.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Tebu

2.1.1 Botani tebu

Tebu adalah sejenis tanaman rumput tropis tegak yang dapat tumbuh bertahun-tahun atau lebih dari satu tahun (Chapman dan Carter, 1976). Tanaman ini termasuk jenis rumput-rumputan yang termasuk dalam famili *Gramineae*. Tebu (bahasa Inggris: *sugarcane*) adalah tanaman yang ditanam untuk bahan baku gula. Tanaman ini hanya dapat tumbuh di daerah beriklim tropis.

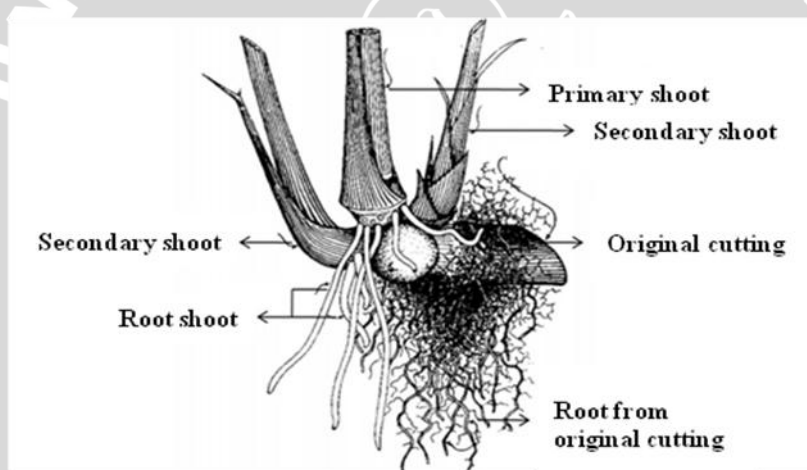
Di Indonesia tebu banyak dibudidayakan di Pulau Jawa dan Sumatra. Di daerah Jawa Barat disebut *Tiwu*, di daerah Jawa Tengah dan Jawa Timur disebut *Rosan*. Tebu diklasifikasikan dalam sub-rumpun *Saccharinineae* dan genus *Saccharum*. Dalam genus *Saccharum* terdapat enam spesies tebu, yaitu: *S. spontaneum* L., *S. robustum*, *S. officinarum* L., *S. edule*, *S. barberi* dan *S. sinense* (Bakker, 1999). Diantara keenam spesies tebu tersebut, *Saccharum officinarum* L. merupakan penghasil gula utama. Sistematika klasifikasi tanaman tebu adalah:

Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Sub Divisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Monocotyledone</i>
Ordo	: <i>Graminales</i>
Famili	: <i>Graminae</i>
Genus	: <i>Saccharum</i>
Species	: <i>Saccharum officinarum</i> L.

Fauconnier (1993) menyebutkan bahwa tanaman tebu dapat tumbuh dengan cara meletakkan secara horizontal batang tebu yang mempunyai mata atau pucuk tunas yang sehat di atas permukaan tanah kemudian ditutup tanah yang lembab. Fase pertumbuhan tanaman tebu dimulai dari penunasan atau perkecambahan (*sprouting* atau *germination*), pembentukan batang (*tillering*), pertumbuhan tanaman (*crop growth*), pembungaan (*flowering*), pemasakan (*crop maturity*), lalu pemanenan dan pertumbuhan kembali (*regrowth*). Siklus kembali lagi dimulai dengan perkembangan anakan tunas, lalu diikuti dengan pertumbuhan

batang tebu, pemasakan dan pemanenan. Tanaman tebu tumbuh setelah dipanen disebut tanaman keprasan (*ratoon*). Suatu sistem perakaran baru akan terbentuk pada setiap tanaman *ratoon*.

Tunas baru atau tunas primer akan tumbuh dari mata tunas ketika potongan batang atau stek tebu ditanam ke dalam tanah (Humbert, 1968). Akar-akar dari stek asal di ruas batang tebu akan muncul (Miller *et al.*, 2013). Tunas-tunas sekunder akan muncul dan tumbuh mengikuti tunas primer. Tunas-tunas tersebut dapat tumbuh menjadi batang tebu sepanjang 2-4 meter dan berdiameter 25-50 mm, tergantung varietas tebu dan kondisi pertumbuhannya (Bakker, 1999). Akar-akar tunas tebu mulai muncul ketika akar-akar stek asal mencapai separuh pertumbuhannya, atau sekitar 5-7 hari setelah tanam (Bakker, 1999).



Gambar 2. Akar Baru Berkembang setelah Batang Tebu Ditanam (Humbert, 1968).

2.1.2 Deskripsi tebu varietas Bululawang

Terdapat 5 varietas tebu unggul yang digunakan di Indonesia saat ini (PS 862, PS 881, PS 882, Bululawang, dan VMC 76-16). Varietas Bululawang (BL) merupakan salah satu varietas yang tahan terhadap kekeringan.

Varietas BL merupakan hasil pemutihan varietas yang ditemukan pertama kali di wilayah Kecamatan Bululawang, Malang Selatan. Melalui Surat Keputusan Menteri Pertanian tahun 2004 dengan SK pelepasan Nomor: 322/ kpts/ SR.120/ 5/ 2004, maka varietas ini dilepas resmi untuk digunakan sebagai benih bina (P3GI, 2013). Varietas BL cocok dikembangkan untuk tanah bertekstur kasar (pasir dan

pasir berlempung), dan dapat pula dikembangkan pada tanah bertekstur halus namun dengan sistem drainase yang baik. Varietas ini memiliki penampilan tumbuh tegak (Gambar 3).

Varietas BL selalu tumbuh dengan munculnya tunas-tunas baru atau disebut *sogolan* sehingga potensi bobot tebu akan sangat tinggi apabila *sogolan* ikut dipanen. Kategori tingkat kematangan termasuk tengah-lambat.



Gambar 3. Tanaman Tebu Varietas Bululawang (P3GI, 2013).

2.2 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan dan Produksi Tebu

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tebu meliputi faktor tanah, iklim, tanaman dan tindakan budidaya pertanian. Indrawanto *et al.* (2010) menyatakan bahwa dalam melakukan budidaya pertanian perlu memperhatikan keberadaan fungsional profil tanah-tanaman, yang merupakan hasil interaksi faktor tanah-iklim-tanaman dan kegiatan budidaya, sebagai faktor utama yang menentukan pertumbuhan dan produksi tanaman.

2.2.1 Tanah

Menurut Sudiatso (1982), tebu dapat tumbuh baik pada berbagai jenis tanah seperti tanah Entisol, Vertisol, Inceptisol dan Alfisol dengan solum tanah minimal 50 cm dan tidak ada lapisan kedap air. Ketinggian tempat yang cocok untuk tebu antara 0-1.400 m di atas permukaan laut. Tebu menghendaki struktur tanah yang mampu memberikan kondisi aerasi udara yang baik sehingga perakaran berkembang sempurna.

2.2.2 Iklim

Menurut Indrawanto *et al.* (2010), dalam masa pertumbuhan tebu membutuhkan banyak air dengan curah hujan berkisar antara 1.000-1.300 mm per tahun dengan sekurang-kurangnya 3 bulan kering. Suhu ideal bagi tanaman tebu berkisar antara 24-34 °C dengan perbedaan suhu antara siang dan malam tidak lebih dari 10 °C. Pembentukan sukrosa terjadi pada siang hari dan akan berjalan lebih optimal pada suhu 30 °C. Sukrosa yang terbentuk akan disimpan pada batang dimulai dari ruas paling bawah pada malam hari.

2.3 Tanah Berpasir dan Permasalahannya

Tanah berpasir mempunyai unsur hara dan kapasitas menahan air rendah, serta rentan terhadap erosi (Farrington dan Campbell, 1970). Tanah berpasir memiliki daya ikat yang lemah antar partikelnya (Shepherd *et al.*, 2002). Pasir memiliki mineral penyusun utama SiO_2 dan Al_2O_3 . Beberapa jenis tanah berpasir diketahui mengandung makro agregat yang rendah (McFarlane dan Carter, 1990).

Tanah pasir adalah tanah mineral yang tidak memiliki horison-horison pedogenik yang mencirikan (Soil Survey Staff, 1998). Kondisi ini menyebabkan tanah menjadi berstruktur lepas (Buckman dan Brady, 1982). Pengolahan tanah berpasir yang dilakukan lebih dari sekali, dapat meningkatkan limpasan permukaan, penurunan C-organik dan stabilitas agregat (Syukur, 2005). Kondisi semacam ini apabila berlangsung terus menerus dapat mematikan tanaman (Dwidjoseputro, 1978). Karena kandungan bahan organiknya rendah maka usaha untuk memperbaiki sifat fisika dan kimia tanah adalah dengan penambahan bahan organik (Komar, 1984).

2.4 Peran Bahan Organik terhadap Kesuburan Tanah

Bahan organik tanah berperan secara fisika, kimia maupun biologi, sehingga menentukan status kesuburan suatu tanah (Hanafiah, 2005). Bahan organik tanah merupakan salah satu bahan pembentuk agregat tanah, yang mempunyai peran sebagai bahan perekat antar partikel tanah untuk bersatu membentuk agregat tanah, sehingga bahan organik penting dalam pembentukan struktur tanah (Hairiah *et al.*, 2000). Bahan organik adalah kumpulan beragam senyawa-senyawa organik kompleks yang sedang atau telah mengalami proses dekomposisi, baik berupa humus hasil humifikasi maupun senyawa-senyawa anorganik hasil mineralisasi, termasuk mikrobia heterotrofik dan autotrofik yang terlibat (Santoso, 2005). Sumber bahan organik yang digunakan dapat berasal dari kotoran hewan (pupuk kandang), sisa tanaman (serasah), pupuk hijau, sampah kota, limbah industri dan kompos (Atmojo, 2003).

2.4.1 Pupuk kandang

Pupuk kandang merupakan campuran kotoran padat, air kencing dan sisa makanan (tanaman) ternak. Pupuk kandang adalah sumber dari beberapa hara seperti nitrogen, fosfor, kalium dan lainnya (Hartatik dan Widowati, 2006). Konsentrasi unsur hara pada beberapa sumber pupuk kandang disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Konsentrasi Unsur Hara Beberapa Sumber Pupuk Kandang (Tan, 1993).

Sumber Pupuk Kandang	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe
	-----%-----						
Sapi perah	0,53	0,35	0,41	0,28	0,11	0,05	0,004
Sapi daging	0,65	0,15	0,30	0,12	0,10	0,09	0,004
Kuda	0,70	0,10	0,58	0,79	0,14	0,07	0,010
Unggas	1,50	0,77	0,89	0,30	0,88	0,00	0,100
Domba	1,28	0,19	0,93	0,59	0,19	0,09	0,020

Di antara jenis pupuk kandang, pupuk kandang sapi mempunyai kadar serat yang tinggi seperti selulosa. Pupuk kandang sapi dapat menyediakan unsur hara makro dan mikro bagi tanaman, mengemburkan tanah, memperbaiki tekstur dan struktur tanah, meningkatkan porositas dan komposisi mikroorganisme tanah (Atmojo, 2003).

2.4.2 Abu ketel

Abu ketel atau abu ampas tebu (AAT) adalah abu yang berasal dari ampas tebu yang telah diperas niranya dan digunakan sebagai bahan bakar untuk memanaskan boiler dengan suhu mencapai 550-600 °C pada ketel-ketel uap di pabrik gula dengan lama pembakaran setiap 4-8 jam. Selanjutnya dilakukan pengangkutan atau pengeluaran abu dari dalam boiler, karena jika dibiarkan tanpa dibersihkan akan terjadi penumpukan yang akan mengganggu proses pembakaran ampas tebu berikutnya (P3GI, 1998).

Perbedaan mendasar antara abu dengan biochar adalah proses pembakaran abu melibatkan oksigen dalam proses pembuatannya, sedangkan pembuatan biochar sedikit melibatkan oksigen atau hampir tidak sama sekali. Abu ketel merupakan limbah yang sulit untuk dibuang karena fungsi dari abu ketel ini kurang dapat diolah dan dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar pabrik gula. Bahkan beberapa pabrik gula membuang abu ketel di lahan kosong dan belum dimanfaatkan dengan baik.

2.4.3 Serasah tebu

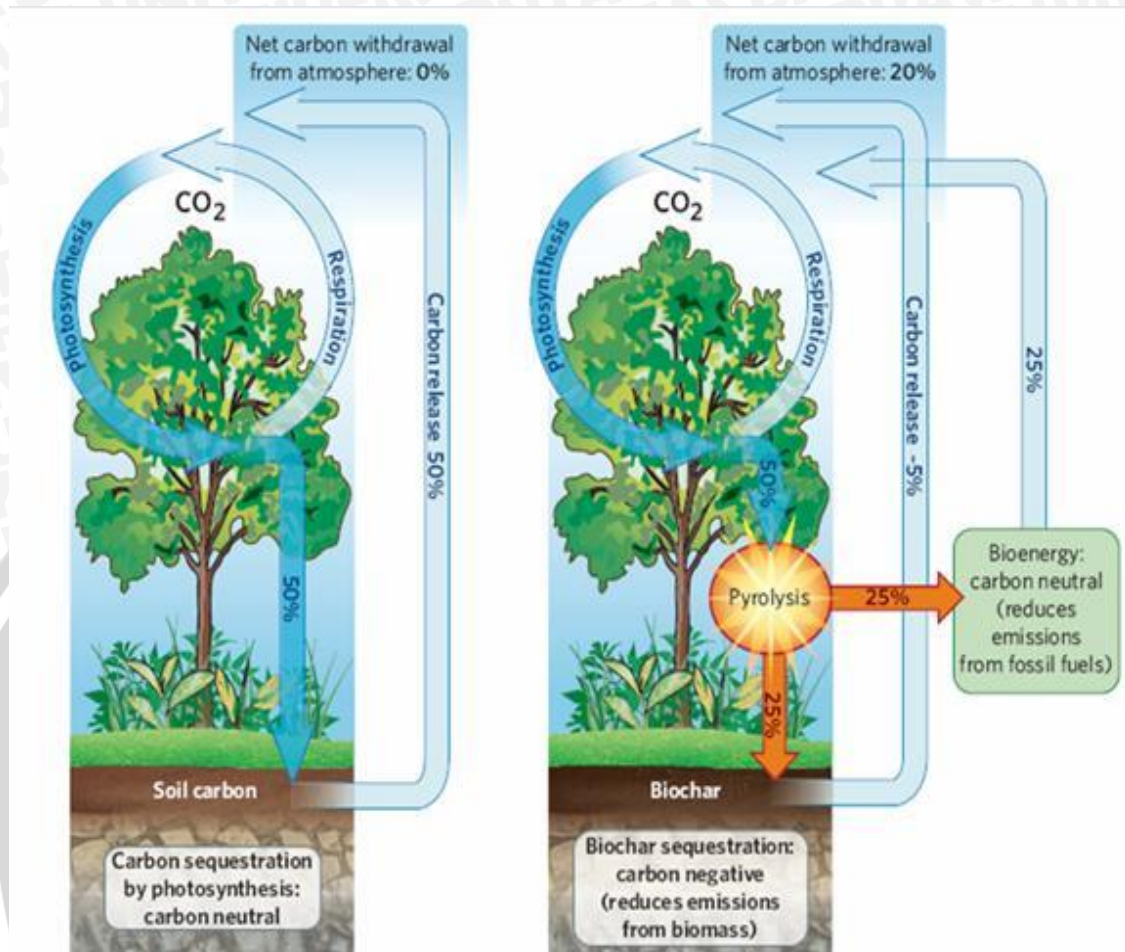
Proses pemanenan tebu dilakukan dengan menebang batang tebu dan meninggalkan serasah tebu yang terdiri dari sisa-sisa daun tebu dan pucuk tebu di lahan tebu. Serasah hasil tebangan di lahan tebu dapat mencapai 20-25 t ha⁻¹ (Toharisman, 1991). Serasah tebu mengandung 0,3-0,4% N; 0,1-0,13% P; 0,6% K dan 42-46% bahan organik.

Jika produksi tebu di Indonesia sekitar 33 juta t th⁻¹ maka potensi daun tebu kering mencapai 4,62 juta t th⁻¹ (Kurniawan dan Santoso, 2006). Jumlah daun tebu kering (*daduk*) yang dihasilkan sebesar 14% dari bobot tebu yang dipanen (Hassuani *et al.*, 2005). Serasah tebu umumnya dibakar, pembakaran serasah tebu dimaksudkan untuk membersihkan lahan dari serasah karena dapat mengganggu proses pengolahan tanah maupun pemeliharaan tanaman selanjutnya (Ditjenbun, 2007). Praktek pembakaran dapat mematikan mikroorganisme di lapisan olah tanah sehingga dalam jangka panjang dapat menyebabkan degradasi lahan dalam kandungan hara organik dan kesuburan tanah.

