

**PENGARUH BIOCHAR, ABU KETEL DAN PUPUK KANDANG SAPI
TERHADAP KADAR C-ORGANIK DAN NITROGEN TANAH
BERPASIR SERTA PERTUMBUHAN AWAL TANAMAN TEBU
(*Saccharum officinarum* L.) DI ASEMBAGUS, SITUBONDO**

Oleh:
SEVI NANDA SITA ARYANA
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI



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

**PENGARUH BIOCHAR, ABU KETEL DAN PUPUK KANDANG SAPI
TERHADAP KADAR C-ORGANIK DAN NITROGEN TANAH
BERPASIR SERTA PERTUMBUHAN AWAL TANAMAN TEBU
(*Saccharum officinarum* L.) DI ASEMBAGUS, SITUBONDO**

Oleh:
SEVI NANDA SITA ARYANA
0910480152-43

**MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**



SKRIPSI

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

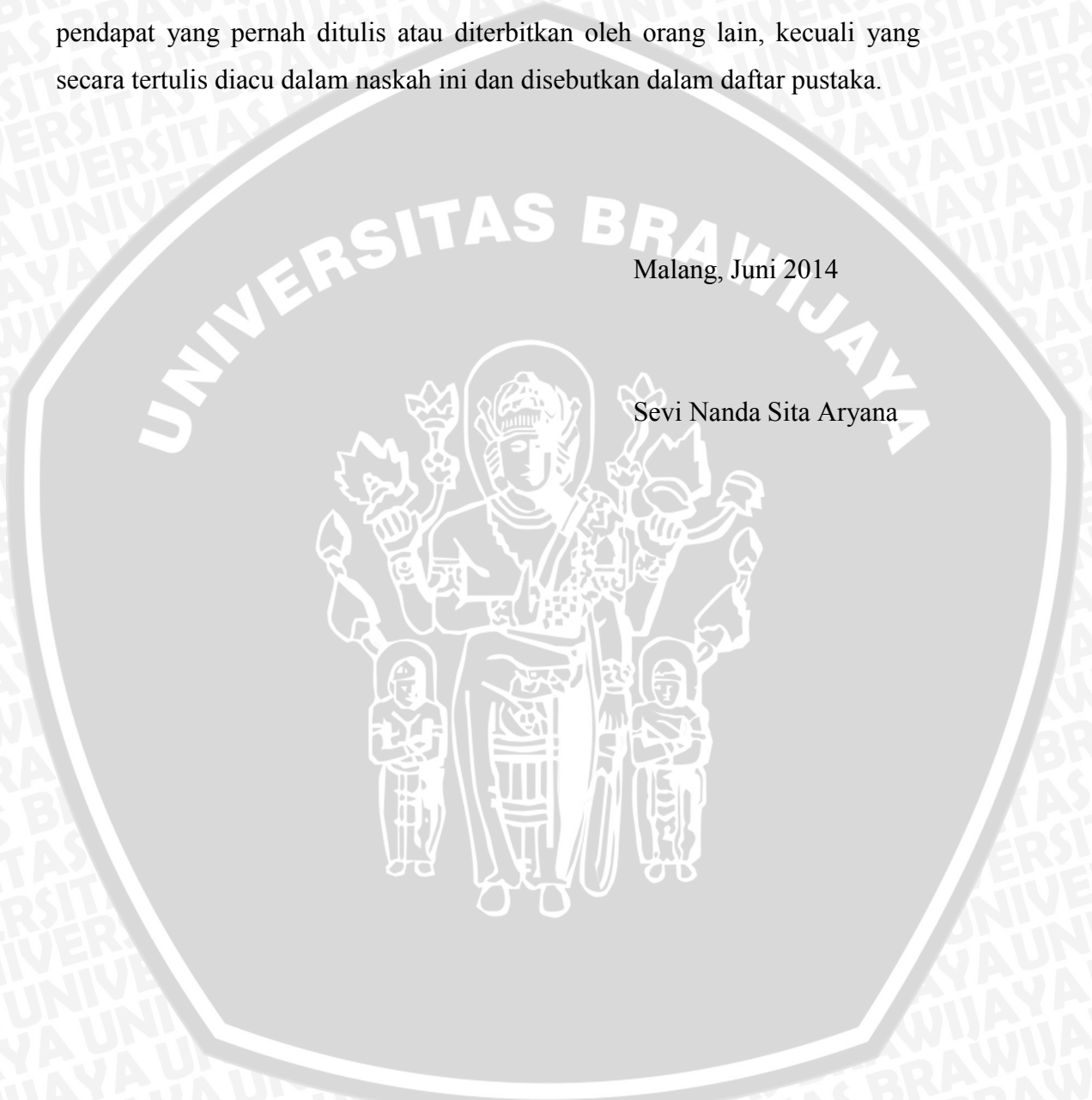
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG
2014**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Juni 2014

Sevi Nanda Sita Aryana



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : **PENGARUH BIOCHAR, ABU KETEL DAN PUPUK KANDANG SAPI TERHADAP KADAR C-ORGANIK DAN NITROGEN TANAH BERPASIR SERTA PERTUMBUHAN AWAL TANAMAN TEBU (*Saccharum officinarum* L.) DI ASEMBAGUS, SITUBONDO**

Nama Mahasiswa : **SEVI NANDA SITA ARYANA**

NIM : 0910480152-43

Jurusan : TANAH

Program Studi : AGROEKOTEKNOLOGI

Minat : MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN

Menyetujui : Dosen Pembimbing

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Dr. Ir. Retno Suntari, MS.
NIP. 19580503 198303 2 002

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

Mengetahui,

Ketua Jurusan Tanah

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

Tanggal Persetujuan:

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I,

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

Penguji II,

Dr. Ir. Retno Suntari, MS.
NIP. 19580503 198303 2 002

Penguji III,

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

Penguji IV,

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

Tanggal Lulus :

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Skripsi ini kupersembahkan untuk,

Ibuku, Hary Utami dan Agahku, Wasito Ady, Bn.

Kedua kakakku, Wulanda Sita Aryana dan Firmanda Sita Aryana

Kedua kakak iparku, Iwan Setya Prihanta dan Dyah Irma Susanti

Kedua sahabatku, Lilik Nur Kholidah dan Rezyta Tri Yuli Hapsari

Dan untuk, Windu Ari Wibowo



RINGKASAN

SEVI NANDA SITA ARYANA. 0910480152-43. Pengaruh Biochar, Abu Ketel dan Pupuk Kandang Sapi Terhadap Kadar C-organik dan Nitrogen Tanah Berpasir serta Pertumbuhan Awal Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) di Asembagus, Situbondo. Di bawah bimbingan Retno Suntari dan Budi Hariyono.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi biochar, abu ketel, pupuk kandang dan kombinasinya terhadap kadar C-organik, nitrogen, bahan organik dan nisbah C/N tanah berpasir serta pertumbuhan awal tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) di Asembagus, Situbondo yang dilaksanakan di lapang KP. Asembagus (Balittas), Situbondo pada bulan Januari sampai dengan Juli 2013.

Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok dengan satu faktor yakni bahan organik. Perlakuan yang diberikan adalah tanpa bahan organik sebagai kontrol, biochar 10 t/ha, abu ketel 10 t/ha, pupuk kandang sapi 10 t/ha, biochar 5 t/ha + pupuk kandang sapi 5 t/ha dan abu ketel 5 t/ha + pupuk kandang sapi 5 t/ha. Perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Pengamatan dilakukan hingga 16 minggu setelah tanam.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa perlakuan pupuk kandang sapi 10 t/ha memberikan pengaruh nyata terhadap kadar C-organik, nitrogen, bahan organik tanah berpasir. Nisbah C/N tanah terendah terdapat pada tanah kontrol. Namun aplikasi perlakuan mampu menurunkan nisbah C/N tanah awal yang termasuk kriteria tinggi. Perlakuan abu ketel 10 t/ha dan kombinasi biochar 5 t/ha + pupuk kandang sapi 5 t/ha berpengaruh nyata terhadap jumlah anakan tanaman tebu.

Hingga 16 minggu setelah tanam, aplikasi pupuk kandang sapi lebih efektif untuk meningkatkan kadar C-organik, N-total dan bahan organik tanah berpasir dibandingkan dengan aplikasi biochar dan abu ketel. Aplikasi pupuk kandang sapi 10 t/ha pada tanah berpasir mampu meningkatkan kadar C-organik dan bahan organik tanah sebesar 57,44 % dan kadar N-total sebesar 15,9 %. Aplikasi biochar pada tanah berpasir memiliki nisbah C/N tanah lebih tinggi dibandingkan dengan aplikasi abu ketel dan pupuk kandang sapi. Aplikasi abu ketel 10 t/ha dan kombinasi biochar 5 t/ha + pupuk kandang sapi 5 t/ha mampu meningkatkan jumlah anakan per tanaman tebu sebesar 10,53 % jika dibandingkan dengan kontrol.

SUMMARY

SEVI NANDA SITA ARYANA. 0920480152-43. Effect of Biochar, Cane Boiler Ash and Cattle Manure on Organic Carbon and Nitrogen Contents in Sandy Soil and The Early Growth of Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) at Asembagus, Situbondo. Supervised by Retno Suntari and Budi Hariyono.

The purpose of the research is to know the effect of biochar, cane boiler ash and cattle manure on soil nitrogen, organic carbon contents and C/N ratio in sandy soil and the early growth of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) at Asembagus, Situbondo was conducted at KP. Asembagus (Balittas) on Januari until July 2013.

This research use randomized block design with one factor is organic matter. The treatment is without organic matter as control, application 10 t/ha of biochar, application 10 t/ha of cane boiler ash, application 10 t/ha cattle manure, combination from 5 t/ha of biochar + 5 t/ha of cattle manure and combination from 5 t/ha of cane boiler ash + 5 t/ha of cattle manure. The treatment are three repeating.

The results showed that 10 t/ha of cattle manure treatment are significantly with organic carbon, nitrogen, soil organic matter in sandy soil. The C/N ratio of control soil (without organic matter) is lower than the other treatment. But, application of organic matter can reducing the C/N ratio of sandy soil. Application 10 t/ha of cane boiler ash and combination from 5 t/ha of biochar + 5 t/ha of cattle manure are significantly with the total sugarcane bud.

Until 16 week after planting, application of cattle manure was more effective than application of biochar and cane boiler ash for increased the organic carbon, nitrogen and soil organic matter in sandy soil. Application 10 t/ha of cattle manure in sandy soil can increased 57,44 % organic carbon, 15,9 % total nitrogen and 57,44 % soil organic matter. Application biochar in sandy soil have more higher C/N ratio than application of cane boiler ash and cattle manure. Then, application 10 t/ha of cane boiler ash and combination from 5 t/ha of biochar + 5 t/ha of cattle manure can increased 10,53 % total sugarcane bud.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang dengan rahmat dan hidayahNya telah menuntun penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Biochar, Abu Ketel dan Pupuk Kandang Sapi terhadap Kadar N dan C-organik Tanah Berpasir serta Pertumbuhan Awal Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) di Asembagus, Situbondo”.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Ir. Retno Suntari, MS. dan Ir. Budi Hariyono, MP., selaku dosen pembimbing atas segala kesabaran, nasihat, arahan dan bimbingannya kepada penulis.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ketua Jurusan Tanah, Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, MS., kepada Majelis Penguji, Dr. Ir. Sugeng Prijono, MS. dan Dr. Ir. Yulia Nuraini, MS., atas segala nasihat dan arahan selama ini yang diberikan kepada penulis serta kepada karyawan Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya dan Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat atas fasilitas dan bantuan yang diberikan.

Penghargaan yang tulus penulis berikan kepada kedua orang tua dan saudara atas doa, cinta, kasih sayang, pengertian dan dukungan yang diberikan kepada penulis. Juga kepada rekan-rekan Jurusan Tanah khususnya angkatan 2009 atas bantuan, dukungan dan kebersamaan selama ini.

Penulis berharap semoga hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan memberikan sumbangan pemikiran dalam kemajuan ilmu pengetahuan.

Malang, Juni 2014

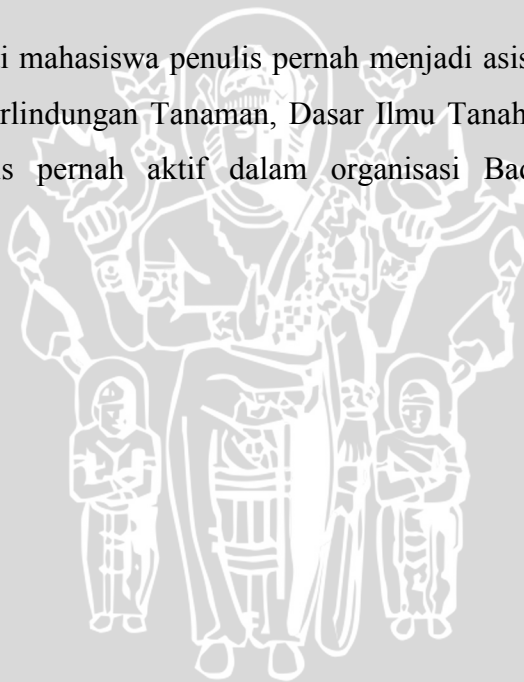
Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kediri pada tanggal 13 September 1991 sebagai putri ketiga dari tiga bersaudara dari Bapak Wasito Ady dan Ibu Hary Utami.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Terteck V Kediri pada tahun 1997 sampai tahun 2003, kemudian penulis melanjutkan ke SMPN 2 Pare Kediri pada tahun 2003 dan selesai pada tahun 2006. Pada tahun 2006 sampai tahun 2009 penulis studi di SMAN 1 Pare Kediri. Pada tahun 2009 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata 1 Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur, melalui jalur Penerimaan Siswa Berprestasi (PSB).

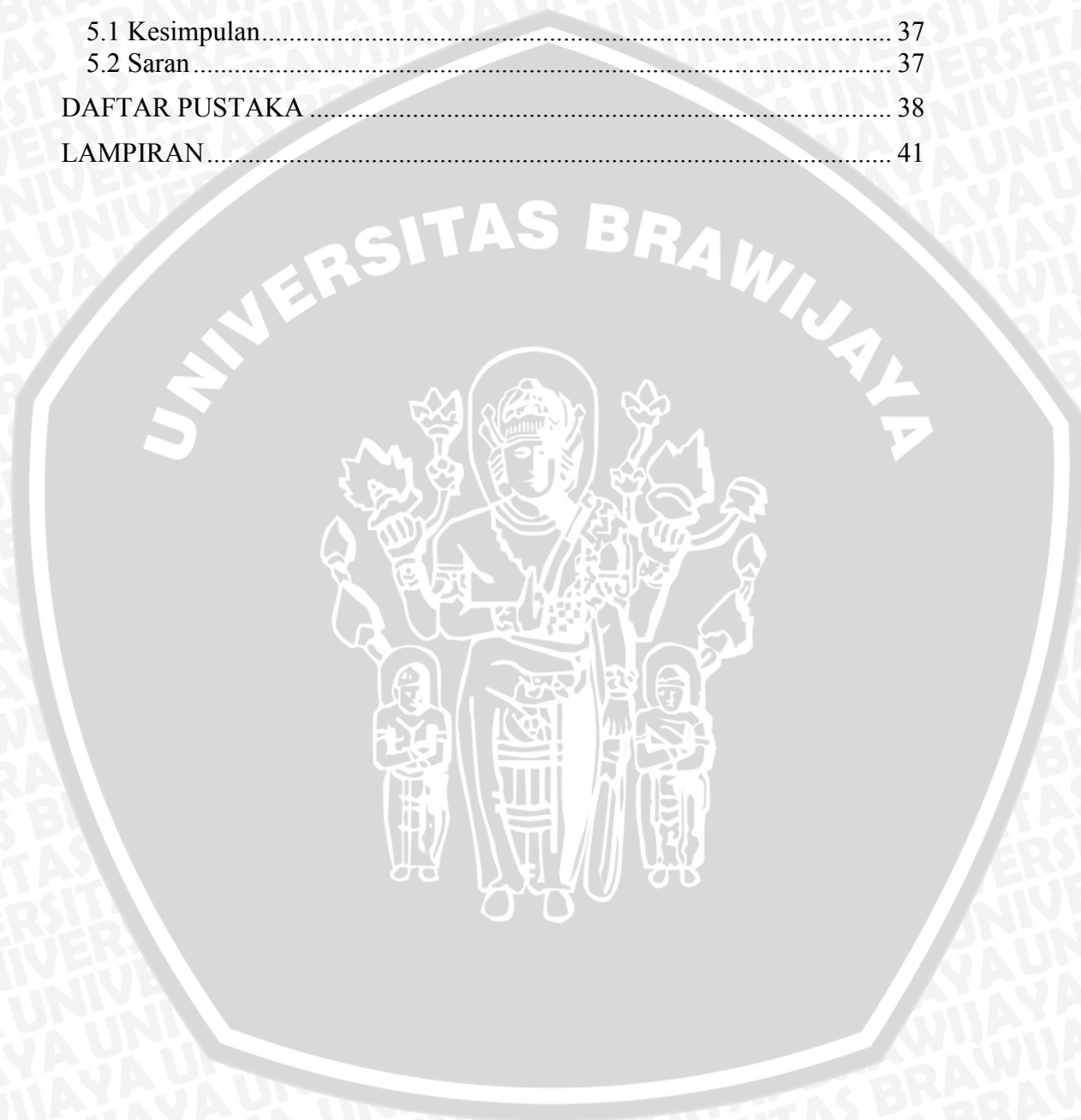
Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum Mata Kuliah Dasar Perlindungan Tanaman, Dasar Ilmu Tanah, serta Irigrasi dan Drainase. Penulis pernah aktif dalam organisasi Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM).