2.5 Karakteristik Biochar

Biochar atau yang lebih kita kenal sebagai arang merupakan materi padat yang terbentuk dari karbonisasi biomassa. Biochar adalah produk dari degradasi termal organik tanpa adanya udara (pirolisis) dan dibedakan dari arang oleh penggunaannya sebagai amandemen tanah (Lehmann dan Joseph, 2009). Pirolisis (Berasal dari bahasa Yunani, yaitu *Pyro* yang berarti api dan *lysis* yang berarti dekomposisi) adalah dekomposisi kimia zat organik dengan pemanasan tanpa adanya oksigen. Dalam prakteknya tidak mungkin untuk menciptakan lingkungan benar-benar bebas oksigen, namun demikian tingkat oksidasi dari bahan organik jumlahnya relatif kecil dan sebagian besar karbon dalam bahan baku tidak dilepaskan sebagai CO₂ (Gambar 4). Bagaimanapun, sebagian besar C dari bahan baku tidak hanya dalam bentuk arang, melainkan terkonversi dalam bentuk gas atau minyak.

Proses pirolisis mengubah bahan organik menjadi tiga komponen yang berbeda, yakni menjadi gas, cair dan padat dalam proporsi yang berbeda tergantung bahan baku dan kondisi pirolisis. Pada prinsipnya, setiap bahan baku organik dapat terpirolisis, meskipun hasil residu padat (*char*), cair dan gas bervariasi seperti metana dan hidrokarbon lain yang mengembun setelah didinginkan dan membentuk residu minyak atau tar. Gas-gas (baik dalam bentuk kondensat atau gas) dan cairan dapat ditingkatkan dan digunakan sebagai bahan bakar untuk pembakaran (Coumaravel *et al.*, 2011). Komponen padat yang tersisa setelah pirolisis adalah arang, disebut sebagai biochar ketika itu diproduksi dengan maksud untuk menambahkannya ke dalam tanah untuk memperbaiki tanah.



Gambar 4. Konseptual Sekuestrasi Karbon oleh Pirolisis Biomassa (Biochar) (Lehman, 2007).

Perbedaan terbesar komposisi kimia antara bahan organik dan biochar adalah lebih banyak proporsi C aromatik, khususnya terjadinya struktur C aromatik yang menyatu, berbeda dengan struktur aromatik lainnya dari bahan organik tanah seperti lignin (Schmidt dan Noack, 2000). Susunan struktur aromatik dari biochar itu sendiri dapat memiliki berbagai bentuk, termasuk C amorf, yang dominan pada pirolisis suhu rendah dan C turbostatik, yang terbentuk pada suhu yang lebih tinggi (Nguyen *et al.*, 2010). Jelas bahwa sifat dari struktur C adalah alasan utama untuk stabilitas biochar yang tinggi.

2.6 Peranan Biochar terhadap Sifat Fisika Tanah

2.6.1 Struktur tanah dan stabilitas agregat

Biochar memiliki luas permukaan yang tinggi, sangat berpori, muatan material organik memiliki potensi untuk meningkatkan kapasitas menahan air tanah, kapasitas tukar kation, daya jerap permukaan dan kejenuhan basa ketika ditambahkan ke dalam tanah (Glaser *et al.*, 2002; Bélanger *et al.*, 2004; Keech *et al.*, 2005; Liang *et al.*, 2006).

Pemberian biochar dalam tanah dapat mengubah sifat fisika tanah seperti struktur, distribusi ukuran pori dan berat isi tanah dengan implikasinya terhadap aerasi tanah, daya ikat air dan pertumbuhan tanaman (Lehmann dan Joseph, 2009). Pada tanah pasir, penambahan biochar diharapkan dapat mengubah struktur tanah dari berbutir tunggal menjadi bentuk gumpal, sehingga meningkatkan derajat struktur dan stabilitas agregat atau meningkatkan kelas struktur dari halus menjadi sedang atau kasar (Scholes *et al.*, 1994).

2.6.2 Berat isi

Biochar memiliki berat isi jauh lebih rendah daripada tanah mineral, sehingga aplikasi dari biochar dapat menurunkan nilai berat isi keseluruhan tanah (DeLuca *et al.*, 2006). Daya tarik menarik dari tanah meningkat dengan meningkatnya aplikasi biochar. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi biochar ke dalam tanah dapat meningkatkan luas permukaan tanah (Chan *et al.*, 2007) dan dapat meningkatkan retensi air tanah (Lehmann dan Joseph, 2009) dan aerasi tanah. Pengaruh langsung dari aplikasi biochar adalah hubungan pada luas permukaan biochar. Meningkatnya luas permukaan spesifik dan kondisi fisika mungkin juga menguntungkan komunitas mikroba asli.

2.6.3 Retensi air

Penambahan biochar ke dalam tanah dapat menyebabkan perubahan sejumlah sifat fisika tanah antara lain meningkatkan agregasi tanah dan kapasitas pegang air tanah (*water holding capacity*) (Glaser *et al.*, 2002; Downie *et al.*, 2009). Sebagai bahan yang kaya akan pori mikro dengan luas permukaan spesifik yang besar maka biochar dapat menyerap berbagai macam molekul termasuk air,

hara dan kation logam lainnya. Jika biochar diaplikasikan sebagai bahan pembenah tanah, maka biochar dapat berperilaku sama dengan partikel klei atau humus yang juga mempunyai luas permukaan spesifik dan muatan negatif yang besar, serta mampu menyerap air dan sejumlah kation non-masam (Downie *et al.*, 2009).

Pengaruh langsung penambahan biochar terhadap kemampuan retensi air berkaitan erat dengan besarnya luas permukaan dalam (*inner surface area*) (Chan *et al.*, 2007). Kishimoto dan Sugiura (1985) memperkirakan luas permukaan spesifik dari arang yang terbentuk antara 400-1000 °C pada kisaran 200 hingga 400 m² kg⁻¹. Permukaan spesifik pasir umumnya < 1,0 m² g⁻¹, apabila biochar diaplikasikan pada lahan berpasir akan memungkinkan terjadinya peningkatan luas permukaan tanah. Hillel (1998) menyatakan bahwa permukaan spesifik bahan tanah adalah sifat penting dan sifat bawaan (intrinsik) yang terbukti memiliki korelasi dengan pertukaran kation, penahanan dan pelepasan berbagai bahan kimia.

2.7 Peranan Biochar terhadap Sifat Kimia Tanah

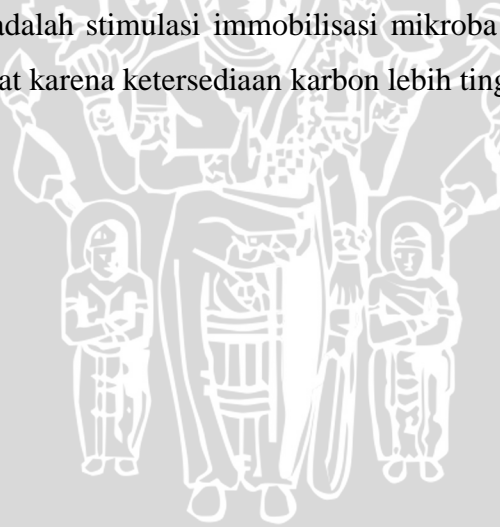
2.7.1 Kapasitas tukar kation

Aplikasi biochar mempengaruhi perubahan sifat kimia tanah yaitu, meningkatkan pH, N total dan P₂O₅ tersedia, kapasitas tukar kation, jumlah kation tukar, kejenuhan basa dan penurunan daya tukar Al³⁺ (Yamato *et al.*, 2006).

Berbeda dengan bahan organik lainnya, biochar sebagai pembenah tanah memiliki sifat rekalsitran, lebih tahan terhadap oksidasi dan lebih stabil dalam tanah sehingga memiliki pengaruh jangka panjang terhadap perbaikan kualitas kesuburan tanah (C-organik tanah dan KTK) (Steiner *et al.*, 2007). Biochar mempunyai waktu tinggal dalam tanah cukup lama, sehingga penggunaan biochar sebagai pembenah tanah selain memperbaiki sifat fisikokimia tanah juga dapat berfungsi sebagai penyimpan karbon (*carbon sink*) yang baik (Woolf, 2008). Glaser *et al.* (2002) menunjukkan bahwa pengkayaan tanah akan karbon melalui penambahan biochar berpengaruh positif terhadap sifat tanah antara lain stabilitas agregat tanah, KTK tanah, kandungan C-organik tanah, retensi air dan hara.

2.7.2 Transformasi hara tersedia dalam tanah

Transformasi hara dipengaruhi oleh berbagai faktor biotik dan abiotik. Biochar secara langsung memberikan kontribusi untuk adsorpsi hara melalui muatan atau interaksi kovalen. Glaser *et al.*, (2002) menyimpulkan bahwa arang mungkin berkontribusi terhadap peningkatan retensi ion tanah dan penurunan pencucian bahan organik terlarut dan senyawa organik karena peneliti menemukan retensi hara lebih tinggi dan peningkatan ketersediaan hara setelah penambahan arang untuk tanah tropis. Konsentrasi NH_4^+ dan PO_4^{3-} umumnya menurun dengan suhu yang lebih tinggi pada kayu dibandingkan pada pupuk kandang (DeLuca *et al.*, 2006). Dengan demikian biochar lebih berperan sebagai pembenah tanah dan pendorong transformasi hara dibandingkan sebagai sumber hara (Glaser *et al.*, 2002). Sebuah kemungkinan yang menunjang mekanisme untuk memberikan kontribusi dalam peningkatan retensi N dalam memperbaiki tanah dengan biochar adalah stimulasi immobilisasi mikroba N dan peningkatan daur ulang kembali nitrat karena ketersediaan karbon lebih tinggi.



III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian berada di Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balittas) Asembagus, Situbondo. Kebun Percobaan Asembagus terletak di Desa Banyuputih, Kecamatan Banyuputih, Kabupaten Situbondo, Provinsi Jawa Timur pada $7^{\circ}45'36''$ LS dan $114^{\circ}15'8''$ BT memiliki topografi datar dengan elevasi 45 meter di atas permukaan laut. Analisis tanah dan bahan pembenah tanah dilakukan di Laboratorium Fisika dan Laboratorium Kimia Tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Februari hingga Oktober 2013. Jadwal pelaksanaan kegiatan penelitian dapat dilihat pada Lampiran 16.

3.2 Rancangan Percobaan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan menggunakan 6 (enam) perlakuan dan 3 (tiga) ulangan. Denah percobaan disajikan pada Lampiran 1. Perlakuan penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perlakuan penelitian

Kode	Perlakuan
P0	Tanpa pembenah tanah
P1	Biochar Serasah Tebu 10 t ha^{-1}
P2	Abu Ketel 10 t ha^{-1}
P3	Pupuk Kandang Sapi 10 t ha^{-1}
P4	Biochar Serasah Tebu 5 t ha^{-1} + Pupuk Kandang Sapi 5 t ha^{-1}
P5	Abu Ketel 5 t ha^{-1} + Pupuk Kandang Sapi 5 t ha^{-1}

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Persiapan bahan pembenah tanah

Bahan pembenah tanah (*soil amendment*) yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari biochar serasah tebu, abu ketel dan pupuk kandang sapi. Bahan pembenah tanah yang digunakan merupakan limbah lokal di daerah Asembagus, Situbondo. Perhitungan kebutuhan bahan pembenah tanah dapat dilihat pada Lampiran 4.

1. Biochar serasah tebu

Bahan baku biochar yang berupa serasah tebu diperoleh dari lahan tebu di Asembagus, Situbondo. Pembuatan biochar serasah tebu dilakukan dengan menggunakan alat sederhana berupa drum yang dimodifikasi sedemikian rupa sehingga memenuhi kondisi pirolisis (Lampiran 3). Proses pembakaran berlangsung selama 2 jam dengan total biomassa serasah 10,5 kg dengan suhu pembakaran berkisar antara 100-230 °C dapat dihasilkan biochar sebanyak 3,9 kg (37,14%).

2. Abu ketel

Abu ketel dari pabrik gula Asembagus biasanya dibuang di lahan hutan dekat dengan lokasi kebun percobaan Balittas, Asembagus. Karena bersifat melimpah (*bulky*) dan belum dimanfaatkan maka abu ketel menjadi salah satu limbah lokal yang potensial untuk lahan pertanian.

3. Pupuk kandang sapi

Pupuk kandang sapi diperoleh dari kotoran ternak sapi milik masyarakat di daerah Asembagus. Pupuk kandang sapi yang digunakan berupa kotoran dalam bentuk padat.

3.3.2 Persiapan media tanam dan penanaman

Total unit percobaan adalah 6 perlakuan \times 3 ulangan, sehingga terdapat 18 petak percobaan. Ukuran petak percobaan adalah 13 m \times 10 m = 130 m² atau total lahan efektif = 2.340 m² untuk seluruh petak percobaan. Jarak antar petak 2,6 meter dan jarak antar ulangan 2,6 meter (Lampiran 1). Satu petak terdiri dari 10 juring @ 10 m dengan jarak tanam pusat ke pusat (PKP) ialah 130 cm (Lampiran 2a dan 2b). Juring lubang tanam dibuat dengan lebar atas 50 cm, lebar bawah 45 cm, dengan kedalaman 50 cm (Lampiran 2b). Perlakuan dilakukan dengan cara mencampur bahan pembenah tanah dalam juringan dengan tanah.

Penanaman dilakukan dua minggu setelah masa inkubasi perlakuan (Lampiran 17). Bibit tebu yang digunakan adalah varietas Bululawang (BL), dengan bibit stek batang/ bagal dengan dua mata tunas yang selanjutnya ditanam secara *end to end* berbaris dalam juringan. Kemudian bibit ditutup dengan tanah tanpa pemadatan berlebih.

3.3.3 Pemeliharaan tanaman

Pemeliharaan tanaman meliputi penyulaman, penyiangan gulma, *klentek* (membuang daun kering pada batang), dan pengairan. Penyulaman bibit dilakukan pada dua minggu setelah tanam dengan menggunakan hasil biakan bibit yang ditanam pada waktu tanam yang sama. Penyiangan dilakukan dengan mencabut gulma yang menyebabkan terjadinya kompetisi air, hara, dan lingkungan dengan tanaman utama tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Klentek* dilakukan sesuai dengan kondisi pertanaman dengan cara membuang daun-daun kering secara manual. Pengairan dilakukan apabila pertanaman terlihat mengalami layu sementara. Distribusi air melalui parit irigasi yang terhubung pada seluruh petak percobaan.

3.3.4 Pemupukan

Pemupukan dilakukan dua kali yakni pada saat tanaman berumur 4 minggu dengan 600 kg ha⁻¹ Phonska dan pada 3 bulan setelah tanam dengan 500 kg ha⁻¹ ZA. Pembumbunan dilakukan secara bertahap. Pembumbunan pertama dilakukan setelah pemberian pupuk Phonska dan pembumbunan kedua dilakukan setelah pemberian pupuk ZA. Perhitungan kebutuhan pupuk Phonska dan ZA disajikan pada Lampiran 5.

3.3.5 Pengambilan contoh tanah

Pengambilan contoh tanah untuk analisa dasar menggunakan contoh tanah tidak terganggu. Contoh tanah dalam ring sampel juga diambil untuk analisis retensi air dan berat isi tanah. Sampel tanah diambil pada kedalaman 40-50 cm dari permukaan tanah awal pada petak pertanaman tebu yang telah mendapat perlakuan bahan pembenah tanah (Lampiran 2.b.). Contoh tanah ring diambil 36 contoh dari 6 perlakuan \times 3 ulangan \times 2 contoh ring sampel (retensi air dan berat isi tanah) diambil secara acak pada 1 titik setiap petak perlakuan. Pengambilan contoh tanah agregat diambil 18 contoh tanah dari 6 perlakuan \times 3 ulangan berdekatan pada titik pengambilan contoh ring.

Analisis stabilitas agregat dilaksanakan menggunakan agregat lolos mata saring 4-10 mm sekitar 400 gram pada saat tanah dalam keadaan lembab. Ukuran agregat tersebut merupakan ukuran yang stabilitasnya dipengaruhi oleh pengaruh pengelolaan tanah (Suwardji dan Eberbach, 1998). Bongkah tanah yang besar dipecahkan secara manual dengan tangan, kemudian contoh tanah dimasukkan dalam plastik dan ditutup rapat. Analisis kemantapan agregat dilakukan dengan cara pengayakan kering. Penetapan kemantapan agregat tanah secara kuantitatif diperoleh menggunakan metode "Vilensky" dengan jalan menghitung volume tetesan air yang dibutuhkan untuk menghancurkan agregat tanah pada ukuran 4,76 mm yang diperoleh melalui ayakan kering dengan diameter lubang 8 mm; 4,76 mm, 2,83 mm; 2 mm dan 0,5 mm. Jumlah tetesan yang dibutuhkan untuk memecahkan dan menghancurkan agregat pada diameter tetesan 1 mm dengan jarak tempuh tetesan 20 cm.