DAFTAR ISI

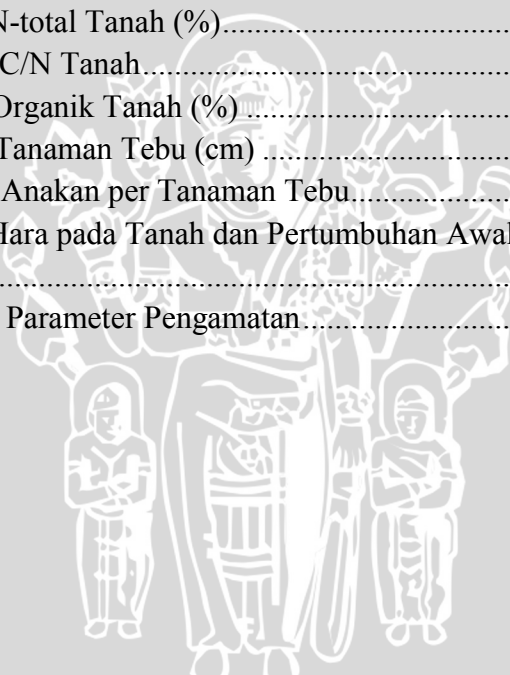
	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	v
RINGKASAN.....	vi
SUMMARY.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
RIWAYAT HIDUP.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Hipotesis.....	2
1.4 Manfaat.....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Deskripsi Tanaman Tebu (<i>Saccharum officinarum</i> L.).....	4
2.2 Karakteristik Tanah Berpasir.....	5
2.3 Karbon (C).....	6
2.4 Nitrogen (N).....	7
2.5 Biochar (Arang aktif).....	8
2.6 Abu Ketel.....	9
2.7 Pupuk Kandang Sapi.....	10
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	12
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	12
3.2 Alat dan Bahan.....	12
3.3 Rancangan Percobaan Penelitian.....	12
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	13
3.5 Pengamatan dan Pengumpulan Data.....	15
3.6 Analisis Statistik.....	15
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	16
4.1 Kondisi Tanah Awal Lokasi Penelitian.....	16
4.2 Karakteristik Bahan Pembenh Tanah.....	17

4.3 Pengaruh Aplikasi Biochar, Abu Ketel dan Pupuk Kandang Sapi terhadap Sifat Kimia Tanah.....	20
4.4 Pengaruh Aplikasi Biochar, Abu Ketel dan Pupuk Kandang Sapi terhadap Pertumbuhan Awal Tanaman Tebu	28
4.5 Pembahasan Umum.....	32
BAB 5 PENUTUP	37
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	41



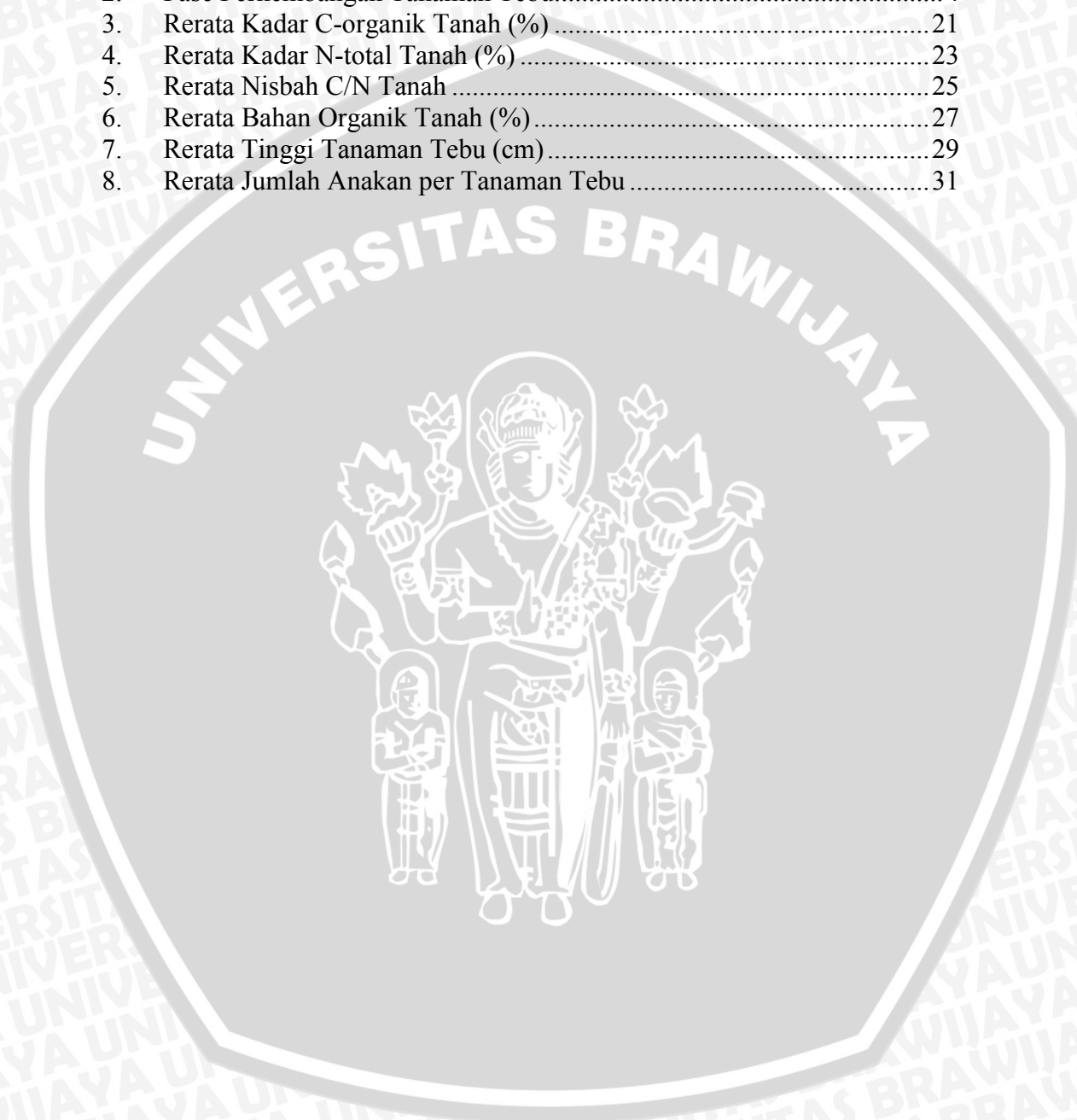
DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Hal
1.	Komposisi Hara Pada Abu Ketel.....	10
2.	Kandungan Hara Beberapa Sumber Pupuk Kandang.....	11
3.	Perlakuan Penelitian.....	13
4.	Macam dan Metode Analisis Dasar Laboratorium.....	14
5.	Metode Analisis, Parameter dan Waktu Pengamatan.....	15
6.	Analisis Awal Sifat Kimia Tanah Berpasir.....	16
7.	Analisis Awal Kadar Hara pada Bahan Organik.....	17
8.	Kadar Unsur Hara pada Biochar.....	18
9.	Kadar Unsur Hara pada Abu Ketel.....	19
10.	Kadar Unsur Hara pada Pupuk Kandang Sapi.....	19
11.	Rerata Kadar C-organik Tanah (%).....	20
12.	Rerata Kadar N-total Tanah (%).....	22
13.	Rerata Nisbah C/N Tanah.....	24
14.	Rerata Bahan Organik Tanah (%).....	26
15.	Rerata Tinggi Tanaman Tebu (cm).....	28
16.	Rerata Jumlah Anakan per Tanaman Tebu.....	30
17.	Rerata Kadar Hara pada Tanah dan Pertumbuhan Awal Tebu pada 16 mst.....	32
18.	Korelasi Antar Parameter Pengamatan.....	35



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Hal
1.	Alur Penelitian	3
2.	Fase Perkembangan Tanaman Tebu.....	4
3.	Rerata Kadar C-organik Tanah (%)	21
4.	Rerata Kadar N-total Tanah (%)	23
5.	Rerata Nisbah C/N Tanah	25
6.	Rerata Bahan Organik Tanah	27
7.	Rerata Tinggi Tanaman Tebu (cm).....	29
8.	Rerata Jumlah Anakan per Tanaman Tebu	31



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Hal
1.	Denah Petak Percobaan.....	41
2.	Denah Cara Tanam dan Petak Percobaan	42
3.	Denah Pengambilan Sampel Tanah	43
4.	Deskripsi Tanaman Tebu Varietas Bululawang (BL).....	44
5.	Hasil Sidik Ragam Kadar C-organik Tanah pada Masing-Masing Pengamatan	46
6.	Hasil Sidik Ragam N-total Tanah pada Masing-Masing Pengamatan	47
7.	Hasil Sidik Ragam Kadar Nisbah C/N Tanah pada Masing-Masing Pengamatan	48
8.	Hasil Sidik Ragam Kadar Bahan Organik Tanah pada Masing-Masing Pengamatan	49
9.	Hasil Sidik Ragam Tinggi Tanaman Tebu pada Masing-Masing Pengamatan	50
10.	Hasil Sidik Ragam Jumlah Anakan Tanaman Tebu pada Masing-Masing Pengamatan	50
11.	Hasil Uji Duncan pada Parameter C-organik Tanah.....	51
12.	Hasil Uji Duncan pada Parameter N-total Tanah.....	52
13.	Hasil Uji Duncan pada Parameter Nisbah C/N Tanah.....	53
14.	Hasil Uji Duncan pada Parameter Bahan Organik Tanah.....	54
15.	Hasil Uji Duncan pada Parameter Tinggi Tanaman Tebu	55
16.	Hasil Uji Duncan pada Parameter Jumlah Anakan Tanaman Tebu	56
17.	Skema Pembuatan Biochar	57
18.	Kriteria Penilaian Hasil Analisis Tanah.....	58
19.	Kriteria Standar Mutu Kompos.....	59
20.	Foto Pengamatan Perkembangan Tinggi Tanaman Pada 4-16 Minggu Setelah Tanam	60

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Panjang pantai di Propinsi Jawa Timur mencapai ± 2.218 km, yang termasuk dalam kawasan pesisir utara, timur dan selatan dimana kawasan tersebut dapat dilakukan pengembangan lahan pertanian. Salah satu kawasan pesisir yang dapat dikembangkan untuk lahan pertanian adalah pesisir di Kabupaten Situbondo (Sallahuddin, 2002). Salah satu daerah pesisir yang terdapat di Kabupaten Situbondo adalah Kecamatan Asembagus. Kondisi lahan di daerah ini didominasi oleh tanah berpasir yang dikembangkan menjadi lahan pertanian tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.).

Tanah berpasir merupakan tanah yang tidak subur, kandungan hara rendah dan tidak produktif untuk pertumbuhan tanaman (Hanafiah, 2005). Tanah berpasir miskin hara N karena NO_3^- dan NH_4^+ mudah tercuci akibat tidak terikat pada partikel tanah. Hal ini dapat berakibat pada tanaman yang dibudidayakan pada tanah tersebut memiliki pertumbuhan yang tidak optimal (Saptiningsih, 2007).

Upaya peningkatan ketersediaan hara pada tanah berpasir perlu dilakukan, salah satunya dengan menambahkan biochar, abu ketel serta pupuk kandang sapi. Biochar 10 t/ha mampu meningkatkan kandungan nitrogen dan karbon tertinggi dibandingkan dengan aplikasi biochar 1, 50 dan 200 t/ha (Zeelie, 2012). Ketersediaan abu ketel di pabrik gula melimpah dan dapat dimanfaatkan kembali karena mengandung nutrisi yang diperlukan tanaman seperti C, N, P, K dan Ca (Dwiyanti, 2011). Penelitian Jamilah (2003) menunjukkan bahwa aplikasi pupuk kandang sapi 10 t/ha pada Entisol mampu meningkatkan kandungan bahan organik tanah lebih optimum jika dibandingkan dengan aplikasi pupuk kandang sapi sebanyak 20 dan 30 t/ha.

Untuk mempertahankan ketersediaan hara dalam jangka panjang, biochar perlu dipertimbangkan untuk diaplikasikan pada tanah. Keuntungan aplikasi biochar pada tanah adalah kemampuan biochar dalam mengikat hara tinggi dan dapat mempertahankannya dalam waktu yang lama serta ketersediaannya stabil. Biochar juga mampu mempertahankan karbon dalam jangka waktu lama hingga

raturan tahun (Sohi *et al.*, 2009 dalam Sukartono *et al.*, 2011). Meski demikian, aplikasi biochar tidak mengganggu keseimbangan karbon-nitrogen dalam jangka panjang (BB Padi, 2009).

Mengingat nisbah C/N biochar dan abu ketel masih tinggi maka perlu dilakukan kombinasi antara biochar dan abu ketel dengan pupuk kandang sapi untuk menurunkan nisbah C/N tersebut. Hal ini dilakukan agar proses dekomposisi bahan organik dapat berjalan dengan baik dan ketersediaan hara pada tanah dapat meningkat. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan sifat kimia tanah terutama pada ketersediaan hara C-organik dan N serta bahan organik tanah. Selanjutnya pertumbuhan tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) yang dibudidayakan pada tanah berpasir dapat optimal.

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi biochar, abu ketel, pupuk kandang dan kombinasinya terhadap kadar C-organik, N, nisbah C/N dan bahan organik tanah serta pertumbuhan awal tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) pada tanah berpasir di Asembagus, Situbondo.

1.3 Hipotesis

1. Aplikasi pupuk kandang sapi pada tanah berpasir dapat meningkatkan kadar C-organik, N dan bahan organik tanah serta pertumbuhan awal tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) lebih tinggi dibandingkan dengan aplikasi biochar dan abu ketel.
2. Aplikasi biochar pada tanah berpasir lebih dapat menurunkan nisbah C/N tanah dibandingkan aplikasi abu ketel dan pupuk kandang sapi.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan mengenai peranan dari biochar, abu ketel dan pupuk kandang terhadap kadar C-organik, N, nisbah C/N dan bahan organik tanah serta pertumbuhan awal tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) di tanah berpasir. Selain itu, agar diketahui perlakuan terbaik pada penelitian tersebut. Alur pikir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

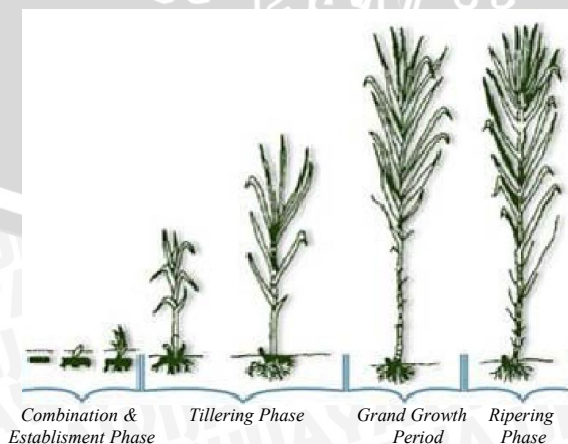
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.)

Tebu termasuk dalam Kelas Monocotyledoneae, Ordo Glumaceae, Famili Graminae dan Genus *Saccharum*. *Saccharum officinarum* adalah jenis yang paling banyak dikembangkan dan dibudidayakan karena kandungan sukrosa tinggi dan seratnya rendah (Wikipedia, 2013). Tebu termasuk tanaman yang tumbuh di daerah beriklim sedang sampai panas, terletak di antara 40° LU - 38° LS, dapat di tanam pada berbagai jenis tanah mulai dari tanah yang mengandung liat tinggi hingga tanah berpasir serta toleran terhadap lingkungan yang mengandung garam (Yukamgo dan Yuwono, 2007).

Di Indonesia wilayah terbaik untuk pertumbuhan tebu terdapat di sekitar Jawa Tengah dan Jawa Timur. Untuk mendukung pertumbuhan tanaman tebu, tanah harus subur, gembur, kemampuan menahan air, infiltrasi, serta permeabilitas baik, kedalaman tanah efektif minimal 50 cm, aerasi baik, pH tanah antara 5.0 – 8.0 namun tebu masih toleran terhadap pH 4 atau 10 (Richard *et al.*, 2005). Tebu dengan pertumbuhan baik dapat mencapai tinggi rata-rata 2,5 - 4 m bahkan lebih dari 5 m, sedangkan tebu dengan pertumbuhan buruk memiliki tinggi tanaman kurang dari 2 m (Yukamgo dan Yuwono, 2007). Tebu menyerap unsur nitrogen terbanyak pada saat berumur 3 – 4 bulan. Selain itu, nitrogen juga sangat diperlukan pada fase pemanjangan batang pada saat tebu berumur 4 – 9 bulan (Santosa *et al.*, 2009).



Gambar 2. Fase Perkembangan Tanaman Tebu (Wikipedia, 2013)

Fase perkecambahan (*germination phase*) merupakan fase ketika awal tanam hingga terjadinya perkecambahan tunas secara lengkap (Gambar 2). Pada kondisi lapang perkecambahan akan mulai pada umur 7 – 10 hari setelah tanam (hst) dan biasanya berakhir pada 30 – 35 hst. Kondisi yang hangat dan lembab menjamin terjadinya perkecambahan yang cepat. Fase pembentukan anakan (*tillering phase*) dimulai pada sekitar umur 40 - 120 hst. Suhu optimum untuk pembentukan anakan adalah sekitar 30°C. Populasi anakan maksimum tercapai pada sekitar 90 - 120 hst. Selanjutnya, pada umur 150 – 180 hst sekitar 50 % anakan mati dan mencapai populasi yang stabil (*steady phase*) (Wikipedia, 2013).

2.2 Karakteristik Tanah Berpasir

Tanah berpasir adalah tanah yang didominasi oleh fraksi pasir berukuran antara 2,0 - 0,20 mm. Tanah berpasir banyak mengandung pori-pori makro, sedikit pori-pori sedang dan pori-pori mikro (Saptiningsih, 2007). Tanah berpasir memiliki partikel yang berupa butiran dengan daya ikat antar partikel yang lemah (Shepherd *et al.*, 2002). Tanah berpasir umumnya memiliki struktur lepas, porositas aerasi besar, permeabilitas cepat serta kadar klei dan bahan organik rendah, kapasitas menahan air dan unsur hara rendah, agregasi lemah, kemantapan agregat rendah (Jamilah, 2003). Akibatnya tanah berpasir tidak subur, kandungan unsur hara rendah dan tidak produktif untuk pertumbuhan tanaman (Hanafiah, 2005).

Tanah berpasir selain miskin akan hara P juga miskin hara N bentuk NO_3^- dan NH_4^+ karena mudah hilang tercuci akibat tidak terikat pada struktur tanah (Saptiningsih, 2007). Oleh sebab itu perlu dilakukan perbaikan sifat fisik, kimia dan biologi dengan aplikasi bahan organik dan penyediaan air yang cukup sehingga tanah ini dapat digunakan untuk usaha-usaha pertanian (Jamilah, 2003). Selain itu, Syukur (2005) menyatakan bahwa pengolahan lahan berpasir yang dilakukan sekali hingga tiga kali sebelum tanam dapat meningkatkan stabilitas agregat serta menurunkan kadar C-organik.

2.3 Karbon (C)

Kandungan karbon dalam tanah mencerminkan kandungan bahan organik dalam tanah yang merupakan faktor penting dalam pengelolaan tanah. Kandungan karbon dalam tanah berkorelasi dengan kapasitas tukar kation dan kandungan N-total tanah serta % klei (Supriyadi, 2008). Nisbah C/N tanah yang tinggi memberikan pengaruh yang tidak baik terhadap tanaman karena dapat menyebabkan berkurangnya ketersediaan hara nitrogen dalam tanah. Hal ini disebabkan mikroba menggunakan C untuk energi dan pertumbuhan, sedangkan N, P, dan K untuk protein, reproduksi dan katalisator sehingga tanaman akan mengalami penurunan suplai nitrogen (Djaya *et al.*, 2012).

Bahan organik tanah tidak hanya berpengaruh pada kandungan nitrogen tetapi juga berpengaruh pada kemampuan tanah untuk menahan dan melepaskan unsur hara yang berupa kation (Supriyadi, 2008). Bahan organik akan terdekomposisi jika nisbah C/N di bawah nilai kritis 25 – 30 dan jika di atas nilai kritis akan terjadi imobilisasi nitrogen (Atmojo, 2003).

Kondisi lingkungan pada tanah tropika mendukung proses dekomposisi bahan organik tanah sehingga kandungan karbon organik tanah menjadi rendah (Supriyadi, 2008). Penurunan kadar karbon disebabkan proses pelapukan bahan organik oleh mikroorganisme, membebaskan CO₂ ke udara disertai produksi energi (Oktavia, 2006). Tanah yang terlalu asam atau basa dapat mengurangi aktivitas dari mikroorganisme tanah. Hasil penelitian Supriyadi (2008) menyatakan bahwa tanah yang bereaksi netral hingga agak alkalis merupakan kondisi tanah yang sangat sesuai untuk aktivitas mikroorganisme tanah dalam proses dekomposisi bahan organik.

Kandungan bahan organik pada tanah dapat mengalami perubahan. Sari (2007) menyatakan bahwa selama masa inkubasi terjadi proses dekomposisi bahan organik dan sebagian bahan organik dimanfaatkan sebagai sumber energi oleh mikroba tanah. Akibatnya kadar bahan organik berkurang menyebabkan sebagian mikroba tanah mati dan N penyusun sel-selnya segera mengalami mineralisasi melepaskan N, sehingga ketersediaan N meningkat. Peningkatan ketersediaan unsur N ini akan menurunkan nisbah C/N tanah (Hanafiah, 2005).

2.4 Nitrogen (N)

Nitrogen (N) merupakan unsur hara makro yang penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Nitrogen dibutuhkan tanaman dalam jumlah paling besar dibandingkan dengan unsur hara yang lain. Nitrogen adalah komponen utama dari berbagai substansi penting dalam tanaman. Nitrogen dibutuhkan untuk membentuk senyawa penting seperti klorofil, asam nukleat dan enzim serta membentuk asam amino yang akan diubah menjadi protein (Hakim, 2009).

Nitrogen tersedia bagi tanaman dalam bentuk NH_4^+ dan NO_3^- sehingga mudah hilang atau menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Ketidakterdediaan N dalam tanah dapat melalui proses pencucian/terlindi (leaching) NO_3^- , denitrifikasi NO_3^- menjadi N_2 , volatilisasi NH_4^+ menjadi NH_3 , terfiksasi oleh mineral liat atau dikonsumsi oleh mikroorganisme tanah serta diserap oleh tanaman (Mukhlis, 2003).

Nitrogen merupakan unsur hara yang penting bagi budidaya tanaman tebu. Jika tanaman kekurangan nitrogen maka tanaman akan tumbuh kerdil dan sistem perakarannya terbatas. Nitrogen juga akan mempengaruhi pertumbuhan dan rendemen yang dihasilkan tanaman tebu. Tebu menyerap unsur N terbanyak pada saat berumur 3 – 4 bulan. Selain itu, unsur N sangat diperlukan pada fase pemanjangan batang pada saat tebu berumur 4 – 9 bulan (Santosa *et al.*, 2009).

Nitrogen dibutuhkan tanaman tebu pada pertumbuhan vegetatif untuk pembentukan tunas, pembentukan daun, pertumbuhan batang (pembentukan ruas, pemanjangan ruas, peningkatan ketebalan batang dan bobot batang) dan pertumbuhan akar. Nitrogen diserap pada awal penanaman tebu terutama pada umur 1 bulan serta serapannya bertambah dengan bertambahnya umur (Marliana, 2013). Oleh karena itu, kehilangan N lebih besar pada saat tanaman tebu berumur tua dibanding saat tanaman masih muda. Hal ini mengakibatkan kandungan N saat tanaman berumur muda lebih tinggi dibandingkan dengan saat tanaman berumur lebih tua (Ziadi *et al.*, 2008).

2.5 Biochar (Arang aktif)

Biochar dibuat menggunakan proses pirolisis. Pembakaran dalam keadaan tanpa oksigen (proses pirolisis) akan menghasilkan 3 substansi, yaitu: metana dan hidrogen yang dapat dijadikan bahan bakar, *bio-oil* yang dapat diperbaharui dan arang hayati (biochar) (Badan Litbang Pertanian, 2011).

Biochar juga merupakan senyawa karbon yang relatif stabil jika dibandingkan dengan bahan organik yang diarsangkan (Widowati, 2011). Biochar dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung karbon, baik karbon organik maupun anorganik dengan syarat bahan tersebut mempunyai struktur berpori. Bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif antara lain ampas penggilingan tebu, sekam padi, tongkol jagung, sabut kelapa, ampas pembuatan kertas, dan batu bara (Sembiring dan Sinaga, 2003).

Unsur karbon (C) pada biochar mampu menyerap anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik. Hal ini dikarenakan atom karbon tersebut terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagonal yang mirip dengan grafit. Kisi-kisi ini terkumpul satu sama lain membentuk kristal dengan susunan tidak beraturan (amorf), dengan jarak antar kisinya acak (Solovyov *et al.*, 2002). Peran biochar terhadap peningkatan produktivitas tanaman dipengaruhi oleh jumlah biochar yang ditambahkan. Aplikasi sebesar 0,4 - 8 t/ha C dilaporkan dapat meningkatkan produktivitas secara nyata antara 20 - 220 % tergantung dari komoditas yang dibudidayakan (BB Padi, 2009). Biochar 10 t/ha juga mampu meningkatkan kandungan nitrogen dan karbon tertinggi dibandingkan dengan aplikasi biochar 1, 50 dan 200 t/ha (Zeelie, 2012).

Aplikasi biochar pada lapisan atas tanah pertanian dapat memberikan manfaat seperti mengikat dan menyimpan CO₂ dari udara untuk mencegahnya terlepas ke atmosfer (Badan Litbang Pertanian, 2011), cenderung berikatan dengan unsur hara dan persistensinya yang tinggi (BB Padi, 2009) serta meningkatkan kandungan dan transformasi N pada tanah mineral (Widowati, 2011). Kandungan karbon yang terikat dalam tanah tersebut, jumlahnya besar dan tersimpan hingga waktu lama serta dapat memperbaiki kondisi tanah dan meningkatkan produksi tanaman, terutama pada tanah-tanah yang kurang subur. Biochar juga dapat memperkaya karbon organik pada tanah-tanah marginal dan mempercepat

perkembangan mikroba-mikroba untuk penyerapan hara dalam tanah (Badan Litbang Pertanian, 2011).

Aplikasi biochar jauh lebih efektif meningkatkan retensi hara bagi tanaman dibanding bahan organik lain, seperti kompos atau pupuk kandang. Biochar lebih persisten dalam tanah sehingga semua manfaat yang berhubungan dengan retensi hara dan kesuburan tanah dapat berjalan lebih lama dibanding bahan organik lainnya (BB Padi, 2009).

Dalam jangka panjang, biochar tidak mengganggu keseimbangan karbon-nitrogen. Setelah melalui proses produksi yang memenuhi persyaratan, biochar mengandung sekitar 50 % karbon yang ada dalam bahan dasar. Bahan organik yang terdekomposisi secara biologi biasanya mengandung karbon <20 % setelah 5-10 tahun dan jika dibakar, bahan organik hanya meninggalkan 3 % karbon. Aplikasi biochar dapat memperbaiki kesuburan tanah sehingga meningkatkan produksi tanaman (BB Padi, 2009).

Biochar juga mengandung 17,60 % abu, 18,70 % zat yang mudah menguap dan 63,70 % karbon tetap. Aplikasi biochar ke tanah meningkatkan ketersediaan kation utama, fosfor, nitrogen, dan kapasitas tukar kation tanah. Katalis oksida pada permukaan biochar dapat secara efektif menyerap NH_4^+ dan NH_3 (Widowati, 2011). Ketersediaan hara yang cukup bagi tanaman merupakan dampak dari bertambahnya nutrisi secara langsung dari biochar dan meningkatnya retensi hara (BB Padi, 2009).

2.6 Abu Ketel

Proses produksi gula menghasilkan limbah dari proses penggilingan tebu yang disebut dengan ampas tebu. Ampas tebu ini dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada proses pemanasan/pemasakan nira dipabrik gula. Selanjutnya, bahan yang dibakar di dalam ketel akan menghasilkan abu ketel. Menurut Shofy (2008) limbah industri gula berupa blotong, ampas (bagase), abu ketel, serta serasah berpotensi besar dimanfaatkan sebagai sumber bahan organik. Dwiyanti (2011) menunjukkan komposisi hara pada abu ketel seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Hara Pada Abu Ketel

No.	Unsur Hara	Kadar Hara	Kriteria
1.	Bahan organik (%)	4,23	Rendah
2.	Kadar air (%)	62,95	Tinggi
3.	Nitrogen (%)	0,03	Rendah
4.	Karbon (%)	2,30	Rendah
5.	Fosfor (%)	0,23	Rendah
6.	Nilai C/N	76,67	Tinggi
7.	Kalium (%)	0,85	Sedang
8.	Kalsium (%)	0,20	Rendah
9.	SiO_2 (%)	70,97	-

Sumber: Dwiyanti, 2011

Blotong yang dihasilkan saat penggilingan pada pabrik gula sulfitase sebanyak 3,64 % dan 7,5 % pada pabrik gula karbonatasi, 32 % ampas (bagase), dan 0,3 % abu ketel (Shofy, 2008). Selain karena jumlahnya yang berlimpah, abu ketel dapat dimanfaatkan kembali karena mengandung mineral anorganik yang merupakan unsur hara atau nutrisi yang diperlukan tanaman. Syafrudin dan Astuti (2007) menyatakan bahwa abu ketel mengandung 0,05 % N; 0,57 % P_2O_5 ; 0,54 % K_2O ; 1,82 % C-organik dengan nisbah C/N sebesar 36,4.

2.7 Pupuk Kandang Sapi

Pupuk kandang merupakan kotoran padat dan cair dari hewan ternak yang tercampur dengan sisa-sisa makanan dan mengalami pembusukan hingga tidak berbentuk seperti asalnya lagi dan memiliki kandungan hara yang cukup untuk menunjang pertumbuhan tanaman. Pupuk kandang adalah sumber dari beberapa hara seperti nitrogen, fosfor, kalium dan lainnya (Hartatik dan Widowati, 2006).

Unsur hara yang terkandung dalam pupuk kandang sangat lengkap, baik unsur hara makro maupun mikro, seperti N, P, K, Ca, Mg, dan S, walaupun dalam jumlah sedikit. Pupuk kandang juga dapat meningkatkan kandungan bahan organik tanah serta menambah unsur hara dalam tanah, terutama unsur hara makro untuk mencapai pertumbuhan tanaman rumput benggala yang optimum (Oyo, 2010). Rendahnya ketersediaan hara dari pupuk kandang antara lain disebabkan bentuk N, P, serta unsur lain terdapat dalam bentuk senyawa kompleks organo protein atau senyawa asam humat atau lignin yang sulit terdekomposisi (Hartatik dan Widowati, 2006). Kandungan hara pada beberapa sumber pupuk kandang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Hara Beberapa Sumber Pupuk Kandang

Sumber Pupuk Kandang	N	P	K	Ca	Mg	S
	mg/kg					
Sapi perah	0,53	0,35	0,41	0,28	0,11	0,05
Sapi daging	0,65	0,15	0,30	0,12	0,10	0,09
Kuda	0,70	0,10	0,58	0,79	0,14	0,07
Unggas	1,50	0,77	0,89	0,30	0,88	0,00
Kambing	1,28	0,19	0,93	0,59	0,19	0,09

Sumber: Isnawati (2003)

Nitrogen dalam pupuk kandang umumnya dirubah menjadi bentuk nitrat tersedia. Amonium (NH_4^+) yang berasal dari pupuk kandang akan cepat berubah menjadi nitrat (NO_3^-). Penyusun pupuk kandang yang paling penting adalah komponen hidup yakni organisme tanah. Menurut Atmojo (2003), seperempat hingga setengah bagian kotoran sapi merupakan jaringan mikrobia. Penelitian Djaya *et al.* (2012) menunjukkan bahwa kotoran sapi perah memiliki kandungan N tinggi dan C rendah sehingga nisbah C/N rendah. Sebaliknya, serbuk gergaji memiliki kandungan N rendah dan C tinggi sehingga nisbah C/N tinggi. Nisbah C/N gabungan antara keduanya yang memiliki nilai tidak terlalu rendah maupun tinggi sehingga lebih baik untuk diaplikasikan pada tanah guna mempercepat proses dekomposisi.

Hartatik dan Widowati (2006) menyatakan bahwa aplikasi beberapa jenis pupuk kandang sapi, kambing dan ayam dengan takaran 5 t/ha pada Ultisol Jambi dapat meningkatkan kadar C-organik tanah. Selain itu, aplikasi pupuk kandang sapi 10 t/ha pada Entisol mampu meningkatkan kandungan bahan organik tanah lebih optimum jika dibandingkan dengan aplikasi pupuk kandang sapi sebanyak 20 dan 30 t/ha (Jamilah, 2003).

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di lapangan yakni di Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balittas) di Asembagus, Situbondo, Jawa Timur. Analisis tanah dan bahan organik dilakukan di Laboratorium Fisika dan Kimia Tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga Juli 2013.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkul dan sekop sebagai alat pengolah tanah. Cetok untuk mengambil sampel tanah dan bahan organik, meteran atau penggaris untuk mengukur tinggi tanaman serta peralatan laboratorium untuk analisis tanah dan bahan pembenah tanah.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) varietas Bululawang (Lampiran 4) umur tujuh bulan berupa stek batang dua mata tunas dengan panjang 20 cm yang diperoleh dari Kebun Pembibitan PG. Asembagus. Bahan organik berupa biochar (diperoleh dari pembakaran serasah tebu (Lampiran 17)), abu ketel (diperoleh dari sisa pembakaran ampas tebu di PG. Asembagus) dan pupuk kandang (berbahan baku kotoran sapi).

3.3 Rancangan Percobaan Penelitian

Penelitian ini menggunakan perlakuan dengan satu faktor, yakni jenis bahan organik dengan tiga kali ulangan yang tersaji pada Tabel 3. Sebanyak enam perlakuan tersebut disusun dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok. Denah rancangan percobaan penelitian disajikan pada Lampiran 1.

Tabel 3. Perlakuan Penelitian

Faktor	Perlakuan	Kode
Bahan organik	Tanpa biochar dan tanpa pupuk kandang (kontrol)	P0
	Biochar serasah tebu 10 t/ha	P1
	Abu ketel 10 t/ha	P2
	Pupuk kandang 10 t/ha	P3
	Biochar serasah tebu 5 t/ha + pupuk kandang 5 t/ha	P4
	Abu ketel 5 t/ha + pupuk kandang 5 t/ha	P5

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Persiapan Media Tanam dan Penanaman

Ukuran petak adalah 13x10 m yang dibuat dalam bentuk juring berukuran panjang 10 m. Juring sebagai lubang tanam dibuat dengan lebar atas 50 cm dan lebar bawah 45 cm dengan kedalaman 50 cm (Lampiran 2). Jarak tanam atau jarak pusat ke pusat (PKP) 1,3 m dan jarak antar petak serta jarak antar ulangan adalah 2,6 m. Pada bagian dasar juring, tanah diolah dengan menggunakan cangkul sedalam 10 cm kemudian dicampur dengan biochar, abu ketel, pupuk kandang serta kombinasinya sesuai dengan dosis pada masing-masing perlakuan. Tanah dibiarkan (diinkubasi) selama 2 minggu kemudian dilanjutkan dengan penanaman stek batang tebu. Dengan demikian, 0 minggu setelah tanam (mst) sama dengan 2 minggu setelah inkubasi (msi). Stek batang tebu (*Saccharum officinarum* L.) dengan dua mata tunas dan panjang 20 cm ditanam pada bagian tengah juring. Pada setiap juring terdapat 40 stek batang. Stek batang kemudian ditimbun dengan tanah.

3.4.2 Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan membersihkan gulma dan tanaman pengganggu lainnya secara manual. Pembumbunan dilakukan bertahap sebanyak tiga kali. Pembumbunan pertama dan kedua dilakukan setelah pemupukan dan pembumbunan ketiga dilakukan ketika tanaman berumur 5 bulan. Pengairan dilakukan jika tanaman mengalami layu sementara. Hingga 16 minggu setelah tanam, belum dilakukan pengendalian hama dan penyakit karena belum terdapat serangan hama dan penyakit di lapangan. Klentek (pembuangan daun tua) dilakukan dengan cara membuang daun-daun kering secara manual.

3.4.3 Pemupukan

Pemupukan dilakukan sebanyak dua kali dengan menggunakan pupuk Phonska dan ZA. Pemupukan dilakukan pada saat tanaman berumur empat minggu dengan dosis pupuk Phonska 600 kg/ha dan pada saat 12 minggu setelah tanam dengan dosis pupuk ZA 500 kg/ha. Pemupukan secara larikan pada 10 cm dari pangkal batang tanaman.