Analisis sifat kimia tanah dilaksanakan dengan menggunakan sampel komposit sekitar 400 gram pada titik yang sama dalam pengambilan ring sampel untuk analisis retensi air dan berat isi tanah. Selanjutnya analisis sifat kimia tanah menggunakan contoh tanah kering udara lolos mata saring dengan diameter lubang 2 mm dan 0,5 mm.

3.3.6 Pengamatan dan Pengumpulan Data

Pengamatan meliputi pengamatan tanah, bahan pembenah tanah dan tanaman. Pengamatan bahan pembenah tanah terdiri dari analisis kandungan bahan pembenah tanah (biochar serasah tebu, abu ketel, dan pupuk kandang sapi). Pengamatan tanah meliputi analisis sifat fisika dan kimia tanah. Sedangkan pengamatan pertumbuhan tanaman terdiri dari pengamatan tinggi tanaman dan jumlah tunas menggunakan metode non destruktif. Parameter, metode dan waktu pengamatan disajikan pada Tabel 3.

3.4 Analisis Data

Data sifat fisikokimia tanah dan pertumbuhan tanaman dari hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam (uji F) pada taraf 5% dan 1% untuk mengetahui pengaruh perlakuan dan apabila terdapat pengaruh nyata maka akan dilanjutkan dengan uji Duncan taraf 5%.



Tabel 3. Parameter, Metode dan Waktu Pengamatan

Bahan	Parameter	Metode Analisis	Waktu Pengamatan
Bahan Pembenhah Tanah	Kadar Air Bahan	Gravimetri	
	KTK (cmol kg ⁻¹)	NH ₄ OAc 1 N pH 7	
	C-organik (%)	Walkley dan Black	
	N-total (%)	Kjeldahl	Minggu ke- 0
	C/N	Perhitungan	
	P (mg kg ⁻¹)	Spectrophotometri	
	K (cmol kg ⁻¹)	Flamefotometri	
Tanah	pH	Glass Elektrode	
	Berat Isi (g cm ⁻³)	Silinder	
	Porositas Total	$(1-BI/BJ) \times 100\%$	Minggu ke- 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 (MSP)
	KA TLP	Pressure Plate (pF 4.2)	
	KA KL	Sand box (pF 2.5)	
	KA Tersedia	KA KL - KA TLP	
	Kemantapan Agregat	Vilensky	
	KTK (cmol kg ⁻¹)	NH ₄ OAc 1 N pH 7	Minggu ke- 0, 6, 12, 18 (MSP)
	Kejenuhan Basa	$\frac{\sum Ca, Mg, K, Na}{KTK} \times 100\%$	
			Minggu ke- 0, 6, 12, 18 (MSP)
Tanah	C-organik (%)	Walkley dan Black	
	N-total (%)	Kjeldahl	
	P (mg kg ⁻¹)	Spectrophotometri	
	K (cmol kg ⁻¹)	Flamefotometri	Minggu ke-0
	pH	Glass Elektrode	
	Tekstur Tanah	Pipet	
Tanaman	Tinggi tanaman (cm)	Non destruktif	Minggu ke- 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 (MST)
	Jumlah Tunas	Non destruktif	Minggu ke- 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 (MST)

*Keterangan: MSP (Minggu Setelah Perlakuan); MST (Minggu Setelah Tanam)

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Bahan Pembenh Tanah terhadap Sifat Fisika Tanah

Pemberian bahan pembenh tanah menunjukkan pengaruh nyata terhadap sifat fisika tanah pada pengamatan 18 MSP (Lampiran 8 s.d 11). Perbaikan sifat fisika tanah antara lain menurunkan nilai berat isi tanah, meningkatkan porositas total tanah, kadar air tersedia (*available water content*) dan memperbaiki agregat tanah (Tabel 4).

Tabel 4. Pengaruh Bahan Pembenh Tanah terhadap Sifat Fisika Tanah pada 18 Minggu Setelah Perlakuan (MSP)

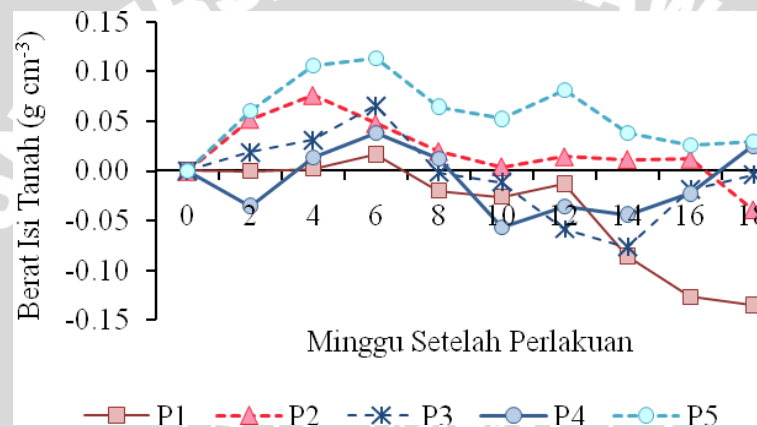
Perlakuan	Berat Isi Tanah g cm ⁻³	Porositas Total -----%-----	Kadar Air Tersedia	Kemantapan Agregat	
				Jumlah Tetes Pecah	Hancur
Kontrol	1,26b	44a	29ab	1a	14a
Biochar 10 t ha ⁻¹	1,09a	57c	32ab	3b	32b
Abu Ketel 10 t ha ⁻¹	1,19ab	52bc	26a	3b	29b
Pupuk Kandang 10 t ha ⁻¹	1,23ab	49ab	35b	5c	67d
Biochar 5 t ha ⁻¹ + Pupuk kandang 5 t ha ⁻¹	1,25ab	50ab	29ab	4bc	53d
Abu Ketel 5 t ha ⁻¹ + Pupuk kandang 5 t ha ⁻¹	1,26ab	50ab	34b	4bc	46c

Keterangan: Bilangan yang didampingi oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%; MSP (Minggu Setelah Perlakuan).

4.1.1 Berat isi tanah

Pemberian bahan pembenh tanah secara keseluruhan dapat menurunkan nilai berat isi tanah apabila dibandingkan dengan control (Tabel 4 dan Gambar 5). Persentase penurunan nilai berat isi paling besar pada 18 MSP sebesar 13,33% terjadi pada perlakuan biochar serasah tebu 10 t ha⁻¹ (P1). Penurunan berat isi tanah sebesar 0,29 % pada aplikasi abu ketel 5 t ha⁻¹ dan pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹ (P5), 0,64% pada aplikasi biochar serasah tebu 5 t ha⁻¹ dan pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹ (P4), 2,95% pada aplikasi pupuk kandang sapi 10 t ha⁻¹ (P3), dan 5,70% pada aplikasi abu ketel 10 t ha⁻¹ (P2). Sejalan dengan pernyataan Quénéa *et al.*, (2006) pada tanah berpasir setelah diaplikasikan biochar selama 22 tahun nilai berat isi turun hingga 60%.

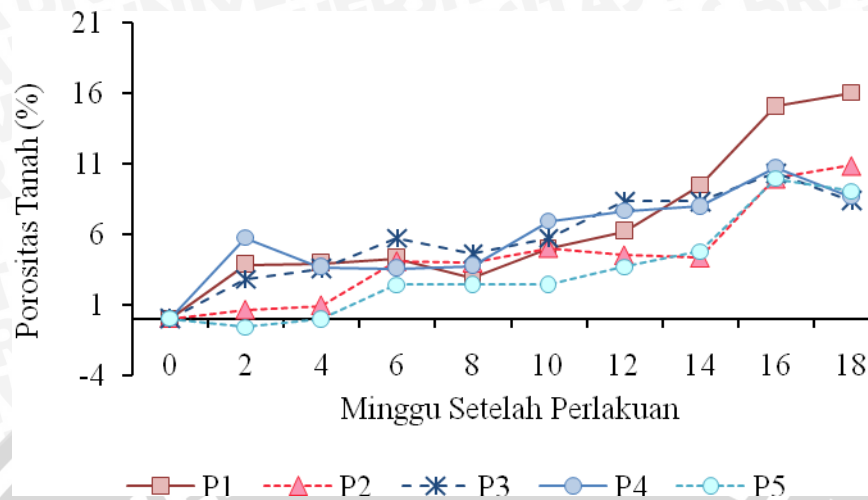
Penurunan nilai berat isi tanah sangat erat kaitannya dengan peningkatan bahan organik yang diberikan ke dalam tanah. Bahan organik memiliki peran dalam meningkatkan granulasi atau perekatan butiran-butiran tanah primer. Semakin banyak granulasi maka semakin banyak ruang pori yang terbentuk sehingga mampu menurunkan berat isi tanah. Berbagai bahan ekstraksi humus dari hasil pelapukan bahan organik yang berfungsi dalam proses granulasi adalah asam-asam humus: *ferro* humat, kalsium humat, dan asam-asam *fulvic* serta polisakarida (Utomo, 1985).



Gambar 5. Nilai Berat Isi Tanah Relatif terhadap Kontrol. Biochar 10 t ha⁻¹ (P1); Abu Ketel 10 t ha⁻¹ (P2); Pupuk Kandang 10 t ha⁻¹ (P3); Biochar 5 t ha⁻¹ dan Pupuk Kandang Sapi 5 t ha⁻¹ (P4); dan Abu Ketel 5 t ha⁻¹ dan Pupuk Kandang Sapi 5 t ha⁻¹ (P5).

4.1.2 Porositas tanah

Aplikasi bahan pembenah tanah berpengaruh nyata terhadap peningkatan nilai porositas total tanah (Lampiran 9). Porositas total tanah meningkat sebesar 12% pada perlakuan pupuk kandang sapi 10 t ha⁻¹ (P3) dan pada perlakuan biochar serasah tebu 5 t ha⁻¹ dan pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹ (P4), 13% dengan pemberian abu ketel 5 t ha⁻¹ dan pupuk kandang 5 t ha⁻¹ (P5), 16% dengan pemberian abu ketel 10 t ha⁻¹ (P2) dan dapat ditingkatkan sebesar 23% apabila diberi biochar serasah tebu 10 t ha⁻¹ (P1). Peningkatan nilai porositas paling baik terjadi pada perlakuan biochar serasah tebu 10 t ha⁻¹ apabila dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Pengaruh bahan pembenah tanah terhadap porositas total disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Nilai Porositas Total Tanah Relatif terhadap Kontrol. Biochar 10 t ha⁻¹ (P1); Abu Ketel 10 t ha⁻¹ (P2); Pupuk Kandang 10 t ha⁻¹ (P3); Biochar 5 t ha⁻¹ dan Pupuk Kandang Sapi 5 t ha⁻¹ (P4); dan Abu Ketel 5 t ha⁻¹ dan Pupuk Kandang Sapi 5 t ha⁻¹ (P5).

Downie *et al.* (2009) menyatakan bahwa biochar dapat berperilaku sama dengan partikel klei atau humus yang mempunyai luas permukaan besar. Semakin kecil ukuran suatu partikel maka luas permukaannya akan semakin besar dan semakin banyak ruang pori yang terbentuk sehingga mampu menurunkan berat isi tanah dan meningkatkan porositas total tanah.

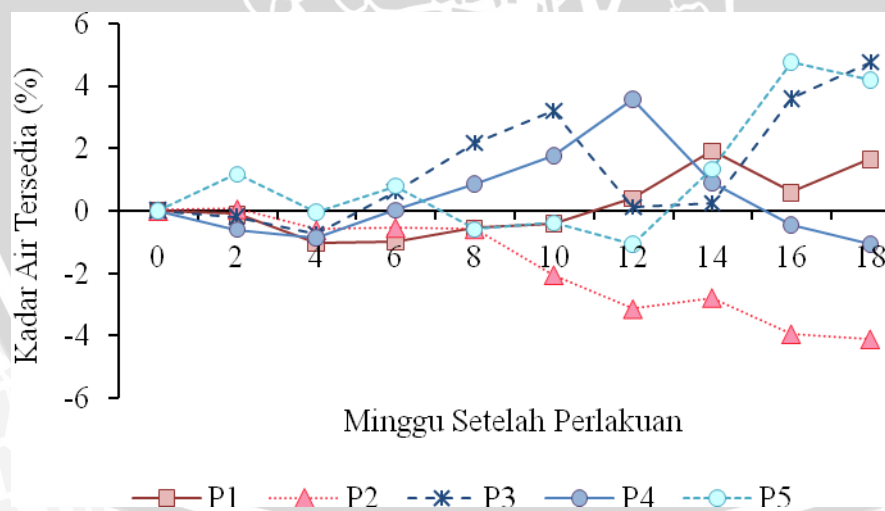
4.1.3 Kadar air tersedia

Jumlah air tersedia bagi tanaman pada suatu lahan mencerminkan kondisi kesuburan tanah pada lahan tersebut. Tanah yang dapat mengikat air dalam jumlah banyak, belum tentu dapat dimanfaatkan secara keseluruhan oleh tanaman, karena sebagian dari air terikat kuat oleh partikel tanah. Pemberian bahan organik dapat memperbaiki sifat fisika tanah karena bahan organik yang diberikan ke dalam tanah dapat meningkatkan kadar lengas tanah dan ketersediaan hara (Syukur, 2005). Pengaruh bahan pembenah tanah terhadap kadar air tersedia disajikan pada Gambar 7.

Perlakuan aplikasi bahan pembenah tanah berupa aplikasi biochar serasah tebu 10 t ha⁻¹ (P1) mampu meningkatkan kadar air tersedia sebesar 10%. Sebaliknya aplikasi abu ketel 10 t ha⁻¹ (P2) pada tanah berpasir justru menurunkan

kadar air tersedia sebesar 10%. Sedangkan aplikasi pupuk kandang sapi 10 t ha⁻¹ (P3) mampu meningkatkan kadar air tersedia hingga 18% lebih baik dari perlakuan lainnya. Kadar air tersedia mengalami peningkatan sebesar 1% pada kombinasi perlakuan biochar serasah tebu 5 t ha⁻¹ dan pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹ (P4), dan sebesar 16% pada perlakuan kombinasi abu ketel 5 t ha⁻¹ dan pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹ (P5).

Permasalahan utama dalam pengelolaan bahan organik tanah pada tanah tropika adalah tingkat pelapukan bahan organik berlangsung sangat cepat, sehingga pemberian bahan organik harus diberikan secara berulang setiap musim (Masulili *et al.*, 2010). Tingkat pelapukan pupuk kandang sapi yang berlangsung cepat tidak mampu mempertahankan kondisi air tersedia dalam jangka waktu lama, sehingga kombinasi perlakuan biochar serasah tebu dan pupuk kandang sapi dapat menjadi alternatif lain dalam menjaga kondisi kadar air tersedia. Biochar sebagai pembenah tanah memiliki sifat rekalsitran, lebih tahan terhadap oksidasi dan lebih stabil dalam tanah sehingga memiliki pengaruh jangka panjang terhadap perbaikan kualitas kesuburan tanah (Steiner *et al.*, 2007).



Gambar 7. Kadar Air Tersedia Relatif terhadap Kontrol. Biochar 10 t ha⁻¹ (P1); Abu Ketel 10 t ha⁻¹ (P2); Pupuk Kandang 10 t ha⁻¹ (P3); Biochar 5 t ha⁻¹ dan Pupuk Kandang Sapi 5 t ha⁻¹ (P4); dan Abu Ketel 5 t ha⁻¹ dan Pupuk Kandang Sapi 5 t ha⁻¹ (P5).