3.4.4 Analisis Dasar

Analisis laboratorium terhadap beberapa sifat fisika dan kimia tanah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisis dasar tanah (media tanam), bahan organik (biochar, abu ketel dan serasah daun tebu) dan pupuk kandang. Macam dan metode analisis dapat tersebut disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Macam dan Metode Analisis Dasar Laboratorium

4a. Tanah berpasir KP. Asembagus-Situbondo

Parameter	Metode Analisis
pH	Glass Elektrode
C/N	Perhitungan
C-organik	Walkey dan Black
N-total	Kjeldahl
Bahan Organik	Perhitungan
P-tersedia	Bray I
K	NH ₄ OAc 1 N pH 7
KTK	Kjeldahl
Berat isi tanah	Silinder
Tekstur	Pipet

4b. Bahan organik (biochar, abu ketel dan serasah daun tebu) dan pupuk kandang

Parameter	Metode Analisis
C-organik	Walkey dan Black
N-total	Kjeldahl
C/N	Perhitungan
P-total	Ekstrak HNO ₃ +HClO ₄
K-total	Ekstrak HNO ₃ +HClO ₄
Bahan Organik	Perhitungan
KTK	Kjeldahl

3.5 Pengamatan dan Pengumpulan Data

Pengamatan pertumbuhan tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) dilakukan secara non-destruktif, sedangkan analisis tanah dilakukan secara destruktif. Metode analisis, parameter dan waktu pengamatan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Metode Analisis, Parameter dan Waktu Pengamatan

Obyek	Parameter	Metode Analisis	Waktu Pengamatan
Pertumbuhan tanaman	Tinggi tanaman (cm)	Non-destruktif	4, 8, 12 dan 16 mst
	Jumlah anakan per tanaman		
Tanah	N-total (%)	Kjeldahl	0, 4, 8, 12 dan 16 mst
	C-organik (%)	Walkey dan Black	
	C/N	Perhitungan	
	Bahan organik		

Keterangan: mst = minggu setelah tanam

3.6 Analisis Statistik

Data yang diperoleh diuji statistik menggunakan analisis ragam Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan uji F (taraf 5 %) untuk mengetahui pengaruh perlakuan. Apabila terdapat pengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf 5%. Uji statistik dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS 12.0 *for Windows*. Selanjutnya korelasi dilakukan dengan menggunakan program Microsoft Office Excel 2007 untuk mengetahui keeratan hubungan antar parameter pengamatan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Tanah Awal Lokasi Penelitian

Hasil analisis menunjukkan tanah di lokasi penelitian bertekstur pasir dengan komposisi 92,4 % pasir, 7,5 % debu, 0,1 % liat dan 1,45 % bahan organik (Tabel 6). Tanah yang didominasi oleh fraksi pasir memiliki banyak pori makro, sedikit pori sedang dan pori mikro (Saptiningsih, 2007). Kapasitas tanah dalam menahan air yang rendah juga dikarenakan tanah tersebut didominasi oleh fraksi pasir. Menurut Jamilah (2003), tanah berpasir umumnya memiliki permeabilitas cepat sehingga kapasitas menahan air dan unsur hara rendah. Berat isi tanah sebesar $1,23 \text{ g/cm}^3$ dan termasuk dalam kriteria tinggi atau berat. Nilai pH tanah 6,1 sehingga termasuk dalam kriteria agak masam (Tabel 6).

Tabel 6. Analisis Awal Sifat Kimia Tanah Berpasir

Sifat Tanah	Nilai	Kriteria (Sulaeman <i>et al.</i> , 2005)
pH	6,1	Agak Masam
BOT (%)	1,45	-
C-organik (%)	0,84	Sangat Rendah
N (%)	0,05	Sangat Rendah
C/N	16,80	Tinggi
P (ppm)	5,82	Rendah
K (cmol/kg)	1,01	Sangat Rendah
KTK (cmol/kg)	16,50	Rendah
Berat Isi (g/cm^3)	1,23	Tinggi (Berat)
Tekstur		Berpasir
Pasir (%)	92,4	
Debu (%)	7,5	
Liat (%)	0,1	

Kapasitas tukar kation tanah (KTK) sebesar 16,5 cmol/kg dan termasuk dalam kriteria rendah. Besarnya kapasitas tukar kation tanah dapat mempengaruhi ketersediaan hara pada tanah. Kadar karbon organik, nitrogen dan kalium pada tanah ini termasuk kriteria sangat rendah dengan nilai berturut-turut sebesar 0,84 %; 0,05 % dan 1,01 cmol/kg. Sedangkan kadar hara fosfor pada tanah ini termasuk kriteria rendah yakni sebesar 5,82 ppm. Kadar karbon organik dan nitrogen tanah termasuk dalam kriteria sangat rendah namun nisbah C/N pada

tanah tersebut termasuk kriteria tinggi yakni sebesar 16,80. Tingginya nisbah C/N pada tanah memberikan pengaruh yang tidak baik terhadap tanaman karena dapat menyebabkan berkurangnya ketersediaan hara nitrogen dalam tanah. Hal ini disebabkan karena mikroba menggunakan karbon untuk energi dan pertumbuhan sedangkan N, P dan K untuk produksi, katalisator, dan reproduksi sehingga tanaman akan mengalami penurunan suplai nitrogen (Djaya *et al.*, 2012).

4.2 Karakteristik Bahan Pembenh Tanah

Pada penelitian ini, bahan organik yang digunakan untuk memperbaiki sifat kimia tanah berpasir adalah biochar, abu ketel serta pupuk kandang sapi. Kadar hara pada masing-masing bahan organik yang digunakan memiliki nilai yang berbeda-beda (Tabel 7).

Tabel 7. Analisis Awal Kadar Hara pada Bahan Organik

Unsur Hara	Biochar	Abu Ketel	Pupuk Kandang Sapi
C/N	18,399	27,643	14,157
C-organik (%)	10,469	3,483	6,229
N (%)	0,569	0,126	0,440
P (P ₂ O ₅) (%)	0,012	0,036	0,025
K (K ₂ O) (%)	0,006	0,002	0,001
Bahan Organik (%)	18,050	6,006	10,739
KTK (cmol/kg)	38,979	28,428	47,926

Biochar ini mengandung hara yang dibutuhkan oleh tanaman seperti nitrogen, fosfor dan kalium. Berdasarkan Tabel 7, biochar mengandung 10,469 % karbon organik (kriteria rendah); 0,569 % nitrogen (kriteria rendah); 0,012 % fosfor (kriteria rendah) dan 0,006 % kalium (kriteria rendah). Bahan organik yang terkandung dalam biochar sebesar 18,050 % dengan kapasitas tukar kation sebesar 38,979 cmol/kg dan nisbah C/N sebesar 18,399 (kriteria sedang) (Tabel 7).

Bahan baku dalam pembuatan biochar mempengaruhi kadar hara yang dimiliki oleh biochar tersebut. Dalam penelitian ini, bahan baku biochar adalah serasah tebu. Sedangkan bahan baku biochar pada penelitian Sukartono *et al.* (2011) menggunakan tempurung kelapa, penelitian Widowati *et al.* (2012) menggunakan kompos sampah kota dan penelitian Islami *et al.* (2011) menggunakan batang ubi kayu. Jika dibandingkan dengan penelitian Sukartono *et*

al. (2011) dan Islami *et al.* (2011), analisis C/N awal biochar penelitian ini lebih rendah, namun memiliki kadar N lebih tinggi (Tabel 8). Hal ini disebabkan bahan dasar dan kapasitas tukar kation pada biochar berbeda. Kapasitas tukar kation biochar penelitian ini lebih tinggi dibandingkan pada penelitian Sukartono *et al.* (2011) dan Islami *et al.* (2011).

Tabel 8. Kadar Unsur Hara pada Biochar

Unsur Hara	Kadar Hara pada Biochar			
	Sukartono <i>et al.</i> (2011)	Widowati <i>et al.</i> (2012)	Islami <i>et al.</i> (2011)	Penelitian ini
Bahan baku	Tempurung kelapa	Kompos sampah kota	Batang ubi kayu	Serasah tebu
C/N	25,26	18,00	449,11	18,39
C-organik (%)	8,59	31,41	40,42	10,47
N (%)	0,34	1,67	0,09	0,57
P (%)	0,10	0,72	0,21	0,01
K (%)	0,84	0,93	0,94	0,01
Bahan Organik (%)	14,81	54,16	69,69	18,05
KTK (cmol/kg)	11,78	23,87	12,50	38,98

Abu ketel mengandung karbon organik, nitrogen, fosfor dan kalium yang termasuk kriteria rendah dengan nilai berturut-turut adalah 3,483 %; 0,126 %, 0,036 %; dan 0,002 %. Kapasitas tukar kation dari abu ketel sebesar 28,428 cmol/kg. Kandungan bahan organik pada abu ketel sebesar 6,006 %. Namun nisbah C/N abu ketel termasuk kriteria tinggi yakni sebesar 27,643 (Tabel 7).

Meskipun hasil analisis abu ketel penelitian ini menunjukkan kadar nitrogen termasuk kriteria rendah, namun 2-3 kali lipat lebih tinggi dari hasil penelitian Syafrudin dan Astuti (2007) dan Dwiyantri (2011) (Tabel 9). Hal ini memberikan pengaruh terhadap nilai nisbah C/N pada abu ketel yang lebih rendah yakni 27,64. Atmojo (2003) menyatakan bahwa selama nisbah C/N berada di bawah nilai kritis yakni 25 - 30, bahan organik masih dapat terdekomposisi dengan baik sehingga dapat menyediakan hara yang dibutuhkan oleh tanaman.

Tabel 9. Kadar Unsur Hara pada Abu Ketel

Unsur Hara	Kadar Hara pada Abu Ketel		
	Syafrudin dan Astuti (2007)	Dwiyanti (2011)	Penelitian ini
C/N	36,40	76,670	27,64
C-organik (%)	1,820	2,300	3,483
N (%)	0,050	0,030	0,126
P (%)	0,570	0,230	0,036
K (%)	0,540	0,850	0,002
Bahan Organik (%)	3,140	4,230	6,006
KTK (cmol/kg)	-	-	28,428

Pupuk kandang sapi mengandung hara karbon organik, nitrogen, fosfor dan kalium yang termasuk kriteria rendah dengan nilai berturut-turut adalah 6,229 %; 0,440 %; 0,025 % dan 0,001 %. Kadar bahan organik pada pupuk kandang sapi sebesar 10,739 % dengan kapasitas tukar kation sebesar 47,926 cmol/kg. Nisbah C/N pupuk kandang sapi termasuk kriteria sedang yakni sebesar 14,157 (Tabel 7).

Hasil analisis pupuk kandang sapi penelitian ini menunjukkan kadar N yang hampir sama dengan penelitian Kharisma (2006) dan Hartatik dan Widowati (2006), serta memiliki kadar C-organik yang tidak berbeda dengan penelitian Jamilah (2003) (Tabel 10).

Tabel 10. Kadar Unsur Hara pada Pupuk Kandang Sapi

Unsur Hara	Kadar Hara pada Pupuk Kandang Sapi			
	Jamilah (2003)	Kharisma (2006)	Hartatik dan Widowati (2006)	Penelitian ini
C/N	10,18	-	20,00-25,00	14,16
C-organik (%)	6,62	-	-	6,23
N (%)	0,65	0,40	0,30	0,44
P (%)	-	0,20	0,20	0,03
K (%)	-	0,20	0,150	0,01
Bahan Organik (%)	11,41	-	16,01	10,74
KTK (cmol/kg)	-	-	-	47,93

4.3 Pengaruh Aplikasi Biochar, Abu Ketel dan Pupuk Kandang Sapi terhadap Sifat Kimia Tanah

4.3.1 Kadar C-organik Tanah

Sidik ragam aplikasi biochar, abu ketel dan pupuk kandang sapi serta kombinasinya memberikan pengaruh nyata terhadap kadar C-organik tanah pada pengamatan 0, 12 dan 16 minggu setelah tanam (mst). Pada pengamatan 4 dan 8 mst, perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar C-organik tanah (Tabel 11 dan Lampiran 5).

Tabel 11. Rerata Kadar C-organik Tanah (%)

Perlakuan	Rerata C-organik Tanah (%)				
	0 mst	4 mst	8 mst	12 mst	16 mst*
P0	0,62 ab	0,64	0,76	0,62 a	0,71 a
P1	0,72 bc	0,74	0,70	0,78 ab	0,97 bc
P2	0,43 a	0,78	0,62	0,58 a	0,78 ab
P3	0,88 cd	0,94	0,90	1,05 b	1,12 c
P4	0,62 bc	0,97	0,86	0,86 ab	0,97 bc
P5	0,97 d	0,82	0,90	1,03 b	1,04 c

Keterangan:

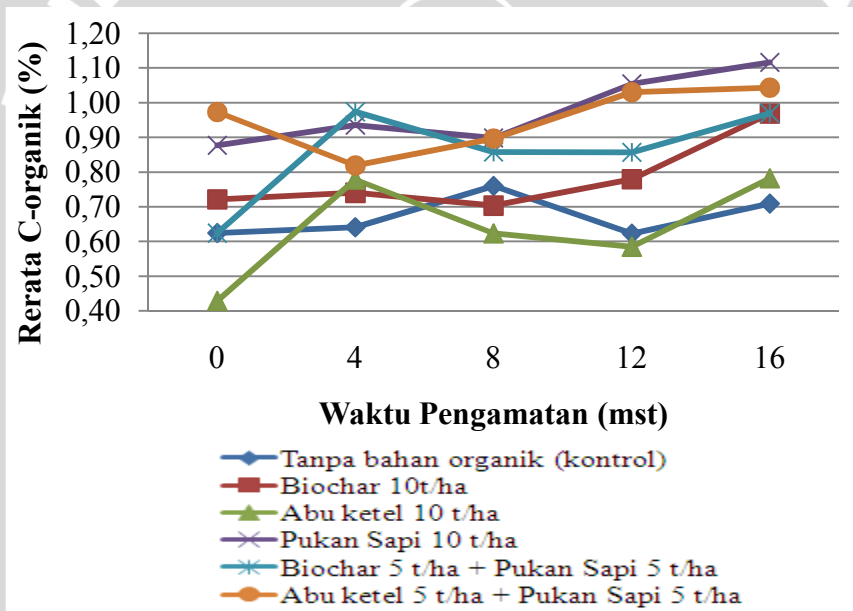
Angka rerata yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada Uji Duncan ($p = 5\%$). P0 = Kontrol (tanpa diberikan tambahan bahan pembenah tanah); P1 = Biochar 10 t/ha; P2 = Abu ketel 10 t/ha; P3 = Pupuk kandang sapi 10 t/ha; P4 = Biochar 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha; P5 = Abu ketel 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha. mst* = minggu setelah tanam.

Pada pengamatan 0 mst, perlakuan kombinasi antara abu ketel 5 t/ha + pupuk kandang sapi 5 t/ha (P5) memiliki kadar C-organik tertinggi jika dibandingkan dengan perlakuan yang lain, yakni sebesar 0,97 % (kriteria sangat rendah) atau mengalami peningkatan sebesar 55,97 % (Lampiran 11). Perlakuan pupuk kandang sapi 10 t/ha (P3) memberikan pengaruh tertinggi terhadap kadar C-organik tanah pada 12 dan 16 mst dengan nilai berturut-turut adalah 1,05 % (meningkat 69,47 %) dan 1,12 % (meningkat 57,44 %) (Lampiran 11). Namun kadar C-organik tersebut termasuk kriteria rendah.

Tingginya kadar C-organik tanah dipengaruhi oleh banyaknya bahan organik yang ditambahkan. Selain itu, pupuk kandang sapi memiliki nisbah C/N yang lebih rendah jika dibandingkan dengan biochar dan abu ketel yakni 14,157 (Tabel 7). Nisbah C/N tersebut berada pada kisaran nisbah C/N tanah yakni antara 8-15 (Oktavia, 2006). Hal ini memungkinkan mikroorganisme tanah tidak menggunakan C sebagai sumber energi sehingga kadar C pada tanah dapat

meningkat (Atmojo, 2003). Ditambahkan oleh Oktavia (2006) bahwa peningkatan kadar C-organik sebesar 0,07 % terjadi pada perlakuan pupuk kandang dengan dosis 20 t/ha dan diperkaya dolomite 50 kg/ha, *Thitonia* segar 3 t/ha dan abu sekam 50 kg/ha.

Kadar C-organik terendah pada 0 dan 12 mst terdapat pada perlakuan abu ketel 10 t/ha (P2) dengan nilai 0,43% dan 0,58 %. Sedangkan pada 16 mst, kadar C-organik terendah terdapat pada perlakuan kontrol (P0) yakni sebesar 0,71 %. Hal ini dipengaruhi oleh nisbah C/N abu ketel termasuk kriteria tinggi yakni 27, 643 (Tabel 7). Nisbah C/N yang tinggi menyebabkan mikroba lamban dalam melakukan dekomposisi bahan organik dikarenakan mikroba menggunakan unsur C untuk energi dan pertumbuhan sehingga kadar C pada tanah menjadi berkurang (Djaya *et al.*, 2012 dan Dwiyantri, 2011).



Gambar 3. Rerata Kadar C-organik Tanah (%)

Aplikasi biochar, abu ketel, pupuk kandang sapi serta kombinasinya tidak selalu meningkatkan kadar C-organik pada setiap waktu pengamatan (Gambar 3). Perlakuan pupuk kandang sapi 10 t/ha (P3) menunjukkan peningkatan kadar C-organik sejak 0 hingga 16 mst. Pada perlakuan ini penurunan kadar C-organik terjadi pada 8 mst namun tetap mengalami peningkatan sebesar 18,20 % (Lampiran 11). Penelitian Jamilah (2003) menunjukkan bahwa kadar C-organik mengalami penurunan secara drastis pada 4 minggu inkubasi karena mengalami dekomposisi dan dimanfaatkan sebagai sumber energi oleh mikroorganisme.

Namun Hartatik dan Widowati (2006) menunjukkan bahwa aplikasi pupuk kandang sapi, kambing dan ayam 5 t/ha pada Ultisol di Jambi dapat meningkatkan kadar C-organik dalam tanah. Sedangkan pada perlakuan yang lain kadar C-organik memiliki nilai yang fluktuatif pada setiap minggu pengamatan.

4.3.2 Kadar N-total Tanah

Hasil sidik ragam, aplikasi biochar, abu ketel, pupuk kandang sapi dan kombinasinya memberikan pengaruh nyata terhadap kadar N-total pada 16 minggu setelah tanam (mst). Pada 0 hingga 12 mst, perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar N-total pada tanah (Tabel 12 dan Lampiran 6).

Tabel 12. Rerata Kadar N-total Tanah (%)

Perlakuan	Rerata Kadar N-total (%)				
	0 mst	4 mst	8 mst	12 mst	16 mst*
P0	0,080	0,075	0,074	0,071	0,069 ab
P1	0,056	0,053	0,057	0,050	0,056 a
P2	0,048	0,056	0,060	0,057	0,060 a
P3	0,078	0,057	0,065	0,068	0,080 b
P4	0,061	0,058	0,065	0,067	0,067 ab
P5	0,072	0,052	0,059	0,064	0,069 ab

Keterangan:

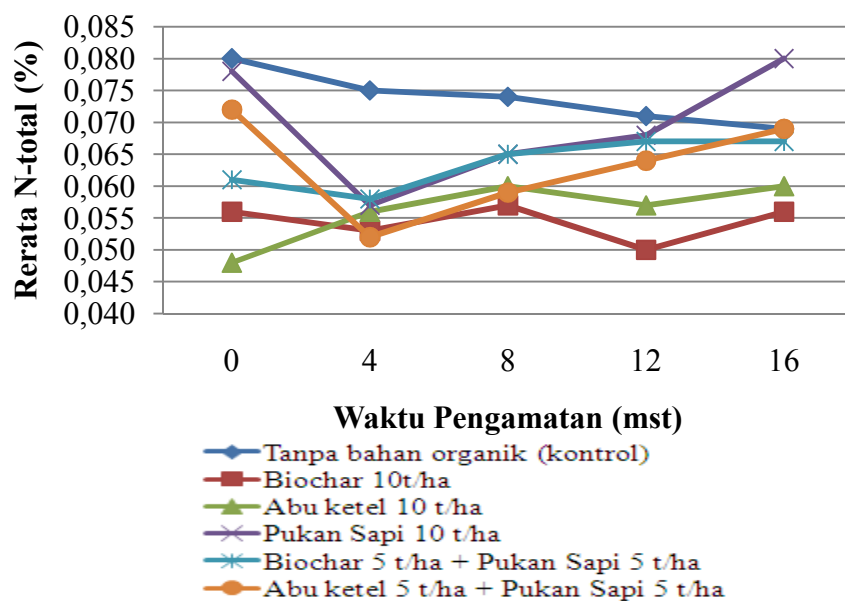
Angka rerata yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada Uji Duncan ($p = 5\%$). P0 = Kontrol (tanpa diberikan tambahan bahan pembenah tanah); P1 = Biochar 10 t/ha; P2 = Abu ketel 10 t/ha; P3 = Pupuk kandang sapi 10 t/ha; P4 = Biochar 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha; P5 = Abu ketel 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha. mst* = minggu setelah tanam.

Secara statistik perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar N-total dalam tanah pada 0 hingga 12 mst. Namun demikian tetap terdapat perbedaan kadar N-total dalam tanah dari setiap perlakuan yang diberikan. Hal ini disebabkan bahan organik yang ditambahkan pada tanah belum terdekomposisi secara sempurna serta digunakan oleh tanaman. Atmojo (2003) menyatakan bahwa dekomposisi bahan organik pada tanah membutuhkan waktu berminggu-minggu. Proses perombakan bahan organik secara alami membutuhkan waktu relatif lama sekitar 3-4 bulan (Saraswati *et al.*, 2006).

Pada 16 mst, perlakuan pupuk kandang sapi 10 t/ha (P3) memiliki kadar N-total dalam tanah yang tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lain yakni sebesar 0,080 % atau meningkat 15,9 % (Lampiran 12). Namun kadar tersebut

masih termasuk kriteria sangat rendah. Hal ini disebabkan kadar bahan organik pada pupuk kandang yang rendah sebesar 10,739 % (Tabel 7). Ditambahkan oleh Hartatik dan Widowati (2006), pupuk kandang merupakan sumber dari beberapa hara seperti nitrogen, fosfor, kalium dan lainnya, namun dalam jumlah yang sedikit (Oyo, 2010). Pupuk kandang juga merupakan salah satu bahan organik yang menghasilkan asam organik ketika mengalami dekomposisi. Asam-asam organik tersebut dapat melarutkan unsur hara sehingga kadarnya pada tanah bertambah (Gusnidar *et al.*, 2010).

Pupuk kandang sapi memiliki kapasitas tukar kation (KTK) lebih tinggi dibanding dengan biochar dan abu ketel yakni 47,926 cmol/kg (Tabel 7). Hal ini memungkinkan hara N dalam bentuk NH_4^+ dapat diikat sehingga dapat menambah kadar hara N pada tanah. Selain itu, pupuk kandang sapi memiliki nisbah C/N dengan kriteria sedang yakni 14,157 (Tabel 7) dimana nisbah tersebut berada dalam kisaran nisbah C/N tanah yakni antara 8-15 (Oktavia, 2006). Oleh karena itu, proses dekomposisi bahan organik pada pupuk kandang ini dapat berjalan dengan optimum. Pupuk kandang juga mengandung banyak jaringan mikroba yang mendukung proses dekomposisi bahan organik sehingga dapat mempercepat ketersediaan nitrogen dalam tanah (Atmojo, 2003). Zulkarnain *et al.* (2013) menyatakan bahwa aplikasi pupuk kandang pada Entisols di Pawon, Kediri dapat meningkatkan kadar N sebesar 1,4 % pada pengamatan 12 minggu setelah tanam.



Gambar 4. Rerata Kadar N-total Tanah (%)

Gambar 4 menunjukkan kadar N-total dalam tanam pada semua perlakuan menunjukkan nilai yang fluktuatif pada 0 hingga 16 mst. Pada perlakuan kontrol (P0), kadar N-total dalam tanam mengalami penurunan mulai dari 0 hingga 16 mst. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan fraksi pasir pada tanah yang tinggi mencapai 92,4 % (Tabel 6). Partikel tanah yang berupa butiran dengan daya ikat yang rendah (Shepherd *et al.*, 2002) serta mengandung banyak pori makro menyebabkan nitrogen pada tanah dalam bentuk NO_3^- dan NH_4^+ mudah hilang terlarut sehingga tanah tersebut miskin hara nitrogen (Saptiningsih, 2007). Namun pada perlakuan pupuk kandang sapi 10 t/ha (P3), kadar N-total dalam tanah mengalami peningkatan mulai 0 hingga 16 mst. Penelitian Jamilah (2003) menunjukkan bahwa peningkatan kadar N-total yang lebih rendah yakni 0,087 % dengan aplikasi pupuk kandang sapi 30 t/ha pada Entisols. Dibandingkan dengan penelitian ini, aplikasi pupuk kandang sapi 10 t/ha dapat meningkatkan kadar N-total tanah sebesar 15,9 % pada tanah berpasir.

4.3.3 Nisbah C/N Tanah

Dari hasil sidik ragam aplikasi biochar, abu ketel, pupuk kandang sapi dan kombinasinya memberikan pengaruh nyata terhadap nisbah C/N tanah pada 16 minggu setelah tanam (mst). Pada 0 hingga 12 mst, perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap nisbah C/N tanah (Tabel 13 dan Lampiran 7).

Tabel 13. Rerata Nisbah C/N Tanah

Perlakuan	Rerata Nisbah C/N				
	0 mst	4 mst	8 mst	12 mst	16 mst*
P0	7,95	9,06	10,44	9,78	10,44 a
P1	13,48	13,92	12,26	15,79	17,40 c
P2	11,85	13,80	10,45	10,43	12,95 ab
P3	11,87	17,34	13,93	15,46	14,20 abc
P4	10,46	16,90	13,22	12,78	14,45 abc
P5	16,42	15,75	15,27	16,42	15,07 bc

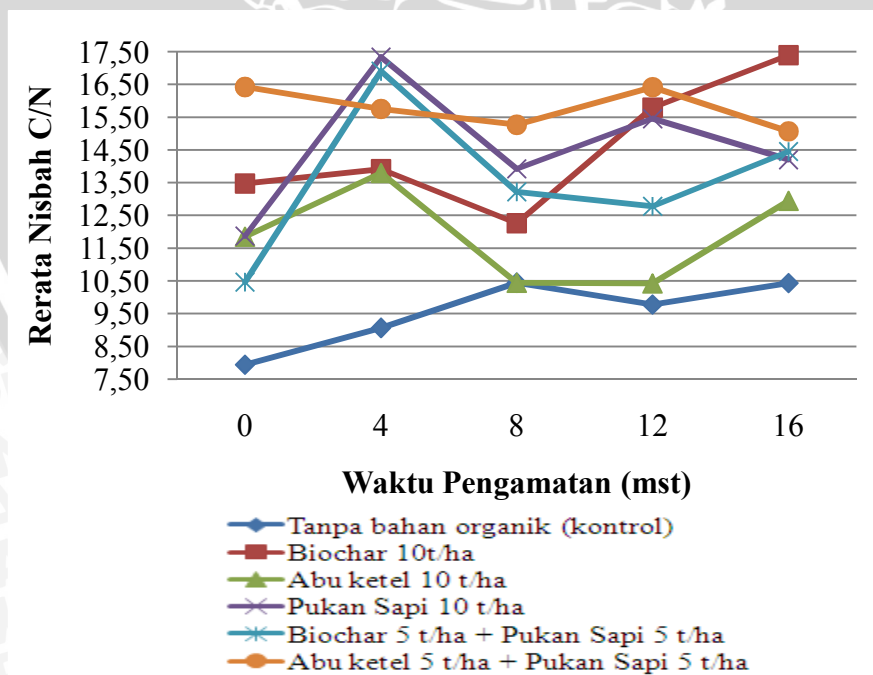
Keterangan:

Angka rerata yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada Uji Duncan ($p = 5\%$). P0 = Kontrol (tanpa diberikan tambahan bahan pembenah tanah); P1 = Biochar 10 t/ha; P2 = Abu ketel 10 t/ha; P3 = Pupuk kandang sapi 10 t/ha; P4 = Biochar 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha; P5 = Abu ketel 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha. mst* = minggu setelah tanam.

Aplikasi biochar 10 t/ha, abu ketel 10 t/ha, pupuk kandang sapi 10 t/ha serta kombinasinya tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap nisbah C/N tanah

pada 0 hingga 12 mst. Pada 16 mst, perlakuan biochar 10 t/ha (P1) menunjukkan nisbah C/N tanah yang tinggi sebesar 17,40. Hal ini disebabkan biochar yang diaplikasikan pada tanah juga memiliki kadar C-organik tertinggi dibanding abu ketel dan pupuk kandang sapi yakni 10,469 (Tabel 7). Aplikasi biochar ke tanah dapat meningkatkan pengikatan CO₂ dari udara dalam jumlah besar dan tersimpan dalam waktu lama (Badan Litbang Pertanian, 2011). Namun, Lehmann dan Joseph (2009) menyatakan bahwa aplikasi biochar pada tanah Terra Petra di Amazon yang memiliki nisbah C/N yang tinggi juga memiliki ketersediaan nitrogen yang tinggi pula. Dalam jangka panjang, biochar juga tidak mengganggu keseimbangan karbon-nitrogen (BB Padi, 2009).

Pada 16 mst, nisbah C/N tanah pada kontrol (P0) termasuk kriteria rendah yakni 10,44. Sedangkan pada perlakuan yang lain, nisbah C/N tanah menunjukkan kriteria sedang hingga tinggi yakni sebesar 11,85 – 17,40. Nisbah C/N tanah yang tinggi kurang baik untuk pertumbuhan tanaman karena dapat menyebabkan tidak tersedianya hara nitrogen untuk tanaman. Namun Atmojo (2003) menyatakan bahwa selama nisbah C/N berada di bawah nilai kritis yakni 25 - 30, bahan organik masih dapat terdekomposisi dengan baik sehingga tidak mengganggu ketersediaan hara pada tanah.



Gambar 5. Rerata Nisbah C/N Tanah

Nisbah C/N pada semua waktu pengamatan memiliki nilai yang fluktuatif serta dapat mengalami peningkatan dan penurunan (Gambar 5). Hal ini sesuai dengan kadar C-organik dan nitrogen yang terdapat dalam tanah karena nisbah C/N sangat dipengaruhi oleh kedua jenis hara tersebut. Dari seluruh perlakuan pada semua waktu pengamatan, nisbah C/N pada kontrol (P0) justru memiliki nilai yang termasuk dalam kriteria rendah yakni berkisar antara 7,95 hingga 10,44. Dalam proses dekomposisi bahan organik oleh organisme, karbon dapat dilepaskan dalam bentuk CO₂ ke udara sehingga kadarnya dalam tanah menjadi berkurang (Saraswati *et al.*, 2006). Dengan menurunnya kadar karbon dalam tanah maka nisbah C/N tanah juga mengalami penurunan.

Secara umum, adanya aplikasi biochar, abu ketel dan pupuk kandang sapi pada tanah berpasir masih menunjukkan nisbah C/N yang sedang hingga tinggi antara 11,85 – 17,40. Namun adanya perlakuan ini dapat memperbaiki nisbah C/N tanah jika dibandingkan dengan nisbah C/N tanah awal yang termasuk kriteria tinggi yakni sebesar 16,8 (Tabel 6).

4.3.4 Kadar Bahan Organik Tanah

Dari hasil sidik ragam aplikasi biochar, abu ketel, pupuk kandang sapi dan kombinasinya mampu memberikan pengaruh nyata terhadap kadar bahan organik tanah pada 0, 12, dan 16 mst. Pada 4 dan 8 mst, perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar bahan organik tanah (Tabel 14 dan Lampiran 8).

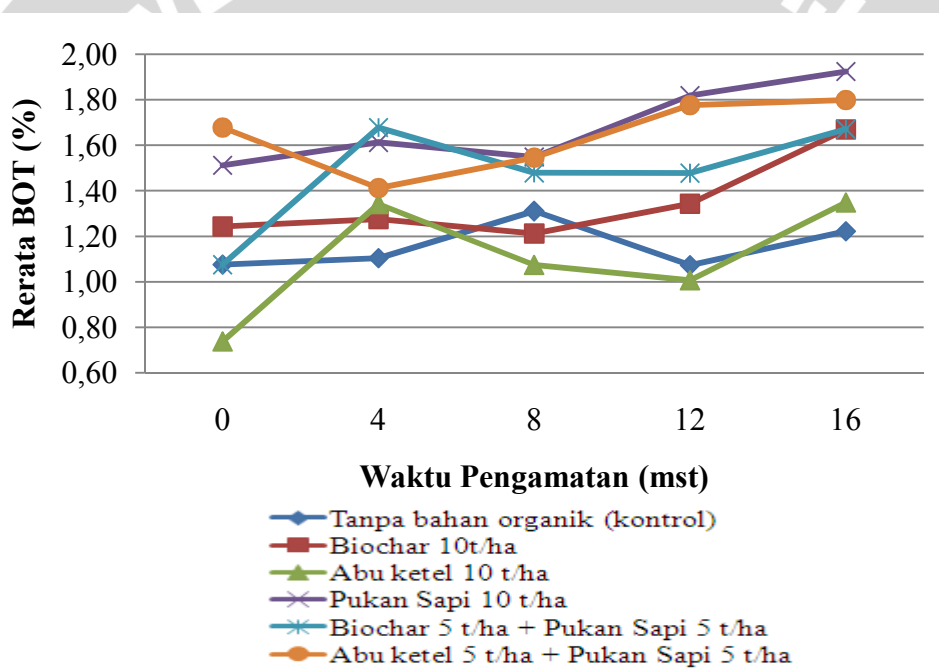
Tabel 14. Rerata Bahan Organik Tanah (%)

Perlakuan	Rerata Bahan Organik Tanah (%)				
	0 mst	4 mst	8 mst	12 mst	16 mst*
P0	1,08 ab	1,10	1,31	1,07 a	1,22a
P1	1,24 bc	1,28	1,21	1,34 ab	1,67 bc
P2	0,74 a	1,34	1,08	1,01 a	1,35 ab
P3	1,51 cd	1,61	1,55	1,82 b	1,92 c
P4	1,08 bc	1,68	1,48	1,48 ab	1,67 bc
P5	1,68 d	1,41	1,55	1,78 b	1,80 c

Keterangan:

Angka rerata yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada Uji Duncan ($p = 5\%$). P0 = Kontrol (tanpa diberikan tambahan bahan pembenah tanah); P1 = Biochar 10 t/ha; P2 = Abu ketel 10 t/ha; P3 = Pupuk kandang sapi 10 t/ha; P4 = Biochar 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha; P5 = Abu ketel 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha. mst* = minggu setelah tanam.

Pada 0 mst, bahan organik tanah tertinggi terdapat pada perlakuan kombinasi abu ketel 5 t/ha + pupuk kandang sapi 5 t/ha (P5) yakni sebesar 1,68 % atau meningkat 1,68 %. Sedangkan pada 12 dan 16 mst, bahan organik tanah tertinggi terdapat pada perlakuan pupuk kandang sapi 10 t/ha (P3) dengan kadar sebesar 1,82 % (meningkat 69,47 %) dan 1,92 % (meningkat 54,77 %) (Lampiran 14). Perlakuan abu ketel 10 t/ha (P2) menunjukkan bahan organik terendah pada 0 dan 12 mst dengan kadar sebesar 0,74 % (menurun 31,36 %) dan 1,01 % (menurun 6,13 %). Namun pada 16 mst, bahan organik tanah terendah terdapat pada kontrol (P0) yakni 1,22 %. Hal ini disebabkan kadar bahan organik abu ketel yang lebih rendah dari biochar dan pupuk kandang sapi. Kadar bahan organik abu ketel hanya sebesar 6,006 % (Tabel 7).



Gambar 6. Rerata Bahan Organik Tanah

Gambar 6 menunjukkan aplikasi biochar 10 t/ha (P1), pupuk kandang sapi 10 t/ha (P3) dan kombinasi abu ketel 5 t/ha + pupuk kandang sapi 5 t/ha (P5) mampu meningkatkan kadar bahan organik tanah secara kontinyu dari awal hingga akhir pengamatan dan hanya mengalami penurunan pada 8 minggu setelah tanam. Namun peningkatan bahan organik tanah yang tertinggi jika dibandingkan dengan perlakuan yang lain terdapat pada perlakuan pupuk kandang sapi 10 t/ha (P3). Selama terdapat di dalam tanah, kadar bahan organik dapat mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena sebagian dari bahan organik tersebut

dimanfaatkan sebagai sumber energi oleh mikroba tanah selama terjadinya proses dekomposisi bahan organik serta digunakan oleh tanaman pada pertumbuhannya (Sari, 2007).