4.1.4 Kemantapan agregat tanah

Menurut Zinn *et al.* (2005), bahan organik memiliki peran sebagai agen perekat agregat tanah, sehingga tanah memiliki gumpalan agregat yang lebih besar, kuat dan stabil. Penetapan kemantapan agregat tanah secara kuantitatif diperoleh menggunakan metode “Vilensky” dengan jalan menghitung volume tetesan air yang dibutuhkan untuk menghancurkan agregat tanah pada ukuran 4,76 mm yang diperoleh melalui ayakan kering dengan diameter lubang 8,00 mm; 4,76 mm, 2,83 mm; 2,0 mm; 1,0 mm; 0,5 mm dan 0,30 mm. Jumlah tetesan yang dibutuhkan untuk memecahkan dan menghancurkan agregat pada diameter tetesan 1 mm dengan jarak tempuh tetesan 20 cm disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rerata Jumlah Tetes Air untuk Memecahkan dan Menghancurkan Agregat Tanah pada 6, 12 dan 18 Minggu Setelah Perlakuan (MSP)

Perlakuan	Jumlah Tetes					
	Pecah			Hancur		
	6	12	18	6	12	18
Kontrol	2	2 a	1 a	13 a	14 a	14 a
Biochar 10 t ha ⁻¹	2	3 b	3 b	19 ab	27 b	32 b
Abu Ketel 10 t ha ⁻¹	4	3 b	3 b	16 ab	35 b	29 b
Pupuk Kandang 10 t ha ⁻¹	2	3 b	5 c	23 c	40 cd	67 e
Biochar 5 t ha ⁻¹ + Pupuk kandang 5 t ha ⁻¹	2	3 b	4 bc	23 c	46 d	53 d
Abu Ketel 5 t ha ⁻¹ + Pupuk kandang 5 t ha ⁻¹	3	5 c	4 bc	16 ab	33 bc	46 c

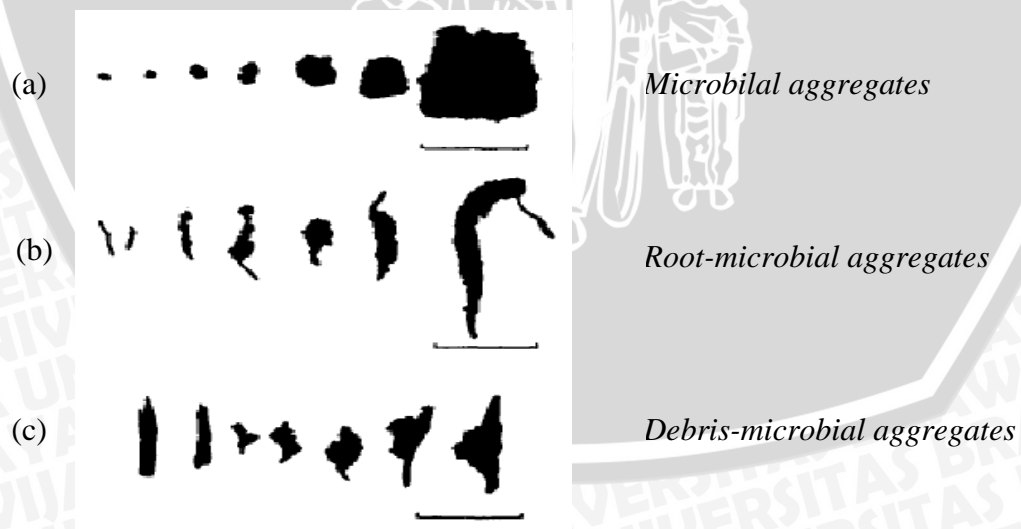
Keterangan: Bilangan yang didampingi oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%; MSP (Minggu Setelah Perlakuan).

Jumlah tetesan air yang dibutuhkan untuk menghancurkan agregat meningkat sebesar 56% pada pemberian biochar serasah tebu 10 t ha⁻¹ (P1), 52% dengan pemberian abu ketel 10 t ha⁻¹ (P2), 79% dengan pemberian pupuk kandang sapi 10 t ha⁻¹ (P3). Perlakuan kombinasi menunjukkan peningkatan jumlah tetesan dari perlakuan tunggal, yaitu sebesar 73 % pada pemberian kombinasi biochar 5 t ha⁻¹ dan pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹ (P4), sebesar 69% pada kombinasi 5 abu ketel t ha⁻¹ dan pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹ (P5).

Pembentukan struktur tanah terjadi seiring lamanya inkubasi pada pengamatan 6MSP, 12MSP dan 18MSP (Gambar 9). Pemberian bahan pembenah tanah dapat memperbaiki kemantapan agregat pada tanah apabila dibandingkan

dengan kontrol. Aplikasi pupuk kandang sapi 10 t ha⁻¹ (P3) mampu meningkatkan ketahanan agregat yang memiliki jumlah tetes air paling tinggi apabila dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Di lain pihak, perlakuan kombinasi biochar serasah tebu 5 t ha⁻¹ pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹ (P4) juga memiliki nilai jumlah tetes yang hampir sama dengan perlakuan pupuk kandang. Sejalan dengan pendapat Scholes *et al.* (1994) bahwa penambahan biochar pada tanah pasir dapat mengubah struktur tanah dari berbutir tunggal menjadi bentuk gumpal. Partikel biochar serasah tebu dan pupuk kandang sapi dapat berfungsi sebagai bahan sementasi (*cementing agent*). Berbagai bahan ekstraksi humus dari hasil pelapukan pupuk kandang sapi seperti asam-asam humus: *ferro* humat, kalsium humat, dan asam-asam *fulvic* serta polisakarida berfungsi dalam proses granulasi (Utomo, 1985).

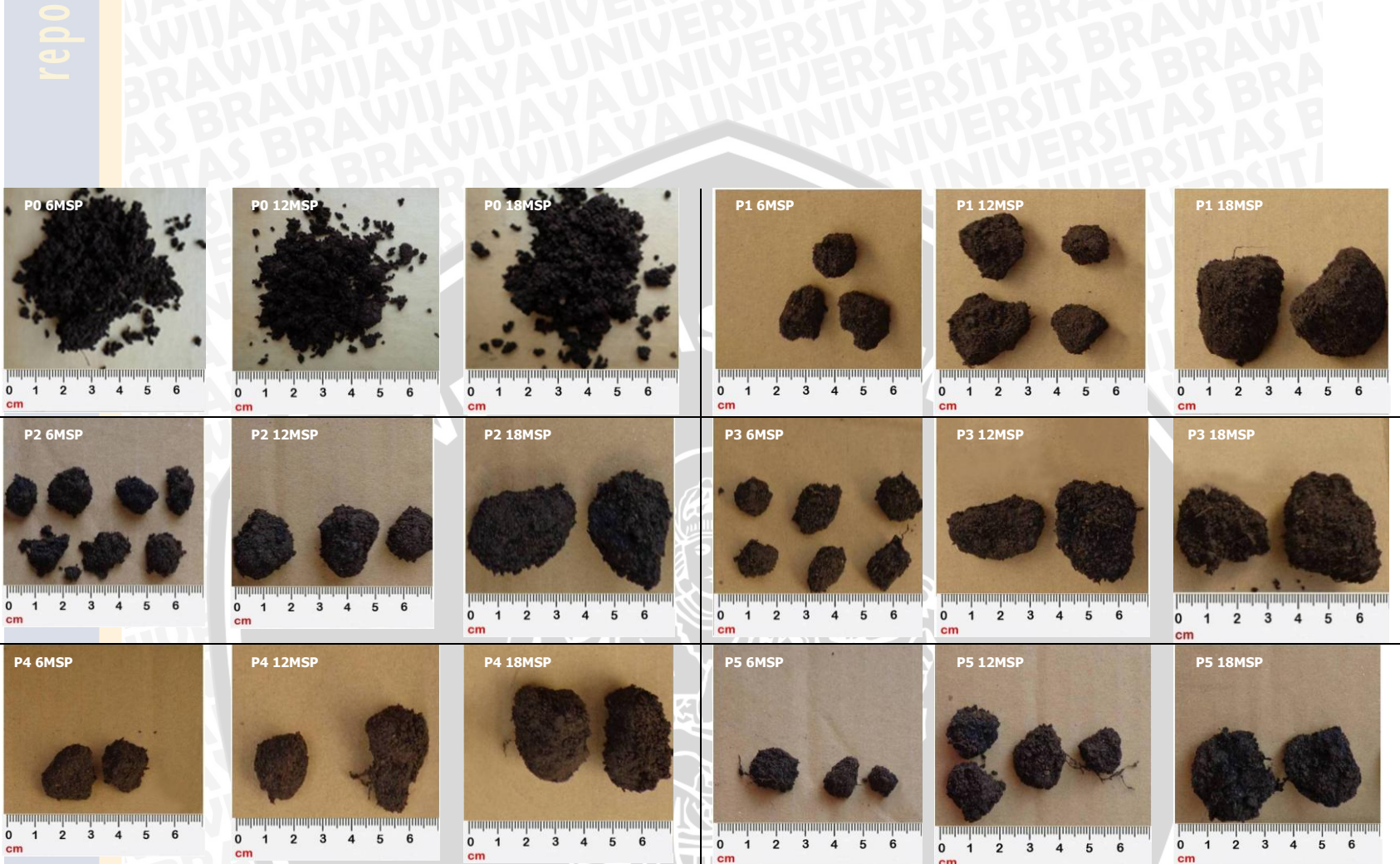
Stabilisasi agregat partikel pasir melibatkan jamur dan bakteri dalam sistem pori antara butiran pasir. Butiran pasir kemudian diikat menjadi satu oleh (a) koloni organisme melalui lendir yang dihasilkan (agregat mikroba), (b) akar dan hifa (*root microbial aggregates*) dan (c) produk metabolisme dari dekomposisi fragmen tumbuhan tinggi (Forster, 1990). Seperti diilustrasikan pada Gambar 8, ada perbedaan khas antara tiga jenis agregat.



Gambar 8. Stabilitas Agregat pada Tanah Pasir (Forster,1990).

Menurut Oades (1993), pembentukan struktur tanah terjadi melalui proses fisikokimia pada tanah berpasir tidak dapat terjadi, karena kandungan klei dan bahan organik rendah. Agregat dengan kandungan bahan organik tinggi jauh lebih mantab dari pada yang kandungan bahan organik rendah. Menurut Zinn *et al.* (2005), pada dasarnya terdapat dua tahap pembentukan struktur tanah, yakni flokulasi (gaya elektrostatis karena kation polivalen, seperti Ca, Mg, dan Fe) dan sementasi (misalnya oleh bahan organik, oksida besi, kalsium karbonat). Pembentukan struktur tanah di Asembagus dari butir tunggal menjadi gumpal membulat diduga terjadi karena proses fisikokimia dan proses biologi yang terjadi melalui sementasi oleh aktifitas koloni organisme pada bahan pembenah tanah. Berdasarkan bentuk dan ukuran agregat pada tanah berpasir di Kebun Percobaan Asembagus selama masa inkubasi merupakan jenis agregat yang termasuk *Root-microbial aggregates* dan *microbial aggregates*.

Perbedaan-perbedaan kemantapan agregat berhubungan erat dengan zat pengikat tertentu. Berbagai macam senyawa organik diketahui memiliki sifat-sifat perekat. Senyawa organik seperti oksida besi (FeO_2) mempunyai kemampuan mengikat, sehingga meningkatkan kemantapan agregat. Selain itu garam-garam larut memiliki peranan penting, terutama dalam tanah di daerah kering. Kemampuan adsorpsi secara berurutan berdasarkan jumlah ekuivalen adalah $\text{Al} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Na}$. Beberapa faktor yang mempengaruhi genesa struktur adalah kandungan liat, kegiatan fisik akar dan hewan tanah, pengaruh sisa bahan organik dan lendir yang dihasilkan oleh mikroorganisme, efek perubahan kation yang diikat seperti kalsium, dan pengolahan tanah (Buckman dan Brady, 1992).



Gambar 9. Contoh Struktur Tanah yang Diambil pada Kedalaman 45 cm pada Pengamatan 6 MSP, 12 MSP dan 18 MSP (dari kiri ke kanan). Tanpa bahan pembenah tanah (P0); Biochar 10 t ha⁻¹ (P1); Abu Ketel 10 t ha⁻¹ (P2); Pupuk Kandang 10 t ha⁻¹ (P3); Biochar 5 t ha⁻¹ dan Pupuk Kandang Sapi 5 t ha⁻¹ (P4); dan Abu Ketel 5 t ha⁻¹ dan Pupuk Kandang Sapi 5 t ha⁻¹ (P5).

4.2 Pengaruh Bahan Pembena Tanah terhadap Sifat Kimia Tanah

Tanah di Kebun Percobaan Asembagus memiliki kandungan pasir berkisar 92-98 % hingga kedalaman 50 cm (Lampiran 6 dan 7). Tanah bertekstur kasar memiliki kandungan hara lebih rendah dari tanah yang bertekstur lebih halus (Zinn *et al.*, 2005). Kondisi tekstur tanah pasir dan tingginya suhu udara mengakibatkan pelapukan (*mineralisasi*) bahan organik berlangsung sangat cepat, sehingga berdampak hilangnya unsur hara bagi tanaman akibat penguapan dan pencucian basa-basa (*leaching*). Karbon organik tanah, nilai KTK dan KB tanah merupakan sifat kimia tanah yang berperan dalam memperbaiki Indeks Mutu Tanah (IMT).

4.2.1 Karbon organik tanah

Dalam zona iklim yang sama, pengaruh dominan perubahan konsentrasi karbon organik tanah adalah tekstur tanah yang diikuti oleh rezim kelembaban tanah atau drainase (Davidson dan Lefebvre, 1993; Tan *et al.*, 2004). Ketahanan dan waktu tinggal dari karbon organik tanah biasanya meningkat dengan perubahan residu organik yang relatif segar dan mudah terurai oleh mikroba, sehingga terjadi mineralisasi hara. Bahan organik tanah berperan secara fisika, kimia maupun biologi, sehingga menentukan status kesuburan tanah (Hanafiah, 2005). Pemberian bahan pembena tanah menunjukkan pengaruh nyata terhadap kadar karbon organik tanah (Tabel 6 dan Lampiran 12).

Tabel 6. Pengaruh Bahan Pembena Tanah terhadap Kadar Karbon Organik.

Perlakuan	Karbon Organik Tanah		
	-----%-----		
	6 MSP	12 MSP	18 MSP
Kontrol	0,64	0,72	0,74 a
Biochar 10 t ha ⁻¹	0,74	0,78	1,02 bc
Abu Ketel 10 t ha ⁻¹	0,78	0,72	0,82 ab
Pupuk Kandang 10 t ha ⁻¹	0,94	0,97	1,17 c
Biochar 5 t ha ⁻¹ + Pupuk kandang 5 t ha ⁻¹	0,97	0,83	1,01 bc
Abu Ketel 5 t ha ⁻¹ + Pupuk kandang 5 t ha ⁻¹	0,82	0,94	1,09 c

Keterangan: Bilangan yang didampingi oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%; MSP (Minggu Setelah Perlakuan).

Nilai karbon organik tanah antar perlakuan tidak berbeda nyata pada 6 MSP dan 12 MSP, tetapi berbeda nyata pada 18 MSP. Kadar karbon organik tanah meningkat sebesar 27,15% pada pemberian biochar serasah tebu 10 t ha⁻¹ (P1), sebesar 9,63% pada pemberian abu ketel 10 t ha⁻¹ (P2), dan dapat meningkat hingga 36,81% pada pemberian pupuk kandang sapi 10 t ha⁻¹ (P3). Perlakuan kombinasi dapat meningkatkan kadar karbon organik tanah sebesar 27% pada pemberian biochar serasah tebu 5 t ha⁻¹ dan pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹ (P4), sebesar 32,18% pada pemberian abu ketel 5 t ha⁻¹ dan pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹ (P5).

Pemberian bahan pembenah tanah secara keseluruhan dapat meningkatkan kadar karbon organik tanah apabila dibandingkan dengan kontrol dari pengamatan 12 MSP hingga 18 MSP. Pemberian pupuk kandang sapi mampu meningkatkan kadar C organik tanah paling tinggi dibandingkan dengan pemberian biochar serasah tebu, abu ketel dan perlakuan kombinasi. Pupuk kandang telah mengalami proses praperombakan di dalam rumen (perut besar). Chesson (1997) menjelaskan, di dalam rumen proses perombakan bahan organik dapat berlangsung secara efisien karena mikrobial dapat bekerja secara optimal, sehingga ketersediaan hara lebih cepat dibandingkan perlakuan lainnya. Menurut Syakir *et al.* (2013), pemberian pupuk kandang sapi sebagai bahan organik, pengairan yang baik dan klenyekan ternyata sangat menjanjikan serta mampu menghasilkan produktivitas tebu varietas Bululawang mencapai 150 t ha⁻¹. Namun apabila sumber makanan dari pupuk kandang telah habis maka aktifitas organisme tanah dalam membantu proses dekomposisi dan mineralisasi akan menurun, sehingga kombinasi perlakuan biochar serasah tebu dan pupuk kandang sapi dapat menjadi alternatif lain dalam menjaga ketersediaan unsur C dalam tanah.

Biochar memiliki lebih banyak proporsi C aromatik, khususnya terjadinya struktur C aromatik yang menyatu, berbeda dengan struktur aromatik lainnya dari bahan organik tanah seperti lignin (Schmidt dan Noack, 2000). Biochar mempunyai waktu tinggal dalam tanah cukup lama, sehingga penggunaan biochar sebagai pembenah tanah selain penyimpan karbon (*carbon sink*) yang baik juga dapat memperbaiki sifat fisikokimia tanah (Woolf, 2008).

4.2.2 Kapasitas tukar kation dan kejenuhan basa

Kapasitas tukar kation (KTK) penting karena dapat mempengaruhi ketersediaan hara tanah, sebagian besar tanaman mendapatkan K^+ , Ca^{2+} dan Mg^{2+} dari kisi pertukaran. Fraksi pasir umumnya berukuran antara 0,0625 mm sampai 2 mm, sehingga memiliki luas permukaan adsorptif lebih rendah dari debu dan klei. Kapasitas tukar kation ditentukan oleh jenis dan jumlah klei serta bahan organik dalam tanah. Pemberian biochar serasah tebu, abu ketel dan pupuk kandang memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan KTK tanah pada 18 MSP (Tabel 7 dan Lampiran 13).

Tabel 7. Pengaruh Bahan Pembenh Tanah terhadap Kapasitas Tukar Kation.

Perlakuan	KTK		
	-----cmol kg ⁻¹ -----		
	6 MSP	12 MSP	18 MSP
Kontrol	24,68	23,70	23,70 a
Biochar 10 t ha ⁻¹	26,01	26,30	30,02 b
Abu Ketel 10 t ha ⁻¹	23,72	26,02	31,99 b
Pupuk Kandang 10 t ha ⁻¹	25,99	29,35	30,43 b
Biochar 5 t ha ⁻¹ + Pupuk kandang 5 t ha ⁻¹	29,37	30,89	31,01 b
Abu Ketel 5 t ha ⁻¹ + Pupuk kandang 5 t ha ⁻¹	24,75	28,36	32,05 b

Keterangan: Bilangan yang didampingi oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%; MSP (Minggu Setelah Perlakuan).

Peningkatan nilai KTK tanah terjadi pada perlakuan pemberian bahan organik dibandingkan dengan kontrol. Nilai KTK meningkat 21,07% dengan pemberian biochar serasah tebu 10 t ha⁻¹ (P1), 25,93% dengan pemberian abu ketel 10 t ha⁻¹ (P2), 22,13% dengan pemberian pupuk kandang sapi 10 t ha⁻¹ (P3), 23,58% dengan pemberian biochar serasah tebu 5 t ha⁻¹ dan pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹ (P4), 26,05% dengan pemberian abu ketel 5 t ha⁻¹ dan pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹ (P5).

Aplikasi bahan pembenh tanah tidak berbeda nyata antar perlakuan dalam meningkatkan kapasitas tukar kation tanah. Terjadi peningkatan nilai KTK dari 23,70 cmol kg⁻¹ menjadi 30,02 cmol kg⁻¹ pada pemberian biochar serasah tebu 10 t ha⁻¹. Menurut Duxbury *et al.*, (1989), dekomposisi bahan organik juga menghasilkan residu yang berupa humus, fraksi koloid organik ini mampu

menggabungkan partikel mineral tanah menjadi agregat. Koloid organik ini juga memiliki daya jerap kation yang lebih besar daripada koloid klei, sehingga penambahan bahan organik ke tanah dapat meningkatkan nilai KTK.

Selain meningkatkan KTK tanah, pemberian bahan pembenah tanah juga memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kejenuhan basa tanah (KB) (Tabel 8 dan Lampiran 13). Tanah pasir di lokasi penelitian memiliki nilai KB 29,04% pada kedalaman 0-35 cm (persentase pasir 92%) dan 40,76% pada kedalaman 35-50 cm (persentase pasir 98%) (Lampiran 7). Kejenuhan basa rendah berarti kemasaman tinggi dan kejenuhan basa mendekati 100% berarti tanah bersifat alkalis.

Tabel 8. Pengaruh Bahan Pembenah Tanah terhadap Kejenuhan Basa.

Perlakuan	Kejenuhan Basa		
	-----%-----		
	6 MSP	12 MSP	18 MSP
Kontrol	27.89 a	27.67 a	30.00
Biochar 10 t ha ⁻¹	39.71 b	37.39 ab	38.65
Abu Ketel 10 t ha ⁻¹	41.33 b	42.04 b	45.10
Pupuk Kandang 10 t ha ⁻¹	39.69 b	36.27 ab	33.77
Biochar 5 t ha ⁻¹ + Pupuk kandang 5 t ha ⁻¹	38.37 ab	35.65 ab	45.30
Abu Ketel 5 t ha ⁻¹ + Pupuk kandang 5 t ha ⁻¹	41.97 b	44.51 b	37.68

Keterangan: Bilangan yang didampingi oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%; MSP (Minggu Setelah Perlakuan).

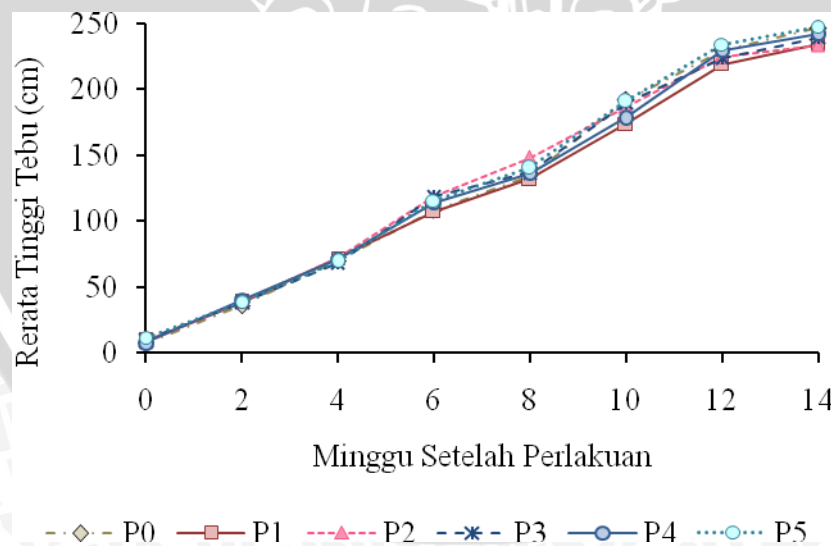
Perlakuan pemberian bahan organik berupa biochar serasah tebu, abu ketel dan pupuk kandang sapi menunjukkan peningkatan nilai KB apabila dibandingkan dengan kontrol. Nilai KB meningkat 22,38% dengan pemberian biochar serasah tebu 10 t ha⁻¹ (P1), 33,47% dengan pemberian abu ketel 10 t ha⁻¹ (P2), 11,15% dengan pemberian pupuk kandang sapi 10 t ha⁻¹ (P3), 33,77% pada perlakuan kombinasi biochar serasah tebu 5 t ha⁻¹ dan pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹ (P4), 20,39% pada perlakuan kombinasi abu ketel 5 t ha⁻¹ dan pupuk kandang 5 t ha⁻¹ (P5). Peningkatan nilai KB paling tinggi adalah dengan pemberian biochar serasah tebu 5 t ha⁻¹ dan pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹ sehingga aplikasi biochar pada tanah pasir dapat menurunkan tingkat pencucian basa-basa.

4.3 Pengaruh Bahan Pembena Tanah terhadap Pertumbuhan Tebu

Pemberian bahan pembena tanah antar perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tebu (Lampiran 14 dan 18). Pola pertumbuhan dan perkembangan tebu relatif sama pada keseluruhan perlakuan hingga pengamatan 16 MST (Minggu Setelah Tanam). Perbaikan sifat fisikokimia tanah tidak memberikan dampak langsung terhadap pertumbuhan dan perkembangan tebu baik tinggi tanaman maupun jumlah tunas hingga fase pembentukan batang.

4.3.1 Tinggi tebu

Berdasarkan perhitungan rerata tinggi tebu pada 16 MST diperoleh 247 cm pada perlakuan kontrol (P0), 235 cm pada pemberian biochar serasah tebu 10 t ha⁻¹ (P1), 234 cm dengan pemberian abu ketel 10 t ha⁻¹ (P2), 239 cm dengan pemberian pupuk kandang sapi 10 t ha⁻¹ (P3), 242 cm dengan pemberian biochar serasah tebu 5 t ha⁻¹ dan pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹ (P4), 248 cm dengan pemberian abu ketel 5 t ha⁻¹ dan pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹ (P5). Tinggi tanaman pada perlakuan kombinasi 5 t ha⁻¹ abu ketel dan 5 t ha⁻¹ pupuk kandang sapi menunjukkan hasil paling tinggi diantara perlakuan yang lainnya (Gambar 10).



Gambar 10. Pengaruh Bahan Pembena Tanah terhadap Tinggi Tebu. Tanpa bahan pembena tanah (P0); Biochar 10 t ha⁻¹ (P1); Abu Ketel 10 t ha⁻¹ (P2); Pupuk Kandang 10 t ha⁻¹ (P3); Biochar 5 t ha⁻¹ dan Pupuk Kandang Sapi 5 t ha⁻¹ (P4); dan Abu Ketel 5 t ha⁻¹ dan Pupuk Kandang Sapi 5 t ha⁻¹ (P5).

Lama inkubasi bahan pembenah tanah menjadi salah satu faktor yang menyebabkan rerata tinggi tanaman tidak berbeda nyata antar perlakuan. Selain itu aktivitas organisme perombak berbeda tergantung jumlah dan kualitas bahan organik, faktor fisika, kimia dan iklim mikro yang terdapat dalam sub sistem tanah (Swift *et al.*, 1979).

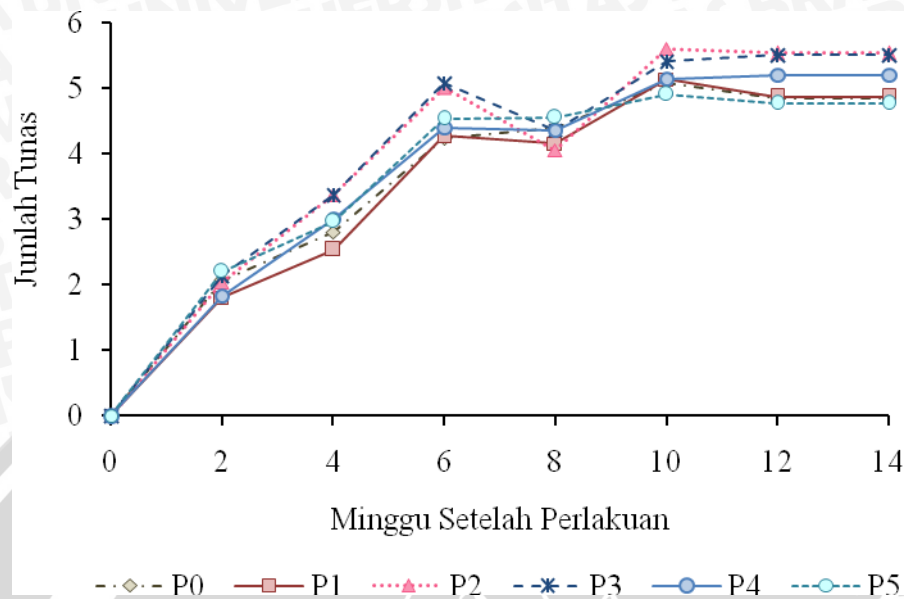
Biochar serasah tebu memiliki kandungan karbon organik 10,47% lebih tinggi dari pupuk kandang sapi dan abu ketel yakni 6,23% dan 3,48%. Biochar memiliki banyak proporsi C aromatik yang berbeda dengan struktur aromatik lainnya dari bahan organik tanah seperti lignin (Schmidt dan Noack, 2000). Sehingga ketersediaannya dalam tanah bersifat *slow release*.

4.3.2 Jumlah tunas tebu

Perlakuan biochar serasah tebu, abu ketel dan pupuk kandang tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap jumlah tunas tanaman tebu (Lampiran 15). Berdasarkan perhitungan rerata jumlah tunas tebu pada 16 MST adalah 5 tunas pada perlakuan kontrol (P0), pada pemberian biochar serasah tebu 10 t ha⁻¹ (P1), pada pemberian biochar serasah tebu 5 t ha⁻¹ dan pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹ (P4), dan pada pemberian abu ketel 5 t ha⁻¹ dan pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹ (P5). Jumlah tunas sebanyak 6 tunas terjadi pada pemberian abu ketel 10 t ha⁻¹ (P2), dan pemberian pupuk kandang sapi 10 t ha⁻¹ (P3) (Gambar 11).

Perlakuan pemberian abu ketel 10 t ha⁻¹ (P2) dan 10 t ha⁻¹ pupuk kandang sapi (P3) menunjukkan jumlah tunas paling banyak daripada perlakuan lainnya dan kontrol. Pupuk kandang sapi mampu menyediakan hara lebih cepat dibandingkan perlakuan lainnya. Pupuk kandang adalah sumber dari beberapa hara seperti nitrogen, fosfor, kalium dan lainnya (Hartatik dan Widowati, 2006).

Perbaikan indeks mutu tanah (IMT) dapat dilakukan melalui perbaikan sifat fisikokimia tanah yang secara tidak langsung dapat membantu pertumbuhan tanaman. Pemberian pembenah tanah dengan dosis 2,5 t ha⁻¹ pada tanah bertekstur pasir belum mampu memperbaiki kondisi tanah (Dariah, 2013).



Gambar 11. Pengaruh Bahan Pembenh Tanah terhadap Jumlah Tunas Tebu. Tanpa bahan pembenh tanah (P0); Biochar 10 t ha⁻¹ (P1); Abu Ketel 10 t ha⁻¹ (P2); Pupuk Kandang 10 t ha⁻¹ (P3); Biochar 5 t ha⁻¹ dan Pupuk Kandang Sapi 5 t ha⁻¹ (P4); dan Abu Ketel 5 t ha⁻¹ dan Pupuk Kandang Sapi 5 t ha⁻¹ (P5).

4.4 Pembahasan Umum

4.4.1 Pengaruh bahan pembenh tanah terhadap sifat fisikokimia tanah

Pemberian bahan pembenh tanah dapat memperbaiki sifat fisikokimia tanah dan mendorong perkembangan populasi mikro organisme tanah. Tanah di Kebun Percobaan Asembagus memiliki kandungan pasir berkisar 92-98% hingga kedalaman 50 cm. Kondisi tekstur tanah pasir dan tingginya suhu udara mengakibatkan pelapukan (mineralisasi) bahan organik berlangsung sangat cepat. Apabila tidak ada masukan bahan organik ke dalam tanah akan terjadi masalah pencucian sekaligus kelambatan penyediaan hara.

Aplikasi bahan pembenh tanah dapat memperbaiki sifat fisikokimia tanah. Perbaikan sifat fisika tanah meliputi menurunkan nilai berat isi, meningkatkan porositas total, kadar air tersedia dan memperbaiki kemantapan agregat tanah. Sedangkan perbaikan sifat kimia tanah meliputi meningkatkan nilai karbon organik tanah, kapasitas tukar kation dan kejenuhan basa. Hasil terbaik

dalam memperbaiki sifat fisikokimia tanah hingga 18 MSP, secara menyeluruh terjadi pada perlakuan penambahan 10 t ha⁻¹ pupuk kandang sapi (P3). Pemberian 10 t ha⁻¹ pupuk kandang sapi mampu menurunkan nilai berat isi tanah sebesar 2,95%, meningkatkan porositas total tanah sebesar 12%, kadar air tersedia 18%, memperbaiki kemantapan agregat tanah hingga 79%, meningkatkan kandungan karbon organik tanah sebesar 36,81%, kapasitas tukar kation sebesar 22,13% dan kejenuhan basa sebesar 11,15%.

Pemberian biochar serasah tebu 5 t ha⁻¹ dan pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹ (P4) juga mampu memperbaiki sifat fisikokimia tanah dan dapat digunakan sebagai alternatif lain permasalahan lama masa tinggal ketersediaan unsur hara dalam tanah. Biochar mempunyai waktu tinggal dalam tanah cukup lama, sehingga penggunaan biochar sebagai pembenah tanah selain penyimpan karbon (*carbon sink*) yang baik juga dapat memperbaiki sifat fisikokimia tanah (Woolf, 2008). Menurut Duxbury *et al.*, (1989), dekomposisi bahan organik juga menghasilkan residu yang berupa humus, fraksi koloid organik ini mampu menggabungkan partikel mineral tanah menjadi agregat. Koloid organik ini juga memiliki daya jerap kation yang lebih besar daripada koloid klei, sehingga penambahan bahan organik ke tanah dapat meningkatkan nilai KTK.

Lama inkubasi perlakuan dan jumlah dosis bahan pembenah tanah yang diberikan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi perbaikan sifat fisikokimia tanah, khususnya tanah berpasir. Tanah berpasir memiliki sifat porous, sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama apabila dibandingkan dengan tanah klei atau debu yang memiliki kemampuan adsorpsi lebih tinggi. Selain itu aktivitas organisme perombak berbeda tergantung jumlah dan kualitas bahan organik, faktor fisika, kimia dan iklim mikro yang terdapat dalam sub sistem tanah (Swift *et al.*, 1979).

4.4.2 Hubungan sifat fisikokimia tanah dengan pertumbuhan tebu

Hubungan sifat fisikokimia tanah dengan pertumbuhan tebu dianalisis menggunakan analisis regresi linear berganda yang berfungsi untuk mengetahui arah hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen apakah masing-masing variabel independen berhubungan positif atau negatif dan untuk memprediksi nilai dari variabel dependen apabila nilai variabel independen mengalami kenaikan atau penurunan.