4.4 Pengaruh Aplikasi Biochar, Abu Ketel dan Pupuk Kandang Sapi terhadap Pertumbuhan Awal Tanaman Tebu

4.4.1 Tinggi Tanaman Tebu

Dari hasil sidik ragam aplikasi biochar, abu ketel, pupuk kandang sapi dan kombinasinya memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman tebu pada 12 dan 16 minggu setelah tanam (mst). Pada 4 dan 8 mst, perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman tebu (Tabel 15 dan Lampiran 9).

Tabel 15. Rerata Tinggi Tanaman Tebu (cm)

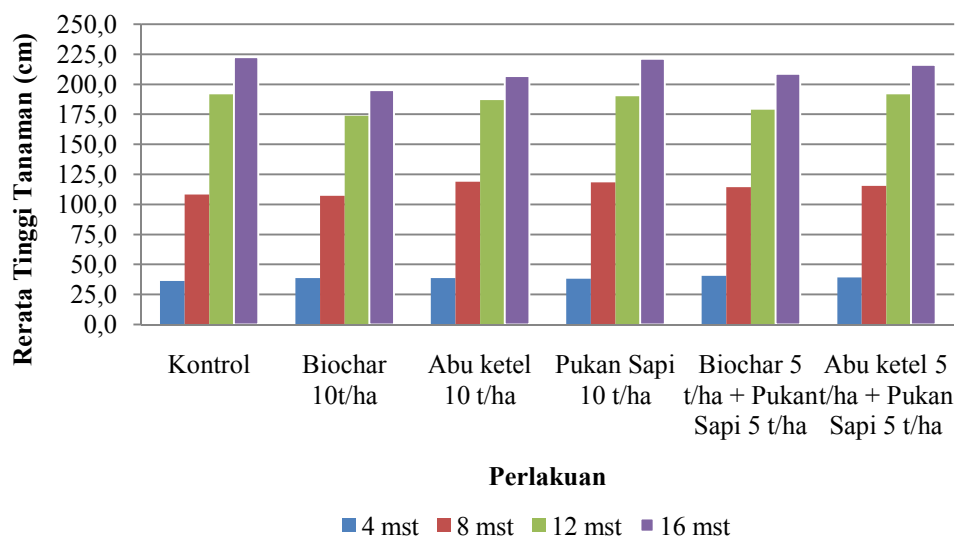
Perlakuan	Rerata Tinggi Tanaman (cm)			
	4 mst	8 mst	12 mst	16 mst*
P0	36,2	108,2	191,7 b	222,7 b
P1	38,6	107,1	173,9 a	195,2 ab
P2	38,8	118,8	187,0 ab	206,8 ab
P3	38,2	118,3	190,0 b	221,3 b
P4	40,6	114,3	178,9 ab	208,6 a
P5	39,1	115,5	191,7 b	216,2 ab

Keterangan:

Angka rerata yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada Uji Duncan ($p = 5\%$). P0 = Kontrol (tanpa diberikan tambahan bahan pembenah tanah); P1 = Biochar 10 t/ha; P2 = Abu ketel 10 t/ha; P3 = Pupuk kandang sapi 10 t/ha; P4 = Biochar 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha; P5 = Abu ketel 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha. mst* = minggu setelah tanam.

Pada 12 dan 16 mst, tanaman tebu tertinggi terdapat pada kontrol (P0) yakni 191,7 cm dan 222,7 cm. Namun secara statistik, perlakuan pupuk kandang sapi 10 t/ha (P3) juga menunjukkan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman tebu pada 16 mst dengan tinggi tanaman 221,3 cm. Hal ini dipengaruhi oleh kapasitas tukar kation (KTK) pada pupuk kandang yang lebih tinggi dari biochar dan abu ketel yakni 47,263 cmol/kg (Tabel 7). KTK menunjukkan kemampuan tanah untuk menahan dan mempertukarkan kation-kation tersebut termasuk kation hara tanaman (Atmojo, 2003). Dengan demikian hara menjadi lebih tersedia pada tanah dan dapat dimanfaatkan tanaman untuk menunjang pertumbuhannya.

Oyo (2010) menyatakan bahwa aplikasi pupuk kandang sapi mampu meningkatkan kadar bahan organik tanah dan unsur hara makro untuk mencapai pertumbuhan rumput benggala yang optimum. Hasil penelitian Jamilah (2003) juga menunjukkan bahwa aplikasi pupuk kandang sapi 10 t/ha pada Entisol lebih optimum dalam meningkatkan kadar bahan organik tanah sehingga dapat menyediakan hara selama masa pertumbuhan tanaman. Selain itu, penyusun pupuk kandang adalah organisme tanah, dimana jaringan mikroba terdapat pada seperempat hingga setengah dari kotoran sapi (Atmojo, 2003). Dengan demikian bahan organik pada pupuk kandang mudah terdekomposisi oleh mikroorganisme tanah sehingga mempercepat penyediaan unsur hara yang dibutuhkan dalam pertumbuhan tanaman tebu. Penelitian Irwan *et al.* (2005) menunjukkan bahwa aplikasi pupuk kandang sapi 10 t/ha memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman sorghum di Inseptisols, Jatinangor.



Gambar 7. Rerata Tinggi Tanaman Tebu

Gambar 7 menunjukkan peningkatan tinggi tanaman tebu pada setiap waktu pengamatan (4, 8, 12 dan 16 mst) hampir merata. Perlakuan kontrol (P0) cenderung menghasilkan tanaman tebu yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan yang lain hampir pada semua waktu pengamatan. Pertambahan tinggi tanaman tebu tidak hanya dipengaruhi oleh ketersediaan hara dalam tanah. Namun juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lain seperti ketersediaan air. Penelitian Oyo (2010) menunjukkan bahwa tinggi rumput benggala yang diberi pupuk kandang sapi 20 % tidak lebih baik jika dibandingkan dengan tinggi

tanaman pada kontrol namun tetap dapat meningkatkan tinggi tanaman. Aplikasi pupuk kandang juga tidak memberikan pengaruh nyata jika dibandingkan dengan kontrol terhadap tinggi tanaman tebu berumur 3 bulan yang ditanam di Entisols, Pawon – Kediri (Zulkarnain *et al.*, 2013).

4.4.2 Jumlah Anakan Tanaman Tebu

Hasil sidik ragam aplikasi biochar, abu ketel, pupuk kandang sapi dan kombinasinya memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah anakan per tanaman tebu pada 16 minggu setelah tanam (mst). Perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah anakan per tanaman tebu pada 4, 8 dan 12 mst (Tabel 16 dan Lampiran 10).

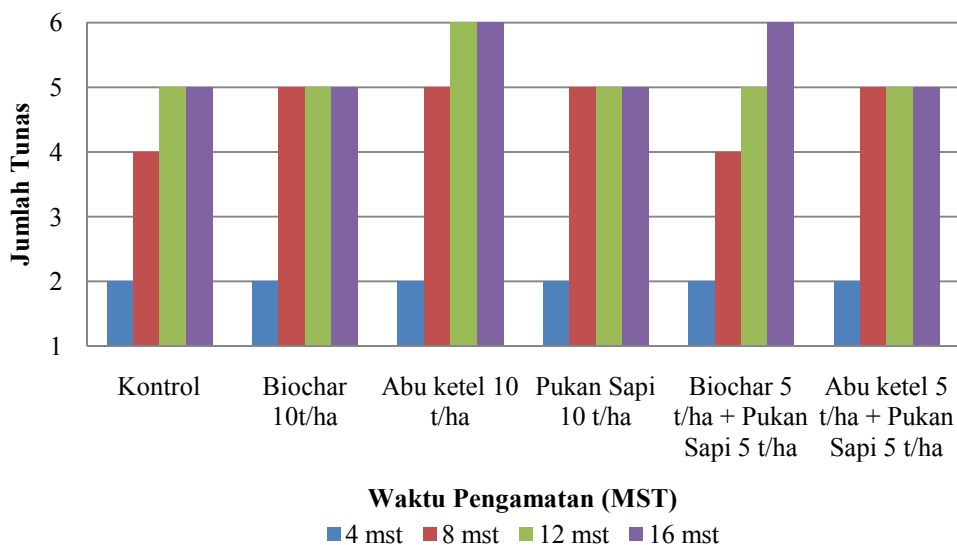
Tabel 16. Rerata Jumlah Anakan per Tanaman Tebu

Perlakuan	Rerata Jumlah Anakan per Tanaman			
	4 mst	8 mst	12 mst	16 mst*
P0	2	4	5	5 a
P1	2	5	5	5 a
P2	2	5	6	6 b
P3	2	5	5	5 a
P4	2	4	5	6 b
P5	2	5	5	5 a

Keterangan:

Angka rerata yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada Uji Duncan ($p = 5\%$). P0 = Kontrol (tanpa diberikan tambahan bahan pembenah tanah); P1 = Biochar 10 t/ha; P2 = Abu ketel 10 t/ha; P3 = Pupuk kandang sapi 10 t/ha; P4 = Biochar 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha; P5 = Abu ketel 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha. mst* = minggu setelah tanam.

Pada 16 mst, jumlah anakan per tanaman tebu yang terbanyak terdapat pada perlakuan aplikasi abu ketel 10 t/ha dan kombinasi antara biochar 5 t/ha + pupuk kandang sapi 5 t/ha yakni sebanyak 6 anakan per tanaman. Sedangkan jumlah anakan per tanaman tebu pada perlakuan lain memiliki jumlah yang sama yakni 5 anakan per tanaman. Abu ketel mengandung mineral anorganik dan unsur hara seperti C, N, P, K dan Ca yang merupakan unsur hara yang diperlukan tanaman dalam masa pertumbuhan (Dwiyanti, 2011). Sedangkan biochar dan pupuk kandang juga mampu meningkatkan kadar karbon organik pada tanah dan mempercepat perkembangan mikroba untuk penyerapan hara dalam tanah (Badan Litbang Pertanian, 2011).



Gambar 8. Rerata Jumlah Anakan per Tanaman Tebu

Gambar 8 menunjukkan jumlah anakan per tanaman tebu yang mengalami pertambahan lebih cepat pada setiap waktu pengamatan terdapat pada perlakuan abu ketel 10 ron/ha (P2). Pada perlakuan lain, pertambahan jumlah anakan per tanaman tebu hanya terjadi pada awal pengamatan dan menunjukkan jumlah anakan yang sama dengan jumlah anakan pada minggu sebelumnya. Hal ini dipengaruhi oleh kadar P abu ketel yang lebih tinggi dari biochar dan pupuk kandang sapi. Dengan kadar P sebesar 0,036 % dan kadar C-organik sebesar 3,483 % (Tabel 7), maka abu ketel memiliki nisbah C/P sebesar 96,67. Atmojo (2003) menyatakan bahwa jika nisbah C/P kurang dari 200 maka akan terjadi mineralisasi P ke tanah sehingga P menjadi tersedia bagi tanaman. Namun jika nisbah C/P lebih dari 300 maka akan terjadi kehilangan atau mobilisasi P. Selain itu pH tanah berpasir yang bernilai 6,1 (Tabel 6) mendukung ketersediaan P pada tanah. Menurut Elfiati (2005) ketersediaan P paling tinggi terdapat pada pH tanah dengan kisaran 6,0 hingga 6,5.

4.5 Pembahasan Umum

4.5.1 Pengaruh Aplikasi Biochar, Abu Ketel dan Pupuk Kandang Sapi terhadap kadar C-organik dan N serta Pertumbuhan Awal Tebu

Aplikasi biochar, abu ketel, dan pupuk kandang sapi serta kombinasinya pada 16 minggu setelah tanam secara umum mampu meningkatkan kadar hara pada tanah dibandingkan dengan kadar hara awal pada tanah (Tabel 17). Aplikasi pupuk kandang 10 t/ha (P3) mampu meningkatkan kadar C-organik, N-total dan bahan organik tanah yang tertinggi jika dibandingkan dengan perlakuan lain. Di lain pihak, aplikasi abu ketel 10 t/ha (P2) dan kombinasi biochar 5 t/ha + pupuk kandang sapi 5 t/ha (P4) mampu meningkatkan jumlah anakan per tanaman tebu yang tertinggi jika dibandingkan dengan perlakuan lain.

Tabel 17. Rerata Kadar Hara pada Tanah dan Pertumbuhan Awal Tebu pada 16 mst

Perlakuan	Rerata Kadar Hara		Bahan Organik Tanah	Nisbah C/N Tanah	Pertumbuhan Awal Tebu	
	C-organik	N-total			Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Anakan
	-----%-----					
Tanah Awal	0,84	0,05	1,45	16,80	-	-
P0	0,71 a	0,069 ab	1,22a	10,44 a	222,7 b	5 a
P1	0,97 bc	0,056 a	1,67 bc	17,40 c	195,2 ab	5 a
P2	0,78 ab	0,060 a	1,35 ab	12,95 ab	206,8 ab	6 b
P3	1,12 c	0,080 b	1,92 c	14,20 abc	221,3 b	5 a
P4	0,97 bc	0,067 ab	1,67 bc	14,45 abc	208,6 a	6 b
P5	1,04 c	0,069 ab	1,80 c	15,07 bc	216,2 ab	5 a

Keterangan:

Angka rerata yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada Uji Duncan ($p = 5\%$). P0 = Kontrol (tanpa diberikan tambahan bahan pembenah tanah); P1 = Biochar 10 t/ha; P2 = Abu ketel 10 t/ha; P3 = Pupuk kandang sapi 10 t/ha; P4 = Biochar 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha; P5 = Abu ketel 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha.

Setelah 16 minggu setelah tanam, tanah dengan aplikasi pupuk kandang sapi 10 t/ha (P3) memiliki kadar C-organik, N-total dan bahan organik yang tertinggi dengan nilai berturut-turut sebesar 1,12 %; 0,08 % dan 1,92 %. Hal ini karena pupuk kandang sapi memiliki nisbah C/N yang lebih rendah jika dibandingkan dengan biochar dan abu ketel yakni 14,157 (Tabel 7). Nisbah C/N tersebut berada pada kisaran nisbah C/N tanah yakni antara 8-15 (Oktavia, 2006). Hal ini memungkinkan mikroorganisme tanah tidak menggunakan C sebagai sumber energi sehingga kadar C pada tanah dapat meningkat (Atmojo, 2003). Selain itu, dengan nisbah C/N yang berada pada kisaran nisbah C/N tanah tersebut

mengakibatkan proses dekomposisi bahan organik pada pupuk kandang ini dapat berjalan dengan optimum. Pupuk kandang mampu menghasilkan asam organik ketika mengalami dekomposisi. Asam-asam organik tersebut dapat melarutkan unsur hara sehingga kadarnya pada tanah bertambah (Gusnidar *et al.*, 2010). Pupuk kandang sapi juga mengandung banyak jaringan mikroba yang mendukung proses dekomposisi bahan organik sehingga dapat mempercepat ketersediaan nitrogen dalam tanah (Atmojo, 2003).

Pada tanah kontrol (P0), kadar C-organik, bahan organik dan nisbah C/N tanah memiliki nilai terendah jika dibandingkan dengan perlakuan lain dengan nilai berturut-turut sebesar 0,71 %; 1,22 % dan 10,44 (Tabel 17). Kadar tersebut bahkan lebih rendah jika dibandingkan dengan kadar hara awal pada tanah. Hal ini karena pada tanah kontrol tidak terdapat penambahan bahan organik (biochar, abu ketel dan pupuk kandang). Selain itu, nisbah C/N pada tanah kontrol termasuk baik yakni antara 8-15 sehingga bahan organik tanah dapat terdekomposisi untuk menunjang ketersediaan hara bagi tanaman.

Aplikasi biochar 10 t/ha (P1) memiliki kadar nitrogen yang terendah jika dibandingkan dengan perlakuan lain pada 16 minggu setelah tanam dengan nilai 0,056 % (Tabel 17). Rendahnya kadar nitrogen tersebut dikarenakan nisbah C/N tanah pada perlakuan tersebut termasuk kriteria tinggi yakni 17,40. Hal ini memungkinkan bahan organik yang diaplikasikan pada tanah lambat untuk terdekomposisi. Djaya *et al.* (2012) menambahkan bahwa nisbah C/N tanah yang tinggi dapat menyebabkan mikroba menggunakan N, P dan K untuk menyusun protein, reproduksi dan katalisator. Selain itu, nitrogen pada tanah juga diserap tanaman untuk mendukung proses pertumbuhannya. Tanaman tebu menyerap unsur nitrogen terbanyak pada saat berumur 12 hingga 16 minggu (Santosa *et al.*, 2009). Namun, aplikasi biochar tidak mengganggu keseimbangan karbon-nitrogen tanah dalam jangka panjang (BB Padi, 2009). Lehmann dan Joseph (2009) juga menyatakan bahwa aplikasi biochar pada tanah Terra Petra di Amazon juga memiliki nisbah C/N yang tinggi namun memiliki ketersediaan nitrogen yang tinggi pula.

Perlakuan kontrol (P0) cenderung menghasilkan tanaman tebu yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan lain pada 16 minggu setelah tanam

yakni 222,7 cm (Tabel 17). Pertambahan tinggi tanaman tebu tidak hanya dipengaruhi oleh ketersediaan C-organik dan N dalam tanah. Namun juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lain seperti ketersediaan hara lain serta air. Penelitian Oyo (2010) menunjukkan bahwa aplikasi pupuk kandang sapi 20 % menghasilkan tinggi rumput benggala yang tidak lebih baik jika dibandingkan pada kontrol namun tetap dapat meningkatkan tinggi tanaman. Aplikasi pupuk kandang juga tidak memberikan pengaruh nyata jika dibandingkan dengan kontrol terhadap tinggi tanaman tebu berumur 12 minggu yang ditanam di Entisols, Ngrangkah, Pawon – Kediri (Zulkarnain *et al.*, 2013).