Hasil analisis korelasi antara sifat fisika tanah dengan tinggi tebu menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara berat isi tanah, porositas total tanah dan kadar air tersedia terhadap tinggi tebu dimana nilai koefisien korelasi $r=0,82$. Hasil analisis regresi linear berganda menunjukkan bahwa sebesar 67% dari tinggi tebu dipengaruhi oleh berat isi tanah (X_1), porositas total tanah (X_2) dan kadar air tersedia (X_3) dimana model persamaan regresi $Y = 163,66 + 66,03X_1 - 0,18X_2 + 0,20X_3$ dengan nilai koefisien determinasi $R^2=0,67$. Penjumlahan yang dilakukan pada persamaan dengan koefisien regresi variabel berat isi tanah (X_1), porositas total tanah (X_2), dan kadar air tersedia (X_3) memperoleh nilai positif yang menunjukkan pengaruh variabel secara simultan berpengaruh positif terhadap tinggi tebu.

Hasil analisis korelasi antara sifat fisika tanah dengan jumlah tunas tebu menunjukkan terdapat hubungan yang sangat lemah dimana nilai koefisien korelasi $r=0,14$. Hasil analisis regresi antara sifat fisika tanah dengan jumlah tunas tebu menunjukkan bahwa sebesar 2% dari nilai jumlah tunas tebu dipengaruhi oleh berat isi tanah (X_1), porositas total tanah (X_2) dan kadar air tersedia (X_3) dan 98% dipengaruhi oleh variabel lain dimana nilai $R^2=0,02$.

Berdasarkan hasil analisis korelasi antara sifat kimia tanah dengan tinggi tebu menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sedang antara C-organik, Kapasitas Tukar Kation (KTK), dan Kejenuhan Basa (KB) terhadap tinggi tebu dimana nilai $r=0,5$. Hasil analisis regresi linear berganda menunjukkan bahwa sebesar 25% dari nilai tinggi tebu dipengaruhi oleh C-organik (X_1), KTK (X_2) dan KB (X_3) sedangkan 75% dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak dimasukkan dalam model penelitian ini, dimana model persamaan regresi $Y=262,50+9,63(X_1)-$

0,84(X₂)-0,16(X₃) dengan nilai koefisien determinasi R²=0,25. Penjumlahan yang dilakukan pada persamaan dengan koefisien regresi variabel C-organik (X₁), KTK (X₂), dan KB (X₃) memperoleh nilai positif yang menunjukkan pengaruh variabel secara simultan berpengaruh positif terhadap tinggi tebu.

Hasil analisis korelasi antara sifat kimia tanah dengan jumlah tunas tebu menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sedang antara C-organik, Kapasitas Tukar Kation (KTK), dan Kejenuhan Basa (KB) terhadap tinggi tebu dimana nilai koefisien korelasi r=0,501. Hasil analisis regresi linear berganda menunjukkan bahwa sebesar 19% dari nilai tinggi tebu dipengaruhi oleh C-organik (X₁), KTK (X₂) dan KB (X₃) sedangkan 81% dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak dimasukkan dalam model penelitian ini, dimana model persamaan regresi $Y=3,85-0,30(X_1)+0,04(X_2)+0,01(X_3)$ dengan nilai koefisien determinasi R²=0,19.

Hasil analisis korelasi dan regresi sifat fisikokimia tanah terhadap pertumbuhan tebu menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara sifat fisika tanah meliputi berat isi tanah, porositas total tanah dan kadar air tersedia dengan tinggi tebu namun memiliki hubungan yang sangat lemah dengan jumlah tunas tebu. Sedangkan hasil analisis korelasi sifat kimia tanah dengan pertumbuhan tebu menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sedang antara C-organik, Kapasitas Tukar Kation (KTK), dan Kejenuhan Basa (KB) terhadap tinggi tebu maupun jumlah tunas tebu.

V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Aplikasi pupuk kandang sapi 10 t ha^{-1} hingga 18 MSP secara nyata mampu memperbaiki sifat fisikokimia tanah terutama memperbaiki kemantapan agregat tanah hingga 79% yang ditunjang dengan meningkatnya kandungan karbon organik tanah sebesar 36,81%, kapasitas tukar kation sebesar 22,13% dan kejenuhan basa sebesar 11,15%.
2. Aplikasi biochar serasah tebu pada dosis 10 t ha^{-1} hingga 18 MSP secara nyata mampu memperbaiki sifat fisika tanah terutama menurunkan nilai berat isi hingga 13,3%, namun belum memberikan kontribusi terhadap perbaikan agregat tanah hingga fase pembentukan batang. Biochar cenderung memiliki sifat rekalsitran (lebih tahan terhadap oksidasi dan lebih stabil dalam tanah sehingga memiliki pengaruh jangka panjang), sehingga lama inkubasi merupakan salah satu faktor penentu dalam mengoptimalkan dampak positif dari biochar.
3. Pemberian bahan pembenah tanah berupa biochar serasah tebu, abu ketel dan pupuk kandang sapi pada dosis 10 t ha^{-1} belum mampu meningkatkan pertumbuhan tebu hingga fase pembentukan batang.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan pengamatan lanjutan untuk mengetahui pengaruh bahan pembenah tanah hingga produksi tebu dan pengamatan mekanisme agregasi tanah berdasarkan aktifitas mikrobial tanah.
2. Perlu adanya penelitian terkait uji aplikasi bahan pembenah tanah pada variasi dosis lebih dari 10 t ha^{-1} pada tanah berpasir dikarenakan sifatnya yang porous dan miskin hara.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmojo, S. W. 2003. Peranan Bahan Organik terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya. Pidato Pengukuhan Guru Besar Ilmu Kesuburan Tanah. Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Bakker, M. 1999. Sugarcane Cultivation and Management. Kluwer Academic. Plenum Publishers. New York.
- Bélanger, N.I., Côté, B., Fyles, J.W., Chourchesne, F. and Hendershot, W.H. 2004. Forest Regrowth as The Controlling Factor of Soil Nutrient Availability 75 Years after Fire in A Deciduous Forest of Southern Quebec. *Plant and Soil*. 262: 363-272.
- Buckman H.O. dan Brady N.C. 1982. Ilmu Tanah. (Edisi Saduran dari *The Nature and Properties of Soils* terjemahan Soegiman). Bhratara Karya Aksara. Jakarta.
- Chapman S.R. and Carter L.P. 1976. *Crop Production, Principle and Practices*. San Francisco. WH Freeman.
- Chan, K.Y., Van Zwieten. L, Meszaros. I, Downie. A. and Joseph. S. 2007. Agronomic Values of Green Waste Biochar as A Soil Amendment. *Australian Journal of Soil Research*. 45: 437-444
- Chan, K.Y., Van Zwieten. L, Meszaros. I, Downie. A. and Joseph. S. 2008. Using Poultry Litter Biochars as Soil Amendments. *Australian Journal of Soil Research*. 46: 437-444
- Chesson, A. 1997. Plant Degradation by Ruminan: Parallels With Litter Decomposition In Soil, In Driven by Nature Plant Litter Quality and Decomposition, Department of Biological Sciences. (Eds Cadisch, G. and Giller, K.E.). Way College, University of London, UK. pp. 47-66.
- Cholis, C. N. 2009. Pengaruh Tanah Liat, Bahan Organik dan Frekuensi Pengairan Terhadap Kadar N, P, K dan C-organik serta Pertumbuhan Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) pada Tanah Pasir di Asembagus, Situbondo. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. (unpublished).
- Coumaravel K., Santhi R., Sanjiv Kumar V. and Mansour M.M. 2011. Biochar a Promising Soil Additive. Department of Soil Science and Agricultural Chemistry, Tamil Nadu Agriculture University, Coimbatore. India.
- Dariah, A.N. 2013. Pemanfaatan Pembenh Tanah untuk Pemulihan Tanah Terdegradasi yang Didominasi Fraksi Pasir dan Liat. Bogor: Penelitian Badan Litbang di Balai Penelitian Tanah, Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan.
- Davidson, E.A., and Lefebvre P.A. 1993. Estimating Regional Carbon Stocks and Spatially Covarying Edaphic Factors Using Soil Maps at Three Scales. *Biogeochem*. 22:107-131.

DeLuca, T.H., MacKenzie, M.D., Gundale, M.J. and Holben, W.E. 2006. Wildfire-Produced Charcoal Directly Influences Nitrogen Cycling in Ponderosa Pine Forests. *Soil Science Society of America Journal*. 70: 448-453.

Ditjenbun. 2007. Potensi dan Prospek Pabrik Gula di Luar Jawa. Makalah Presentasi di Seminar Gula Nasional Perhimpunan Teknik Pertanian (PERTETA) di Makassar, 4 Agustus 2007. Dalam Hermawan dan PAS, Randite. 2009. *Rekayasa Mesin Pencacah dan Pembenam Serasah untuk Budidaya Tanaman Tebu*. Prosiding Seminar Hasil-hasil Penelitian IPB. Bogor.

Downie, A., Crosky, A. and Munroe, P. 2009. Physical Properties of Biochar. In: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.), *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan. London.

Duxbury, J.M., Smith M.S. and Doran J.W. 1989. Soil Organic Matter as a Source and a Sink of Plant Nutrient. In *Dynamic of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystem*. Dept. of Agro and Soil Sci. Univ. of Hawaii.

Dwidjoseputro, D. 1978. *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. PT Gramedia, Jakarta.

Fauconnier, R. 1993. *Sugarcane*. Macmilan Press Ltd. London.

Farrington, P. and Campbell, N.A. 1970. Properties of Deep Sandy Soils and The Growth of Lovegrass, *Eragrostis Curvula* (Schrad.) Ness. *Australian Journal of Soil Research*.

Forster, S.M., 1990. The Role of Microorganisms in Aggregate Formation and Soil Stabilization. *Types of Aggregation*. *Arid Soil Research and Management*. 4: 85-98.

Gardner, F.P., Pearce, R.B., dan Mitchel, R.L. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya (Crop Physiology terjemahan Herawati Susilo dan Subianto)*. UI-Press. Jakarta.

Glaser B, Lehman J. and Zech. W. 2002. Ameliorating Physical and Chemical Properties of Highly Weathered Soils in The Tropics With Charcoal – A Review. *Biology and Fertility of Soil*. 35: 219-230

Hairiah, K., Widiyanto, Utami, S.R., Suprayogo, D., Sunaryo, S.M. Sitompul, B. Lusiana, M. Van Noorwijk dan Cadisch, G. 2000. *Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi, Refleksi Pengalaman dari Lampung Utara*. International Centre for Research in Agroforestry. Bogor.

Hanafiah, K. A. 2005. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta

Hardjowigeno, S. 1987. *Ilmu Tanah*. PT Medyatama Sarana Perkasa. Jakarta.

Hartatik, W. dan L.R. Widowati. 2006. *Pupuk Kandang dalam Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.

- Hassuani, S. J., Leal, M. R. L. V., and Macedo, I. C. 2005. Biomass Power Generation: Sugarcane Bagasse and Trash. PNUD. Piracicaba. Brazil. P. 22.
- Hillel, D. 1998. Pengantar Fisika Tanah. Edisi Pertama Terjemahan Robiyanto H.S dan Rahmad H.P. Mitra Gama Widya, Yogyakarta.
- Humbert R.P. 1968. The Growing of Sugar Cane. Elsevier Publishing Company. Amsterdam.
- Indrawanto, C, Purwono, Siswanto, Syakir, M dan Rukmini, W. 2010. Budidaya dan Pascapanen Tebu, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. ESKA Media. Bogor.
- Islami, T., Guritno, B., Nurbasuki and Suryanto, A. 2011. Maize Yield and Associated Soil Quality Changes in Cassava + Maize Intercropping System after 3 Years of Biochar Application. *Journal of Agriculture and Food Technology*. 7: 112-115
- Keech, O., Carcaillet, C. and Nilsson, M.C., 2005. Adsorption of Allelopathic Compounds by Wood-derived Charcoal: The Role of Wood Porosity', *Plant and Soil*. 272: 291-300
- Kishimoto S. and Sugiura, G. 1985. Charcoal as A Soil Conditioner, in: *Symposium on Forest Products Research, International Achievements for the Future*. 5: 12-23
- Komar, M. 1984. Ketersediaan Lengan Tanah untuk Tanaman pada Tanah Regosol dengan Menggunakan Tanaman Jagung sebagai Tanaman Uji. Tesis Pasca Sarjana UGM. Yogyakarta.
- Kurniawan, Y. dan Santoso, H. Listrik sebagai Ko-produk Potensial Pabrik Gula. *Jurnal Litbang Pertanian*. 28: pp.26
- Lehmann, J. 2007. A Handful of Carbon. *Nature*. 447: 144
- Lehmann, J. and Joseph, S., 2009. *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan. London.
- Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B., Skjemstad, J.O., Thies, J., Luizão, F.J., Petersen, J., and Neves, E.G., 2006. Black Carbon Increases Cation Exchange Capacity in Soils. *Soil Science Society of America Journal*. 70: 1719-1730
- Masulili, A., Utomo, W.H. and Syekhfani. 2010. Rice Husk Biochar for Rice Based Cropping System in Acid Soil. The Characteristic of Rice Husk Biochar and Its Influence on The Properties of Acid Sulfate Soils and Rice Husk Growth in West Kalimantan, Indonesia. *Canadian Journal of Agricultural Science*. 3: 25-33.
- McFarlane, D.J. and Carter, D.J. 1990. The Effect of Erosion on Soil Productivity in South-western Australia. In: *Working Paper Erosion Productivity and*

Erosion Prediction Workshop. 5th Australian Soil Conservation Conference. Perth

Miller, J.D., Gilbert R.A. and Otero D.C. 2013. Sugarcane Botany: A Brief View¹. University of Florida, IFAS Extension. Hal 3. SS-AGR-234. Retrieved via Internet Mozilla Firefox 4.0 Beta 11 <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/SC/SC03400.pdf>. 1 Maret 2013.

Nguyen, B., Lehmann, J., Hockaday, W.C., Joseph, S. and Masiello, C.A., 2010. Temperature Sensitivity of Black Carbon Decomposition and Oxidation. *Environmental Science and Technology*.

Oades, J.M. 1993. The Role of Biology in The Formation, Stabilization and Degradation of Soil Structure. *Geoderma*, 56: 377-400.

P3GI. 1998. Tebu: Budidaya, Pengolahannya Menjadi Gula serta Produk Sampingnya. Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia. Pasuruan.

P3GI. 2013. Deskripsi Tebu Varietas BL (Bululawang). www.sugarresearch.org. Retrieved via Internet Mozilla Firefox 4.0 Beta 11, 1 Maret 2013.

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.

Scholes, M.C., Swift, O.W., Heal, P.A. Sanchez, J.S.I., Ingram and Dudal R. 1994. Soil Fertility Research in Response to Demand for Sustainability. In *The Biological Management of Tropical Soil Fertility* (Eds Woomer, P.I. and Swift, M.J.) John Wiley & Sons. New York.

Schmidt, M. W. I. and Noack, A.G. 2000. Black Carbon in Soils and Sediments: Analysis, Distribution, Implications, and Current Challenges. *Global Biogeochemical Cycles*. 14: 777-79

Shepherd, M.A., Harrison, R., and Weeb., J. 2002. Managing Soil Organic Matter Implications for Soil Structure on Organic Farms. *Soil use and management*. 18: 284-292.

Soil Survey Staff. 1998. Kunci Taksonomi Tanah. Edisi Kedua Bahasa Indonesia, 1999. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat., Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Steiner, C., Teixeira, W.G., Lehmann, J., Nehls, T., de Macedo, J.L.V., Blum, W. E.H., and Zech, W. 2007. Long effect of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on highly weathered central amazonian upland soil. *Plant Soil*. 291: 275-290

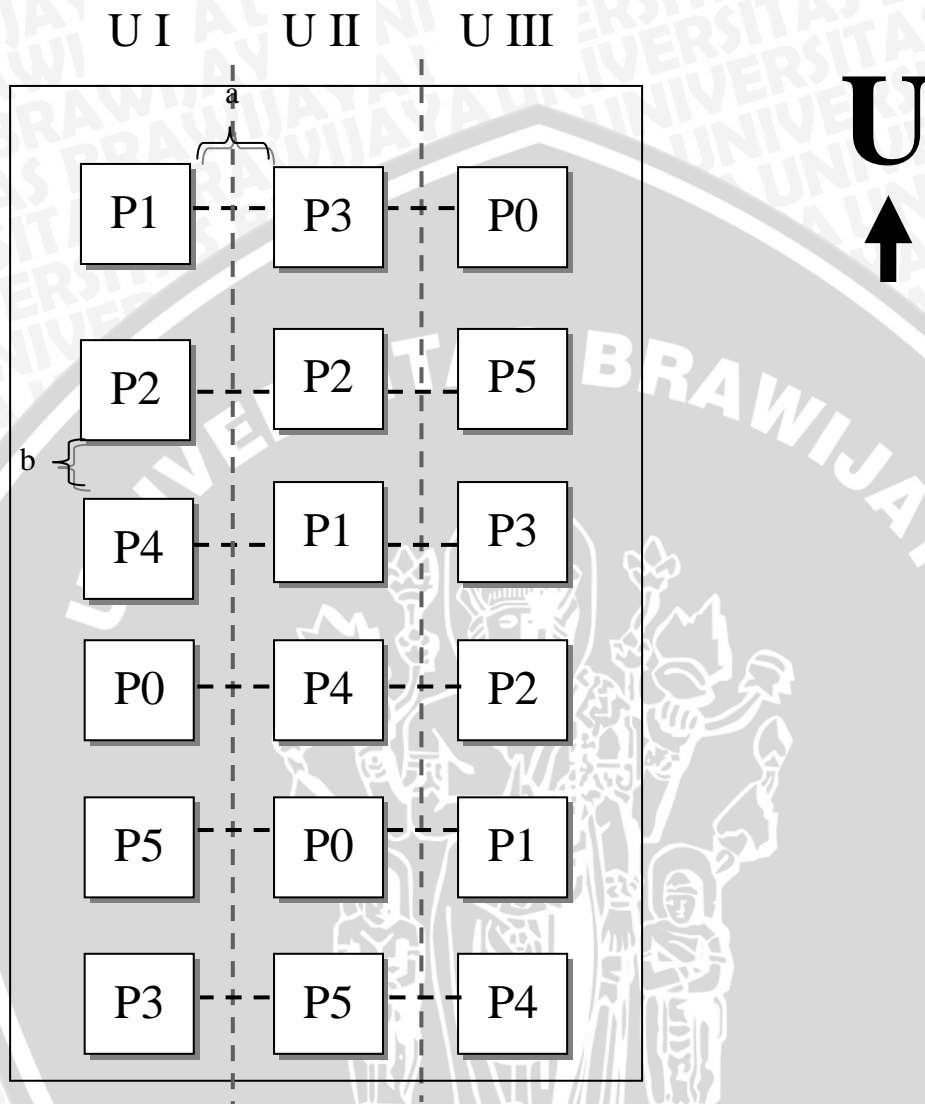
Sudiatso, S. 1982. Bertanam Tebu. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Sutanto, R. 2005. Dasar-dasar Ilmu Tanah (Konsep dan Kenyataan). Kanisius. Yogyakarta. P.64-45.
- Suwardji and Eberbach, P.L. 1998. Seasonal Changes of Physical Properties of An Oxic Paleustalf after 16 Years of Direct Drilling Or Conventional Cultivation. *Journal Soil and Tillage Research* 49: 65-77.
- Swift, M.J., O.W. Heal and Anderson M.J. 1979. Dicomposition in Terrestrial Ecosystems. Blackwell Scientific Publications. London. UK.
- Syakir, M., S. Deciyanto, Damanik, S. 2013. Analisa Usahatani Budidaya Tebu Intensif, Studi Kasus di Kabupaten Purbalingga. Buletin Tanaman Tembakau, Serat dan Minyak Industri 5(2), Oktober 2013:51–57 ISSN: 2085-6717.
- Syukur, A. 2005. Pengaruh Pemberian Bahan Organik terhadap Sifat-sifat Tanah dan Pertumbuhan Caisim di Tanah Pasir Pantai. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 5 : 30-38.
- Tan, K.H. 1993. Environmental Soil Science. Marcel Dekker. Inc. New York.
- Tan, K.H., R. Lal, N.E. Smeck, and Calhoun, F.G. 2004. Relationships Between Surface Soil Organic Carbon Pool and Site Variabels. *Geoderma* 121: 187-195.
- Toharisman, A. 1991. Pengelolaan Tebu Berkelanjutan. Pusat Penelitian Gula Indonesia (P3GI).
- United Nations. 2007. Statistical Yearbook for Asia and The Pacific 2007. United Nations publication. New York.
- Utomo, W.H. 1985. Dasar-dasar Fisika Tanah. Jurusan Ilmu Tanah-FP UB Malang.
- Widowati, Utomo, W.H., Soehono, L.A. and Guritno, B. 2011. Effect of Biochar on The Release and Loss of Nitrogen from Urea Fertilization. *Journal of Agriculture and Food Technology*.
- Woolf, D. 2008. Biochar as A Soil Amendment: A Review of The Environmental Implications. Retrieved via Internet Mozilla Firefox 4.0 Beta 11 at http://orgprints.org/13268/01/Biochar_as_a_soil_amendment_a_review.pdf. 2 Maret 2013.
- Yamato, M., Okimori, Y., Wibowo, I.F., Anshori, S. and Ogawa, M., 2006. Effects of The Application of Charred Bark of *Acacia mangium* on The Yield of Maize, Cowpea and Peanut, and Soil Chemical Properties in South Sumatra, Indonesia. *Soil Science and Plant Nutrition*.
- Zinn, Y.L., Lal, R., Bigham, J.M., Dick, W.A., and Ward, A. 2005. Textural, Mineralogical and Structural Controls on Soil Organic Carbon Retention in The Brazilian Cerrados. Disertation. The Ohio State University.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Denah Percobaan



Keterangan:

P0 = Tanah Pasir (kontrol)

P1 = Pemberian Biochar Serasah Tebu 10 t ha⁻¹P2 = Pemberian Abu Ketel 10 t ha⁻¹P3 = Pemberian Pupuk Kandang 10 t ha⁻¹P4 = Pemberian Biochar Serasah Tebu 5 t ha⁻¹ + Pupuk Kandang Sapi 5 t ha⁻¹P5 = Pemberian Abu Ketel 5 t ha⁻¹ + Pupuk Kandang Sapi 5 t ha⁻¹

a = Jarak antar ulangan 2,6 m

b = Jarak antar petak 2,6 m

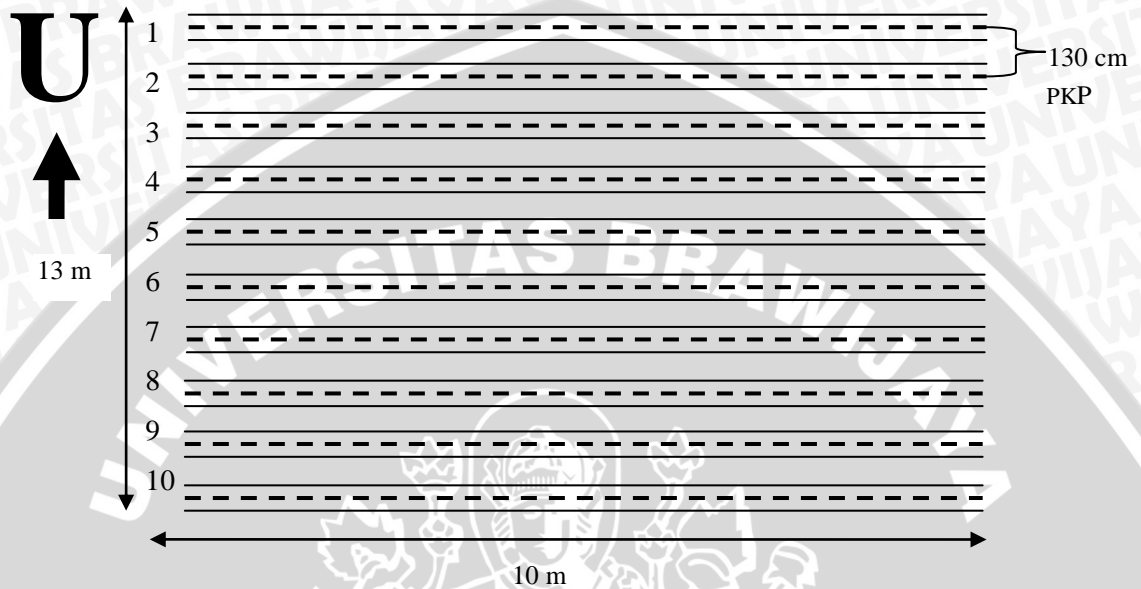
UI/UII/UIII = Ulangan 1/ Ulangan 2/ Ulangan 3

Luas petak = 130 m² (13 m × 10 m)Luas petakan bersih = 2.340 m²Luas Lahan Total = 3.538 m²

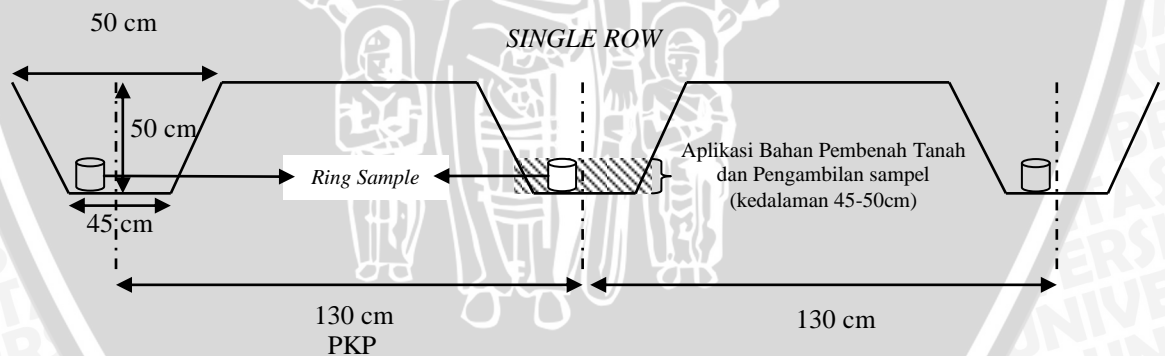
Garis putus-putus = alur pemberian air irigasi

Lampiran 2. Sketsa Juring dalam Petak Percobaan dan Jarak Tanam atau Jarak Pusat ke Pusat (PKP)

a. Sketsa Juring dalam Petak Percobaan



b. Jarak Tanam atau Jarak Pusat ke Pusat (PKP) dan Pengambilan Sampel



Keterangan :

Jarak tanam atau jarak pusat ke pusat (PKP) = 130 cm

Lebar atas = 50 cm

Lebar bawah = 45 cm

Dalam = 50 cm

Lampiran 3. Pembuatan Biochar Serasah Tebu



1

1. Menimbang massa serasah tebu.



2

2. Membakar serasah tebu.



3

3. Memasang tutup drum.



4

4. Memasang cerobong.



5

5. Menyiram biochar (menghentikan pembakaran).



6

6. Biochar serasah tebu siap diaplikasikan ke lahan.

Lampiran 4. Perhitungan Kebutuhan Bahan Pembena Tanah

1) Dosis 10 t ha⁻¹

Diketahui:

- Dosis Pembena Tanah = 10 t ha⁻¹
- Ukuran Petak Percobaan = 130 m²
- Jumlah Juring/ Petak = 10 Juring

Maka kebutuhan pembena tanah pada petak percobaan dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Ukuran Petak}}{10000 \text{ m}^2} \times \text{Dosis Bahan Pembena Tanah} \\
 &= \frac{130 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} \times 10 \text{ t ha}^{-1} \\
 &= 0,13 \text{ ton per petak} \\
 &= \mathbf{130 \text{ kg per petak}}
 \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan bahan pembena tanah tiap juring ialah **13 kg per juring**

2) Dosis 5 t ha⁻¹

Diketahui:

- Dosis Bahan Pembena Tanah = 5 t ha⁻¹
- Ukuran Petak Percobaan = 130 m²
- Jumlah Juring/ Petak = 10 Juring

Maka kebutuhan pembena tanah pada petak percobaan dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Ukuran Petak}}{10000 \text{ m}^2} \times \text{Dosis Bahan Pembena Tanah} \\
 &= \frac{130 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} \times 5 \text{ t ha}^{-1} \\
 &= 0,065 \text{ ton per petak} \\
 &= \mathbf{65 \text{ kg per petak}}
 \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan bahan pembena tanah tiap juring ialah **6,5 kg perjuring**, pada perlakuan kombinasi dengan perbandingan dosis 1 : 1 (pada dosis 5 t ha⁻¹: 5 t ha⁻¹)

Lampiran 5. Perhitungan Kebutuhan Pupuk Phonska dan ZA

1) Kebutuhan Pupuk Phonska

Diketahui:

- Rekomendasi Dosis Pupuk Phonska = 600 kg ha⁻¹
- Ukuran Petak Percobaan = 130 m²
- Jumlah juring = 10 juring

Maka kebutuhan pupuk phonska tiap juring dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Ukuran Petak}}{10000 \text{ m}^2} \times \text{Dosis Pupuk Phonska} \\
 &= \frac{130 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} \times 600 \text{ kg ha}^{-1} \\
 &= 7,8 \text{ kg per petak} \\
 &= \mathbf{780 \text{ gram per juring}}
 \end{aligned}$$

2) Kebutuhan Pupuk ZA

Diketahui:

- Rekomendasi Dosis ZA = 500 kg ha⁻¹
- Ukuran Petak Percobaan = 130 m²
- Jumlah juring = 10 juring

Maka kebutuhan pupuk phonska tiap juring dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Ukuran Petak}}{10000 \text{ m}^2} \times \text{Dosis Pupuk ZA} \\
 &= \frac{130 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} \times 500 \text{ kg ha}^{-1} \\
 &= 6,5 \text{ kg per petak} \\
 &= \mathbf{650 \text{ gram per juring}}
 \end{aligned}$$

Lampiran 6. Deskripsi Profil Tanah.

Seri : Asembagus, Situbondo
 Metode Pengamatan : Minipit
 Elevasi : 5,5 m dpl
 Fisiografi : Dataran rendah
 Kelerengan : 3%
 Posisi : Lembah
 Batuan permukaan : Sedang
 Drainase : Cepat
 Banjir : Tidak ada
 Bahaya Erosi : Ringan
 Landuse : Kebun campuran
 Kedalaman efektif : > 120 cm
 Vegetasi : Tanaman jarak pagar, kapas, *Crotalaria juncea*, Tebu, Jagung
 Bahan induk : Aluvial (endapan bahan vulkan)
 Deskripsi oleh : Kustanti Wahyu Utami
 Klasifikasi
 Rejim kelembapan tanah : Ustik
 Rejim suhu tanah : Isotermik
 Epipedon : Okrik
 Endopedon : -
 Ordo : Entisols
 Sub ordo : Psamments
 Great group : Ustipsamments
 Sub group : **Typic Ustipsamments**

Penampang Profil	Horison	cm	Deskripsi
	Ap	0-7	Cokelat gelap (10 YR 3/3); Pasir; struktur lepas; pori halus sedikit, sedang cukup, kasar cukup banyak; akar halus cukup, sedang sedikit, kasar tidak ada; batas baur dan bergelombang
	AC	7-35	Cokelat gelap (10 YR 3/3); Pasir; struktur lepas; pori halus sedikit, sedang cukup, kasar cukup banyak; akar halus, sedang, kasar tidak ada; batas jelas dan bergelombang
	C1	35-50	Hitam (10 YR 2/1); pasir; struktur butir tunggal; lepas; pori halus, sedang, kasar banyak; akar halus, sedang, kasar tidak ada; kerikil sedang, batas jelas dan bergelombang.
	C2	50-71	Cokelat sangat gelap (10 YR 2/2); pasir; struktur butir tunggal; lepas; pori halus sedikit, sedang cukup, kasar cukup; akar halus, sedang, kasar tidak ada; batuan kasar diameter > 10 cm, sedang; baur bergelombang
	C3	71-82	Cokelat sangat gelap (10 YR 2/2); pasir; struktur butir tunggal; lepas; pori halus, sedang cukup, kasar cukup banyak; akar halus, sedang, kasar tidak ada; batuan kasar diameter 0.5-2 cm banyak; batas jelas, bergelombang
	C4	82-95	Cokelat sangat gelap (10 YR 4/2); Pasir; struktur butir tunggal; pori halus, sedang, kasar banyak; akar halus, sedang, kasar tidak ada; batas jelas

Lampiran 7. Analisa Dasar Tanah dan Bahan Organik.

a. Analisa Dasar Sifat Fisika Tanah Pasir

No.	Kode	Berat		Porositas Total	Kadar Air pF			Pasir	Debu	Klei	Kelas Tekstur
		Isi	Jenis		% Volume						
		---- g cm ⁻³ ----		-----%-----	0	2,5	4,2	-----%-----			
1	Lapisan 1 (kedalaman 0-35 cm)	1,23	2,09	40,90	41	35	5	92,40	7,50	0	Pasir
2	Lapisan 2 (kedalaman 35-50 cm)	1,23	2,21	44,21	44	36	5	97,50	2,40	0	Pasir

b. Analisa Dasar Sifat Kimia Tanah Pasir

No.	Kode	pH H ₂ O	C-Organik	N-Total	P Bray 1	P Olsen	K	Na	Ca	Mg	KTK	Jumlah Basa	KB
			NH ₄ OAC1N pH:7										
			-----%-----		----mg kg ⁻¹ ----		-----cmol kg ⁻¹ -----		-----%-----				
1	Lapisan 1 (kedalaman 0-35 cm)	6,9	0,72	0,09	4,58	0,12	0,32	4,89	0,16	18,92	5,49	29,04	
2	Lapisan 2 (kedalaman 35-50 cm)	6	0,42	0,13	5,92	0,05	0,34	6,14	0,31	16,78	6,84	40,76	
3	Campuran (Lapisan 1 dan Lapisan 2)	6,5	0,60	0,02	5,93	0,08	0,31	6,30	1,58	22,05	8,27	37,52	

c. Analisa Dasar Kimia Bahan Organik

No.	Kode	pH H ₂ O	C-Organik	N-Total	P	K	C/N
			-----%-----				
1	Seresah Tebu	-	182,46	0,47	0,03	0,57	384
2	Biochar Serasah Tebu	8,7	10,47	0,57	0,23	45,56	18
3	Abu Ketel	10	3,48	0,13	0,72	19,18	28
4	Pupuk Kandang	7,8	6,23	0,44	0,49	4,15	14

Lampiran 8. Tabel ANOVA Berat Isi.