Di lain pihak, aplikasi abu ketel 10 t/ha (P2) dan kombinasi biochar 5 t/ha + pupuk kandang sapi 5 t/ha (P4) mampu meningkatkan jumlah anakan per tanaman tebu yang tertinggi jika dibandingkan dengan perlakuan lain yakni sebanyak 6 anakan. Hal ini dipengaruhi oleh kadar P abu ketel yang lebih tinggi dari biochar dan pupuk kandang sapi. Dengan kadar P sebesar 0,036 % dan kadar C-organik sebesar 3,483 % (Tabel 7), maka abu ketel memiliki nisbah C/P sebesar 96,67. Atmojo (2003) menyatakan bahwa jika nisbah C/P kurang dari 200 maka akan terjadi mineralisasi P ke tanah sehingga P menjadi tersedia bagi tanaman. Namun jika nisbah C/P lebih dari 300 maka akan terjadi kehilangan atau mobilisasi P. Sedangkan biochar dan pupuk kandang juga mampu meningkatkan kadar karbon organik pada tanah dan mempercepat perkembangan mikroba untuk penyerapan hara dalam tanah (Badan Litbang Pertanian, 2011).

Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi biochar, abu ketel dan pupuk kandang sapi serta kombinasinya memiliki pengaruh terhadap kadar C-organik, N-total, nisbah C/N, bahan organik tanah dan pertumbuhan awal tanaman tebu. Perlakuan pupuk kandang sapi 10 t/ha (P3) merupakan perlakuan yang lebih efektif dalam meningkatkan kadar hara pada tanah hingga 16 minggu setelah tanam. Perlakuan ini dapat meningkatkan kadar C-organik dan bahan organik tanah sebesar 57,44 % (Lampiran 11 dan 14) serta kadar N-total tanah sebesar 15,9 % (Lampiran 12) pada akhir pertumbuhan awal tanaman tebu (16 mst). Sedangkan aplikasi abu ketel 10 t/ha (P2) mampu meningkatkan jumlah anakan per tanaman tebu sebesar 10,53 % (Lampiran 16) pada akhir pertumbuhan awal tanaman tebu (16 mst).

4.5.2 Korelasi Antar Parameter Pengamatan

Hasil korelasi C-organik, N-total, nisbah C/N, bahan organik tanah, tinggi tanaman dan jumlah anakan per tanaman menunjukkan adanya hubungan keeratan atau korelasi antar parameter pengamatan. Korelasi ini disajikan pada Tabel 17.

Tabel 18. Korelasi Antar Parameter Pengamatan

	C-organik	N-total	Nisbah C/N	Bahan Organik Tanah	Tinggi Tanaman	Jumlah Anakan
C-organik	1					
N-total	0,274	1				
Nisbah C/N	0,471**	-0,383*	1			
Bahan Organik Tanah	0,133	0,049	0,536**	1		
Tinggi Tanaman	0,594**	0,129	0,126	0,206	1	
Jumlah Anakan	0,447*	0,000	0,120	0,125	0,927**	1

Keterangan:

*: menunjukkan korelasi yang signifikan pada taraf 0,05.

** : menunjukkan korelasi yang signifikan pada taraf 0,01.

Kadar C-organik pada tanah memiliki korelasi sangat nyata dengan nisbah C/N tanah ($r=0,471^{**}$) (Tabel 18). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan C-organik pada tanah mempengaruhi nisbah C/N tanah. Semakin tinggi kadar C-organik pada tanah maka nisbah C/N tanah meningkat. Pada penelitian ini, perlakuan biochar 10 t/ha (P1) menunjukkan nisbah C/N tanah yang tinggi pada 16 minggu setelah tanam (mst) yakni sebesar 17,40 (Tabel 17). Hal ini dipengaruhi kadar C-organik tanah pada perlakuan tersebut yakni sebesar 0,97 % atau mengalami peningkatan 36,64 % (Lampiran 11).

Kadar C-organik pada tanah juga memiliki korelasi sangat nyata dengan tinggi tanaman tebu ($r=0,594^{**}$) serta korelasi nyata dengan jumlah anakan ($r=0,447^{*}$) (Tabel 18). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar C-organik pada tanah mampu meningkatkan tinggi tanaman serta jumlah anakan per tanaman tebu. Pada penelitian ini perlakuan pupuk kandang sapi 10 t/ha (P3) memiliki tanaman tebu dengan tinggi 221,3 cm dengan 5 anakan. Hal ini dipengaruhi oleh kadar C-organik tanah pada perlakuan tersebut memiliki nilai yang tertinggi dibanding perlakuan lain yakni sebesar 1,12 % (Tabel 17) atau mengalami peningkatan 57,44 % (Lampiran 11).

Kadar N-total pada tanah memiliki korelasi nyata namun negatif dengan nisbah C/N tanah ($r=0,383^*$) (Tabel 18). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar N-total pada tanah dapat menurunkan nisbah C/N tanah. Pada penelitian ini, perlakuan pupuk kandang sapi 10 t/ha (P3) memiliki kadar N-total tertinggi jika disbanding dengan perlakuan lain yakni sebesar 0,08 % (Tabel 17) atau mengalami peningkatan 15,9 % (Lampiran 12). Perlakuan ini dapat menurunkan nisbah C/N tanah dari 16,80 (Tabel 6) menjadi 14,20 (Tabel 17).

Nisbah C/N tanah memiliki korelasi sangat nyata dengan bahan organik tanah ($r=0,536^{**}$) (Tabel 18). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan atau penurunan nisbah C/N pada tanah mempengaruhi kadar bahan organik tanah. Nisbah C/N tanah pada perlakuan pupuk kandang sapi 10 t/ha (P3) mengalami penurunan dari 15,46 menjadi 14,20 pada 12 dan 16 mst (Tabel 13). Dengan terjadinya penurunan nisbah C/N pada tanah tersebut maka pupuk kandang sapi dapat terdekomposisi lebih cepat sehingga dapat meningkatkan kadar bahan organik tanah. Hal ini sesuai dengan kadar bahan organik pada perlakuan pupuk kandang sapi 10 t/ha (P3) yang mengalami peningkatan dari 1,82 % menjadi 1,92 % pada 12 dan 16 mst (Tabel 14).

Tinggi tanaman tebu memiliki korelasi sangat nyata dengan jumlah anakan per tanaman tebu ($r=0,927^{**}$) (Tabel 18). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan tinggi tanaman tebu mampu meningkatkan jumlah anakan per tanaman tebu. Di lain pihak, tidak terdapat korelasi nyata dan sangat nyata pada taraf 0,05 dan 0,01 antara kadar hara dalam tanah dengan pertumbuhan awal tanaman tebu. Hal ini didukung oleh data penelitian yang menunjukkan bahwa jumlah anakan per tanaman tebu hanya mengalami peningkatan 10,53 % dengan adanya aplikasi abu ketel 10 t/ha (P2) dan kombinasi biochar 5 t/ha + pupuk kandang sapi 5 t/ha (P4) (Lampiran 16).

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Aplikasi pupuk kandang sapi lebih efektif untuk meningkatkan kadar C-organik, N-total dan bahan organik tanah berpasir hingga 16 minggu setelah tanam dibandingkan dengan aplikasi biochar dan abu ketel. Aplikasi pupuk kandang sapi 10 t/ha pada tanah berpasir mampu meningkatkan kadar C-organik dan bahan organik tanah sebesar 57,44 % dan kadar N-total sebesar 15,9 %.
2. Aplikasi biochar pada tanah berpasir hingga 16 minggu setelah tanam memiliki nisbah C/N tanah lebih tinggi dibandingkan dengan aplikasi abu ketel dan pupuk kandang sapi.
3. Aplikasi abu ketel 10 t/ha dan kombinasi biochar 5 t/ha + pupuk kandang sapi 5 t/ha hingga 16 minggu setelah tanam mampu meningkatkan jumlah anakan per tanaman tebu sebesar 10,53 % jika dibandingkan dengan kontrol.

5.2 Saran

Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh aplikasi biochar, abu ketel dan pupuk kandang sapi terhadap kandungan hara (selain C-organik dan N-total) pada tanah, fase pertumbuhan cepat (*grand growth phase*), fase pemasakan dan pematangan (*ripening and maturity phase*) serta rendemen tebu yang ditanam pada tanah berpasir.

DAFTAR PUSTAKA

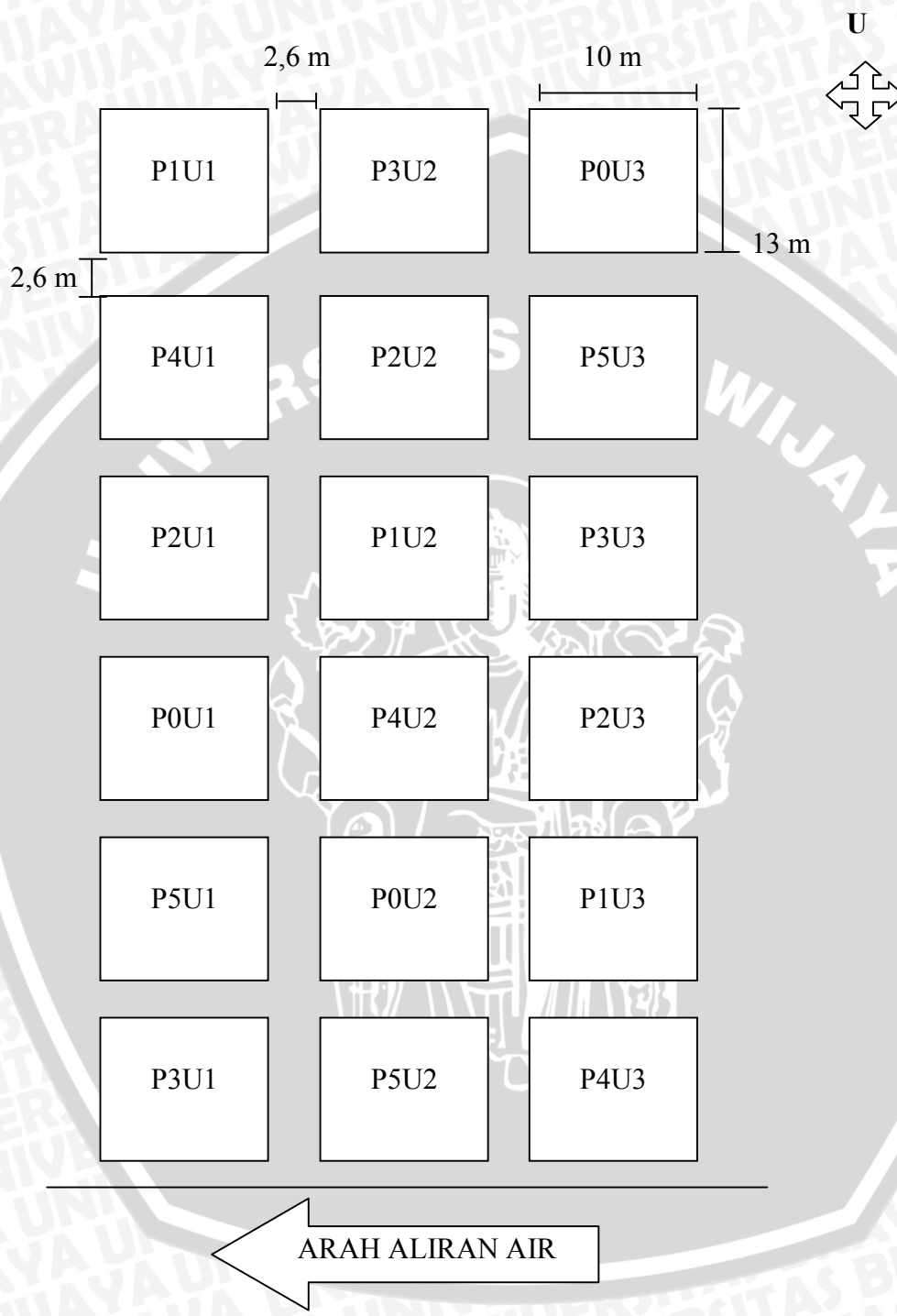
- Atmojo, S. W. 2003. Peranan Bahan Organik terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya. *Dalam* Pidato Pengukuhan Guru Besar. Ilmu Kesuburan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Badan Litbang Pertanian. 2011. Arang Hayati (Biochar) sebagai Bahan Pembenah Tanah. Edisi Khusus Penas XIII. BPTP Aceh. Aceh.
- BB Padi. 2009. Biochar Penyelamat Lingkungan. *Dalam* Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian 31 (6)
- Djaya, W., N. K. Suwardi dan L. B. Salman. 2012. Pengaruh Imbangan Kotoran Sapi Perah dan Serbuk Gergaji Kayu Albizia terhadap Kandungan Nitrogen, Fosfor dan Kalium serta Nilai C:N Ratio Kompos. Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Dwiyanti, E. 2011. Kajian Rasio Karbon Terhadap Nitrogen (C/N) pada Proses Pengomposan dengan Perlakuan Aerasi Dalam Pemanfaatan Abu Ketel dan *Sludge* Pabrik Gula. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Gusnidar, N. Hakim dan T. B. Presetyo. 2010. Inkubasi Titonia Pada Tanah Sawah Terhadap Asam-Asam Organik. *Jurnal Solum* 7(1): 7-18.
- Hakim, A. M. 2009. Asupan Nitrogen dan Pupuk Organik Cair terhadap Hasil dan Kadar Vitamin C Kelopak Bunga Rosela (*Hisbiscus sabdariffa* L.). Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Hanafiah, K. A. 2005. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada. p 258
- Hartatik, W. dan L. R. Widowati. 2006. Pupuk Kandang. *Dalam* Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Irwan, A. w., A. Wahyudin dan Farida. 2005. Interaksi Jarak Tanam dan Pupuk Kandang terhadap Komponen Hasil dan Kadar Tepung Sorghum (*Sorghum bicolor* [Linn.] Moench) pada Inseptisol di Jatinangor. *Jurnal Kultivasi* 4 (2): 128-136.
- Islami, T., B. Guritno, N. Basuki and A. Suryanto. 2011. Biochar for Sustaining Productivity of Cassava Based Cropping Systems in The Degraded lands of East Java, Indonesia. *Journal of Tropical Agriculture* 49 (1-2) : 40-46,
- Isnawati E, 2003. Pupuk Organik Cair dan Padat, Pembuatan dan Aplikasinya. Penebar Swadaya. Depok. p 295
- Jamilah. 2003. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang dan Kelengasan Tanah terhadap Perubahan Bahan Organik dan Nitrogen Total Entisol. *Dalam digital library* USU 2003. Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Selatan. Medan.
- Kharisma. R. A. 2006. Pengaruh Penambahan Bahan Aktif EM₄ dan Kotoran Ayam pada Kompos Alang-Alang (*Imperata cylindrica*) terhadap Pertumbuhan Semai (*Gmelina arborea*). Skripsi. Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Lehmann, J. and S. Joseph. 2009. Biochar for Environmental Management. Sterling, VA. London. p70
- Lembaga Penelitian Tanah. 1983. Sistem Klasifikasi Tanah Definisi dan Kriteria, Istilah serta Perubahan-Perubahan Terhadap TOR Tipe A 1981. Lembaga Penelitian Tanah. Bogor.

- Marliana, V. P. 2013. Analisis Kandungan Hara N dan P serta Klorofil Tebu Transgenik Yang Ditanam di Kebun Percobaan PG. Djatiroto, Jawa Timur. Available at <http://dosen.narotama.ac.id/wp-content/uploads/2012/03/Analisis-kandungan-hara-N-dan-P-serta-Klorofil-tebu-transgenik-IPB-yang-di-tanam-di-Kebun-Percobaan-PG-Djatiroto-Jawa-Timur.pdf> (verified 13 Pebruari 2013).
- Mukhlis, F. 2003. Pergerakan Unsur Hara Nitrogen Dalam Tanah. Available at <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/1135/1/tanah-muklis.pdf> (verified 13 Pebruari 2013).
- Oktavia, D. 2006. Perubahan Karbon Organik dan Nitrogen Total Tanah Akibat Perlakuan Pupuk Organik pada Budidaya Sayuran Organik. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Oyo. 2010. Teknik Pemberian Beberapa Jenis Pupuk Kandang untuk Meningkatkan Hasil Rumput Benggala (*Panicum maximum* cv. Purple guinea). Buletin Teknik Pertanian 15 (2): 66-69.
- Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia. 2004. Deskripsi Tebu Varietas BL (Bululawang). Available at <http://sugarresearch.org/wp-content/uploads/2009/04/bl.pdf> (verified 13 Pebruari 2013).
- Richard, C., B. T. Egan, A. G. Gillaspie Jr., and C. G. Hughes. 2005. Disease of Sugarcane: Major Diseases. Elsevier Publishing Company. New York.
- Sallahudin. 2002. Dinamika Pesisir Jawa Timur. Available at <http://mgi.esdm.go.id/print/166> (verified 13 Pebruari 2013).
- Santosa, D. A., M. R. Widyastuti, K. Murtilaksono, A. Purwito dan Nurmalasari. 2009. Peningkatan Serapan Nitrogen dan Fosfor Tebu Transgenik IPB-1 yang Mengekspresikan Gen Fitase di Lahan PG Jatiroto, Jawa Timur. Dalam Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian IPB. Institut Pertanian Bogor dan PTPN XI. Bogor.
- Saptiningsih, E. 2007. Peningkatan Produktivitas Tanah Pasir untuk Pertumbuhan Tanaman Kedelai dengan Inokulasi Mikorhiza dan Rhizobium. BIOMA 9 (2): 58-61.
- Saraswati, R. E. Santosa dan E. Yuniarti. 2006. Organisme Perombak Bahan Organik. Dalam Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Sari, A. 2007. Pengikatan Bahan Organik Setelah Penambahan Berbagai Jenis Kompos pada Beberapa Jenis Tanah. Skripsi. Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sembiring, M. T. dan T. S. Sinaga. 2003. Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). Dalam *digital library* USU 2003. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Selatan. Medan.
- Shepherd, M. A. R. Harrison, and J. Weeb. 2002. Managing Soil Organic Matter Implications For Soil Structure On Organic Farms. Soil Use And Management 18: 284-292.
- Shofy, M. 2008. Pengaruh Pemberian Amelioran Tanah Terhadap Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Dua Varietas Tebu (*Saccharum officinarum* L.). Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Solovyov, L. A., A. N. Shmakov., V. I. Zaikovski., S. H. Joo, and R. Ryoo. 2002. Detailed Structure of The Hexagonally Packed Mesostructured Carbon Material CMK-3. Carbon 40: 2477-2481. Elsevier, UK.