Pengamatan	SK	db	JK	KT	F Hitung		F tabel	
							5%	1%
2 MSP	Perlakuan	5	0,018	0,004	0,201	tn	3,330	5,640
	Ulangan	2	0,071	0,036	2,004	tn	4,100	7,560
	Galat	10	0,178	0,018				
	Total	17	0,267					
4 MSP	Perlakuan	5	0,024	0,005	2,558	tn	3,330	5,640
	Ulangan	2	0,001	0,001	0,327	tn	4,100	7,560
	Galat	10	0,019	0,002				
	Total	17	0,043					
6 MSP	Perlakuan	5	0,018	0,004	1,064	tn	3,330	5,640
	Ulangan	2	0,002	0,001	0,373	tn	4,100	7,560
	Galat	10	0,033	0,003				
	Total	17	0,053					
8 MSP	Perlakuan	5	0,014	0,003	0,474	tn	3,330	5,640
	Ulangan	2	0,001	0,000	0,073	tn	4,100	7,560
	Galat	10	0,057	0,006				
	Total	17	0,072					
10 MSP	Perlakuan	5	0,031	0,006	1,083	tn	3,330	5,640
	Ulangan	2	0,028	0,014	2,390	tn	4,100	7,560
	Galat	10	0,058	0,006				
	Total	17	0,116					
12 MSP	Perlakuan	5	0,036	0,007	0,534	tn	3,330	5,640
	Ulangan	2	0,006	0,003	0,236	tn	4,100	7,560
	Galat	10	0,136	0,014				
	Total	17	0,179					
14 MSP	Perlakuan	5	0,040	0,008	2,787	tn	3,330	5,640
	Ulangan	2	0,002	0,001	0,346	tn	4,100	7,560
	Galat	10	0,029	0,003				
	Total	17	0,072					
16 MSP	Perlakuan	5	0,050	0,010	1,927	tn	3,330	5,640
	Ulangan	2	0,016	0,008	1,558	tn	4,100	7,560
	Galat	10	0,052	0,005				
	Total	17	0,119					
18 MSP	Perlakuan	5	0,062	0,012	1,816	tn	3,330	5,640
	Ulangan	2	0,001	0,001	0,090	tn	4,100	7,560
	Galat	10	0,069	0,007				
	Total	17	0,132					

Keterangan: Tidak nyata (tn); nyata (*); dan sangat nyata (**)

Lampiran 9. Tabel ANOVA Porositas Total.

Pengamatan	SK	db	JK	KT	F Hitung		F tabel	
							5%	1%
2 MSP	Perlakuan	5	75,167	15,033	0,395	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	133,000	66,500	1,748	tn	4,10	7,56
	Galat	10	380,333	38,033				
	Total	17	588,500					
4 MSP	Perlakuan	5	49,778	9,956	1,847	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	0,778	0,389	0,072	tn	4,10	7,56
	Galat	10	53,889	5,389				
	Total	17	104,444					
6 MSP	Perlakuan	5	24,278	4,856	0,591	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	13,778	6,889	0,838	tn	4,10	7,56
	Galat	10	82,222	8,222				
	Total	17	120,278					
8 MSP	Perlakuan	5	11,778	2,356	0,154	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	25,444	12,722	0,830	tn	4,10	7,56
	Galat	10	153,222	15,322				
	Total	17	190,444					
10 MSP	Perlakuan	5	62,444	12,489	0,966	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	78,778	39,389	3,048	tn	4,10	7,56
	Galat	10	129,222	12,922				
	Total	17	270,444					
12 MSP	Perlakuan	5	76,444	15,289	0,966	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	21,778	10,889	0,688	tn	4,10	7,56
	Galat	10	158,222	15,822				
	Total	17	256,444					
14 MSP	Perlakuan	5	85,333	17,067	0,806	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	13,000	6,500	0,307	tn	4,10	7,56
	Galat	10	211,667	21,167				
	Total	17	310,000					
16 MSP	Perlakuan	5	224,444	44,889	3,585	*	3,33	5,64
	Ulangan	2	38,111	19,056	1,522	tn	4,10	7,56
	Galat	10	125,222	12,522				
	Total	17	387,778					
18 MSP	Perlakuan	5	292,944	58,589	4,998	*	3,33	5,64
	Ulangan	2	4,111	2,056	0,175	tn	4,10	7,56
	Galat	10	117,222	11,722				
	Total	17	414,278					

Keterangan: Tidak nyata (tn); nyata (*); dan sangat nyata (**)

Lampiran 10. Tabel ANOVA Kadar Air Tersedia

Pengamatan	SK	db	JK	KT	F Hitung		F tabel	
							5%	1%
2 MSP	Perlakuan	5	18,667	3,733	0,210	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	9,333	4,667	0,262	tn	4,10	7,56
	Galat	10	178,000	17,800				
	Total	17	206,000					
4 MSP	Perlakuan	5	4,944	0,989	0,286	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	7,444	3,722	1,077	tn	4,10	7,56
	Galat	10	34,556	3,456				
	Total	17	46,944					
6 MSP	Perlakuan	5	18,667	3,733	0,704	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	30,333	15,167	2,862	tn	4,10	7,56
	Galat	10	53,000	5,300				
	Total	17	102,000					
8 MSP	Perlakuan	5	20,278	4,056	0,938	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	5,444	2,722	0,630	tn	4,10	7,56
	Galat	10	43,222	4,322				
	Total	17	68,944					
10 MSP	Perlakuan	5	55,778	11,156	1,250	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	42,111	21,056	2,360	tn	4,10	7,56
	Galat	10	89,222	8,922				
	Total	17	187,111					
12 MSP	Perlakuan	5	72,278	14,456	1,683	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	58,778	29,389	3,422	tn	4,10	7,56
	Galat	10	85,889	8,589				
	Total	17	216,944					
14 MSP	Perlakuan	5	40,944	8,189	0,715	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	0,111	0,056	0,005	tn	4,10	7,56
	Galat	10	114,556	11,456				
	Total	17	155,611					
16 MSP	Perlakuan	5	157,778	31,556	5,269	*	3,33	5,64
	Ulangan	2	18,778	9,389	1,568	tn	4,10	7,56
	Galat	10	59,889	5,989				
	Total	17	236,444					
18 MSP	Perlakuan	5	173,611	34,722	2,317	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	14,778	7,389	0,493	tn	4,10	7,56
	Galat	10	149,889	14,989				
	Total	17	338,278					

Keterangan: Tidak nyata (tn); nyata (*); dan sangat nyata (**)

Lampiran 11. Tabel ANOVA Agregat Tanah

a. Tetes Pecah

Pengamatan	SK	db	JK	KT	F Hitung	F tabel		
						5%	1%	
6 MSP	Perlakuan	5	12,944	2,589	2,307	tn	3,330	5,640
	Ulangan	2	2,111	1,056	0,941	tn	4,100	7,560
	Galat	10	11,222	1,122				
	Total	17	26,278					
12 MSP	Perlakuan	5	14,278	2,856	15,118	**	3,330	5,640
	Ulangan	2	0,778	0,389	2,059	tn	4,100	7,560
	Galat	10	1,889	0,189				
	Total	17	16,944					
18 MSP	Perlakuan	5	23,778	4,756	10,439	**	3,330	5,640
	Ulangan	2	0,111	0,056	0,122	tn	4,100	7,560
	Galat	10	4,556	0,456				
	Total	17	28,444					

Keterangan: Tidak nyata (tn); nyata (*); dan sangat nyata (**)

b. Tetes Hancur

Pengamatan	SK	db	JK	KT	F Hitung	F tabel		
						5%	1%	
6 MSP	Perlakuan	5	263,611	52,722	18,681	**	3,330	5,640
	Ulangan	2	5,778	2,889	1,024	tn	4,100	7,560
	Galat	10	28,222	2,822				
	Total	17	297,611					
12 MSP	Perlakuan	5	1847,778	369,556	18,096	**	3,330	5,640
	Ulangan	2	40,444	20,222	,990	tn	4,100	7,560
	Galat	10	204,222	20,422				
	Total	17	2092,444					
18 MSP	Perlakuan	5	5293,111	1058,622	78,288	**	3,330	5,640
	Ulangan	2	28,778	14,389	1,064	tn	4,100	7,560
	Galat	10	135,222	13,522				
	Total	17	5457,111					

Keterangan: Tidak nyata (tn); nyata (*); dan sangat nyata (**)

Lampiran 12. Tabel ANOVA Karbon Organik dan Bahan Organik

a. % C-organik

Pengamatan	SK	db	JK	KT	F Hitung		F tabel	
							5%	1%
6 MSP	Perlakuan	5	0,232	0,046	1,145	tn	3,330	5,640
	Ulangan	2	0,159	0,079	1,957	tn	4,100	7,560
	Galat	10	0,405	0,041				
	Total	17	0,796					
12 MSP	Perlakuan	5	0,176	0,035	1,031	tn	3,330	5,640
	Ulangan	2	0,070	0,035	1,022	tn	4,100	7,560
	Galat	10	0,341	0,034				
	Total	17	0,587					
18 MSP	Perlakuan	5	0,394	0,079	5,488	*	3,330	5,640
	Ulangan	2	0,002	0,001	0,066	tn	4,100	7,560
	Galat	10	0,144	0,014				
	Total	17	0,540					

Keterangan: Tidak nyata (tn); nyata (*); dan sangat nyata (**)

b. % Bahan Organik Tanah

Pengamatan	SK	db	JK	KT	F Hitung		F tabel	
							%	1%
6 MSP	Perlakuan	5	0,677	0,135	1,129	tn	3,330	5,640
	Ulangan	2	0,466	0,233	1,941	tn	4,100	7,560
	Galat	10	1,199	0,120				
	Total	17	2,342					
12 MSP	Perlakuan	5	0,525	0,105	1,053	tn	3,330	5,640
	Ulangan	2	0,208	0,104	1,042	tn	4,100	7,560
	Galat	10	0,998	0,100				
	Total	17	1,732					
18 MSP	Perlakuan	5	1,202	0,240	5,739	*	3,330	5,640
	Ulangan	2	0,006	0,003	0,068	tn	4,100	7,560
	Galat	10	0,419	0,042				
	Total	17	1,626					

Keterangan: Tidak nyata (tn); nyata (*); dan sangat nyata (**)

Lampiran 13. Tabel ANOVA Kapasitas Tukar Kation dan Kejenuhan Basa

a. Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Pengamatan	SK	db	JK	KT	F Hitung		F tabel	
							5%	1%
6 MSP	Perlakuan	5	58,540	11,708	1,047	tn	3,330	5,640
	Ulangan	2	0,765	0,383	0,034	tn	4,100	7,560
	Galat	10	111,859	11,186				
	Total	17	171,164					
12 MSP	Perlakuan	5	100,986	20,197	2,526	tn	3,330	5,640
	Ulangan	2	15,381	7,691	0,962	tn	4,100	7,560
	Galat	10	79,964	7,996				
	Total	17	196,331					
18 MSP	Perlakuan	5	146,679	29,336	9,428	**	3,330	5,640
	Ulangan	2	7,297	3,649	1,173	tn	4,100	7,560
	Galat	10	31,115	3,112				
	Total	17	185,091					

Keterangan: Tidak nyata (tn); nyata (*); dan sangat nyata (**)

b. Kejenuhan Basa (KB)

Pengamatan	SK	db	JK	KT	F Hitung		F tabel	
							5%	1%
6 MSP	Perlakuan	2	63.515	31.758	0.950	tn	3,330	5,640
	Ulangan	5	404.353	80.871	2.420	tn	4,100	7,560
	Galat	10	334.118	33.412				
	Total	17	801.986					
12 MSP	Perlakuan	2	63.043	31.521	0.927	tn	3,330	5,640
	Ulangan	5	513.300	102.660	3.018	tn	4,100	7,560
	Galat	10	340.166	34.017				
	Total	17	916.509					
18 MSP	Perlakuan	2	131.771	65.886	0.965	tn	3,330	5,640
	Ulangan	5	555.091	111.018	1.626	tn	4,100	7,560
	Galat	10	682.918	68.292				
	Total	17	1369.780					

Keterangan: Tidak nyata (tn); nyata (*); dan sangat nyata (**)

Lampiran 14. Tabel ANOVA Tinggi Tanaman

Pengamatan	SK	db	JK	KT	F Hitung		F tabel	
							5%	1%
2 MST	Perlakuan	5	41,98	8,40	2,22	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	17,43	8,71	2,31	tn	4,10	7,56
	Galat	10	37,78	3,78				
	Total	17	97,19					
4 MST	Perlakuan	5	31,46	6,29	1,20	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	14,00	7,00	1,33	tn	4,10	7,56
	Galat	10	52,53	5,25				
	Total	17	97,99					
6 MST	Perlakuan	5	31,75	6,35	0,20	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	352,47	176,23	5,61	*	4,10	7,56
	Galat	10	314,23	31,42				
	Total	17	698,45					
8 MST	Perlakuan	5	373,32	74,66	1,15	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	574,40	287,20	4,44	*	4,10	7,56
	Galat	10	646,47	64,65				
	Total	17	1594,19					
10 MST	Perlakuan	5	477,06	95,41	1,64	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	408,88	204,44	3,52	tn	4,10	7,56
	Galat	10	580,88	58,09				
	Total	17	1466,82					
12 MST	Perlakuan	5	794,86	158,97	2,98	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	36,40	18,20	0,34	tn	4,10	7,56
	Galat	10	532,63	53,26				
	Total	17	1363,90					
14 MST	Perlakuan	5	443,52	88,70	1,62	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	125,72	62,86	1,15	tn	4,10	7,56
	Galat	10	547,39	54,74				
	Total	17	1116,63					
16 MST	Perlakuan	5	535,09	107,02	1,14	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	5500,28	2750,14	29,28	*	4,10	7,56
	Galat	10	939,17	93,92				
	Total	17	6974,54					

Keterangan: Tidak nyata (tn); nyata (*); dan sangat nyata (**)

Lampiran 15. Tabel ANOVA Jumlah Tunas

Pengamatan	SK	db	JK	KT	F Hitung		F tabel	
							5%	1%
4 MST	Perlakuan	5	1,11	0,22	4,00	*	3,33	5,64
	Ulangan	2	0,11	0,06	1,00	tn	4,10	7,56
	Galat	10	0,56	0,06				
	Total	17	1,78					
6 MST	Perlakuan	5	0,94	0,19	1,55	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	0,78	0,39	3,18	*	4,10	7,56
	Galat	10	1,22	0,12				
	Total	17	2,94					
8 MST	Perlakuan	5	3,61	0,72	1,00	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	2,78	1,39	1,92	tn	4,10	7,56
	Galat	10	7,22	0,72				
	Total	17	13,61					
10 MST	Perlakuan	5	0,94	0,19	0,74	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	0,11	0,06	0,22	tn	4,10	7,56
	Galat	10	2,56	0,26				
	Total	17	3,61					
12 MST	Perlakuan	5	1,17	0,23	0,58	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	1,33	0,67	1,67	tn	4,10	7,56
	Galat	10	4,00	0,40				
	Total	17	6,50					
14 MST	Perlakuan	5	1,78	0,36	1,10	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	2,11	1,06	3,28	tn	4,10	7,56
	Galat	10	3,22	0,32				
	Total	17	7,11					
16 MST	Perlakuan	5	1,78	0,36	1,10	tn	3,33	5,64
	Ulangan	2	2,11	1,06	3,28	tn	4,10	7,56
	Galat	10	3,22	0,32				
	Total	17	7,11					

Keterangan: Tidak nyata (tn); nyata (*); dan sangat nyata (**)

Lampiran 17. Dokumentasi Kegiatan Penelitian di Kebun Percobaan Asembagus



(a)



(b)



(c)



(d)

Dokumentasi Penelitian :

(a) Plot penelitian (lokasi penelitian Kebun Percobaan Balittas Asembagus, Situbondo); (b) Penanaman tebu sistem *end to end*; (c) Aplikasi biochar serasah tebu pada juring; dan (d) Pengambilan sampel tanah.

Lampiran 18. Dokumentasi Tebu pada 18 Minggu Setelah Perlakuan