- Sukartono, W. H. Utomo, W. H. Nugroho and Z. Kusuma. 2011. Simple Biochar Production Generated From Cattle Dung and Coconut Shell. *Journal of Basic and Applied Scientific Research* 1(10): 1680-1685.
- Sulaeman, Suparto, dan Eviati. 2005. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Sir dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah. Bogor. p 117
- Supriyadi, S. 2008. Kandungan Bahan Organik sebagai Dasar Pengelolaan Tanah di Lahan Kering Madura. ISSN 0216-0188. *Embryo* 5 (2): 176-183.
- Syafrudin dan A. D. Astuti. 2007. Studi Pengelolaan Limbah Pabrik Gula (Studi Kasus Pabrik Gula PT. Kebon Agung di Trangkil Pati). ISSN 1907-187X. *Jurnal Presipitasi* 2 (1): 25-27
- 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.
- Widowati, W. H. Utomo, B. Guritno and L. A. Soehono. 2012. The Effect of Biochar on the Growth and N Fertilizer Requirement of Maize (*Zea mays* L.) in Green House Experiment. *Journal Of Agricultural Science* 4 (5): 255-262.
- Widowati. 2011. Penggunaan Biochar untuk Peningkatan Efisiensi Pemupukan Nitrogen. Disertasi. Program Ilmu-Ilmu Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Wikipedia. 2013. Sugarcane. Available at <http://en.wikipedia.org/wiki/Sugarcane.html> (verified 13 Pebruari 2013).
- Yukamgo, E., dan N. W. Yuwono. 2007. Peran Silikon sebagai Unsur Bermanfaat Pada Tanaman Tebu. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 7 (2): 103-116.
- Zeelie, A. 2012. Effect of Biochar on Selected Soil Physical Properties of Sandy Soil with Low Agricultural Suitability. Dissertation. Stellenbosch University.
- Ziadi, N., G. Belanger, A. N. Cambouris, N. Tremblay, M. C. Nolin, and A. Claessens. 2008. Relationship Beetwen Phosphorus and Nitrogen Concentration in Spring Wheat. *Agron J.* 100: 80-86.
- Zulkarnain, M., B. Prasetya dan Soemarno. 2013. Pengaruh Kompos, Pupuk Kandang dan Custom Bio terhadap Sifat Tanah, Pertumbuhan dan Hasil Tebu (*Saccharum officinarum* L.) pada Entisol di Kebun Ngrangkah – Pawon, Kediri. *Indonesian Green Technology Journal* 2 (1): 45-52.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Denah Petak Percobaan



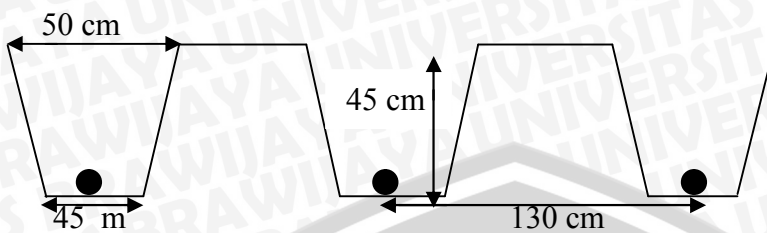
Keterangan:

P = Perlakuan


U = Ulangan

Lampiran 2. Denah Cara Tanam dan Petak Percobaan

a. Denah Cara Tanam



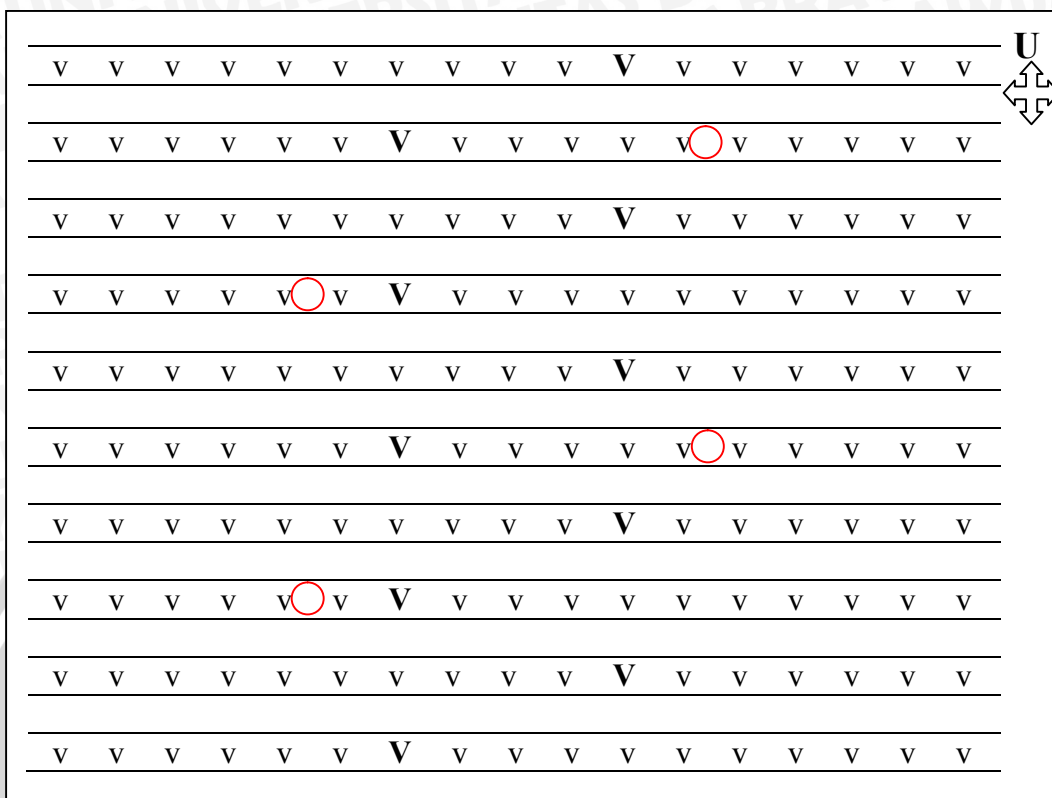
b. Petak Percobaan

1	_____	U 
2	_____	
3	_____	
4	_____	
5	_____	
6	_____	
7	_____	
8	_____	
9	_____	
10	_____	

Keterangan: ukuran petak = 13 x 10 m

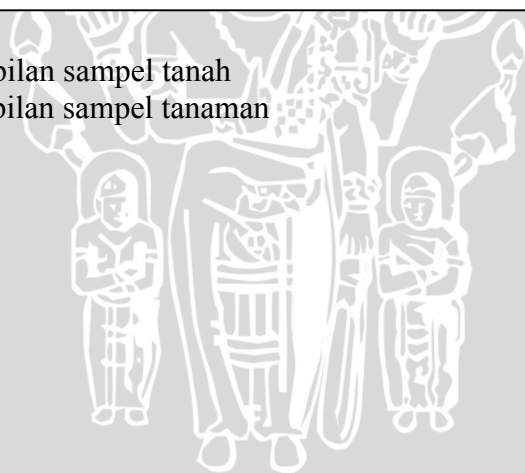


Lampiran 3. Denah Pegambilan Sampel Tanah



Keterangan:

- = lokasi pengambilan sampel tanah
- Ⓜ = lokasi pengambilan sampel tanaman



Lampiran 4. Deskripsi Tanaman Tebu Varietas Bululawang (BL) (Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia, 2004).

A. Asal persilangan

Varietas lokal dari Bululawang-Malang Selatan.

B. Sifat-sifat morfologis

1. Batang

- Bentuk batang : silindris dengan penampang bulat
- Warna batang : coklat kemerahan
- Lapisan lilin : sedang – kuat
- Retakan batang : tidak ada
- Cincin tumbuh : melingkar datar di atas pucuk mata
- Teras dan lubang : masif

2. Daun

- Warna daun : hijau kekuningan
- Ukuran daun : panjang melebar
- Lengkung daun : kurang dari $\frac{1}{2}$ daun cenderung tegak
- Telinga daun : pertumbuhan lemah sampai sedang, kedudukan serong
- Bulu punggung : ada, lebat, condong membentuk jalur lebar

3. Mata

- Letak mata : pada bekas pangkal pelepah daun
- Bentuk mata : segitiga dengan bagian terlebar di bawah tengah-tengah mata
- Sayap mata : tepi sayap mata rata
- Rambut basal : ada
- Rambut jambul : ada

C. Sifat-sifat agronomis

1. Pertumbuhan

- Perkecambahan : lambat
- Diameter batang : sedang sampai besar
- Pembungaan : berbunga sedikit sampai banyak
- Kemasakan : tengah sampai lambat
- Kadar sabut : 13-14 %
- Koefisien daya tahan : tengah - panjang

2. Potensi hasil

- Hasil tebu (t/ha) : 94,3
- Rendemen (%) : 7,51
- Hablur gula (t/ha) : 6,90

3. Ketahanan Hama dan Penyakit

- Penggerek batang : peka
- Penggerek pucuk : peka
- Blendok : peka

- Pokahbung : moderat
- Luka api : tahan
- Mosaik : tahan

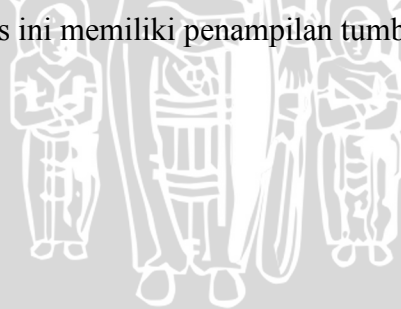
D. Perilaku varietas

Varietas Bululawang (BL) merupakan hasil pemutihan varietas yang ditemukan pertama kali di wilayah Kecamatan Bululawang, Malang Selatan. Melalui Surat Keputusan Menteri Pertanian tahun 2004, maka varietas ini dilepas resmi untuk digunakan sebagai benih bina. BL lebih cocok pada lahan-lahan ringan (berpasir) dengan sistem drainase yang baik dan pemupukan nitrogen yang cukup. Sementara itu pada lahan berat dengan drainase terganggu tampak keragaan pertumbuhan tanaman sangat tertekan. BL tampaknya memerlukan lahan dengan kondisi kecukupan air pada kondisi drainase yang baik. Khususnya lahan ringan sampai geluhan lebih disukai varietas ini dari pada pada lahan berat.

BL merupakan varietas yang selalu tumbuh dengan munculnya tunas-tunas baru atau disebut sogolan. Oleh karena itu potensi bobot tebu akan sangat tinggi karena apabila sogolan ikut dipanen akan menambah bobot tebu secara nyata. Melihat munculnya tunas-tunas baru yang terus terjadi walaupun umur tanaman sudah menjelang tebang, maka kategori tingkat kemasakan termasuk tengah-lambat, yaitu baru masak setelah memasuki akhir bulan Juli.

E. Data teknis pengembangan

Varietas BL cocok dikembangkan untuk tanah bertekstur kasar dan dapat pula dikembangkan pada tanah bertekstur halus namun dengan sistem drainase yang baik. Varietas ini memiliki penampilan tumbuh tegak.



Lampiran 5. Hasil Sidik Ragam Kadar C-organik Tanah pada Masing-Masing Pengamatan

Waktu Pengamatan	SK	JK	db	KT	Fhitung	Ftabel
0 mst	Perlakuan	0,573	5	0,115	7,956 *	3,11
	Ulangan	0,002	2	0,001	0,068 ^{tn}	3,89
	Galat	0,144	10	0,014		
	Total	0,718	17			
4 mst	Perlakuan	0,230	5	0,046	1,135 ^{tn}	3,11
	Ulangan	0,156	2	0,078	1,924 ^{tn}	3,89
	Galat	0,406	10	0,041		
	Total	0,792	17			
8 mst	Perlakuan	0,190	5	0,038	2,704 ^{tn}	3,11
	Ulangan	0,044	2	0,022	1,584 ^{tn}	3,89
	Galat	0,140	10	0,014		
	Total	0,374	17			
12 mst	Perlakuan	0,590	5	0,118	4,287 *	3,11
	Ulangan	0,016	2	0,008	0,294 ^{tn}	3,89
	Galat	0,275	10	0,028		
	Total	0,882	17			
16 mst ^{*)}	Perlakuan	0,360	5	0,072	5,676 *	3,11
	Ulangan	0,001	2	0,001	0,041 ^{tn}	3,89
	Galat	0,127	10	0,013		
	Total	0,488	17			

Lampiran 6. Hasil Sidik Ragam N-total Tanah pada Masing-Masing Pengamatan

Waktu Pengamatan	SK	JK	db	KT	Fhitung	Ftabel
0 mst	Perlakuan	0,0024	5	0,0005	0,8162 ^{tn}	3,11
	Ulangan	0,0008	2	0,0004	0,6550 ^{tn}	3,89
	Galat	0,0060	10	0,0006		
	Total	0,0092	17			
4 mst	Perlakuan	0,0011	5	0,0002	2,2311 ^{tn}	3,11
	Ulangan	0,0002	2	0,0001	0,9925 ^{tn}	3,89
	Galat	0,0010	10	0,0001		
	Total	0,0023	17			
8 mst	Perlakuan	0,0006	5	0,00012	1,20771 ^{tn}	3,11
	Ulangan	0,0001	2	0,00007	0,71204 ^{tn}	3,89
	Galat	0,0010	10	0,00010		
	Total	0,0017	17			
12 mst	Perlakuan	0,0010	5	0,00019	1,30775 ^{tn}	3,11
	Ulangan	0,0003	2	0,00013	0,92799 ^{tn}	3,89
	Galat	0,0015	10	0,00015		
	Total	0,0027	17			
16 mst	Perlakuan	0,00103	5	0,00021	4,26347 [*]	3,11
	Ulangan	0,00003	2	0,00002	0,32447 ^{tn}	3,89
	Galat	0,00048	10	0,00005		
	Total	0,00155	17			

Lampiran 7. Hasil Sidik Ragam Kadar Nisbah C/N Tanah pada Masing-Masing Pengamatan

Waktu Pengamatan	SK	JK	db	KT	Fhitung	Ftabel
0 mst	Perlakuan	121,58	5	24,32	0,61 ^{tn}	3,11
	Ulangan	19,89	2	9,95	0,30 ^{tn}	3,89
	Galat	326,58	10	32,66		
	Total	468,05	17			
4 mst	Perlakuan	137,41	5	27,48	1,72 ^{tn}	3,11
	Ulangan	32,65	2	16,32	1,02 ^{tn}	3,89
	Galat	159,39	10	15,94		
	Total	329,45	17			
8 mst	Perlakuan	56,11	5	11,22	2,63 ^{tn}	3,11
	Ulangan	5,18	2	2,59	0,61 ^{tn}	3,89
	Galat	42,68	10	4,27		
	Total	103,97	17			
12 mst	Perlakuan	124,16	5	24,83	1,66 ^{tn}	3,11
	Ulangan	3,79	2	1,89	0,15 ^{tn}	3,89
	Galat	124,90	10	12,49		
	Total	252,85	17			
16 mst	Perlakuan	79,99	5	16,00	3,25 [*]	3,11
	Ulangan	1,23	2	0,61	0,12 ^{tn}	3,89
	Galat	49,29	10	4,93		
	Total	130,51	17			

Lampiran 8. Hasil Sidik Ragam Kadar Bahan Organik Tanah pada Masing-Masing Pengamatan

Waktu Pengamatan	SK	JK	db	KT	Fhitung	Ftabel
0 mst	Perlakuan	1,72	5	0,34	8,02 *	3,11
	Ulangan	0,01	2	0,00	0,08 ^{tn}	3,89
	Galat	0,43	10	0,04		
	Total	2,15	17			
4 mst	Perlakuan	0,68	5	0,14	1,14 ^{tn}	3,11
	Ulangan	0,46	2	0,23	1,93 ^{tn}	3,89
	Galat	1,20	10	0,12		
	Total	2,35	17			
8 mst	Perlakuan	0,57	5	0,11	2,74 ^{tn}	3,11
	Ulangan	0,13	2	0,06	1,54 ^{tn}	3,89
	Galat	0,42	10	0,04		
	Total	1,12	17			
12 mst	Perlakuan	1,74	5	0,35	4,27 *	3,11
	Ulangan	0,05	2	0,02	0,29 ^{tn}	3,89
	Galat	0,82	10	0,08		
	Total	2,61	17			
16 mst	Perlakuan	1,08	5	0,22	5,80 *	3,11
	Ulangan	0,00	2	0,00	0,03 ^{tn}	3,89
	Galat	0,37	10	0,04		
	Total	1,46	17			

Lampiran 9. Hasil Sidik Ragam Tinggi Tanaman Tebu pada Masing-Masing Pengamatan

Waktu Pengamatan	SK	JK	db	KT	Fhitung	Ftabel
4 mst	Perlakuan	31,58	5	6,32	1,20 ^{tn}	3,11
	Ulangan	13,93	2	6,97	1,32 ^{tn}	3,89
	Galat	52,60	10	5,26		
	Total	98,10	17			
8 mst	Perlakuan	574,40	5	114,88	1,78 ^{tn}	3,11
	Ulangan	373,32	2	186,66	2,89 ^{tn}	3,89
	Galat	646,47	10	64,65		
	Total	1594,19	17			
12 mst	Perlakuan	915,26	5	183,05	3,16 [*]	3,11
	Ulangan	46,11	2	23,06	0,40 ^{tn}	3,89
	Galat	579,35	10	57,94		
	Total	1540,72	17			
16 mst	Perlakuan	8751,31	5	1750,26	3,89 [*]	3,11
	Ulangan	4173,77	2	2086,89	4,63 [*]	3,89
	Galat	4511,22	10	451,12		
	Total	17436,30	17			

Lampiran 10. Hasil Sidik Ragam Jumlah Anakan Tanaman Tebu pada Masing-Masing Pengamatan

Waktu Pengamatan	SK	JK	db	KT	Fhitung	Ftabel.
4 mst	Perlakuan	0,39	5	0,08	0,77 ^{tn}	3,11
	Ulangan	0,25	2	0,12	1,22 ^{tn}	3,89
	Galat	1,02	10	0,10		
	Total	1,66	17			
8 mst	Perlakuan	2,15	5	0,43	1,18 ^{tn}	3,11
	Ulangan	0,32	2	0,16	0,45 ^{tn}	3,89
	Galat	3,64	10	0,36		
	Total	6,11	17			
12 mst	Perlakuan	1,17	5	0,23	0,58 ^{tn}	3,11
	Ulangan	1,33	2	0,67	1,67 ^{tn}	3,89
	Galat	4,00	10	0,40		
	Total	6,50	17			
16 mst	Perlakuan	2,94	5	0,59	10,60 [*]	3,11
	Ulangan	0,11	2	0,06	1,00 ^{tn}	3,89
	Galat	0,56	10	0,06		
	Total	3,61	17			

Lampiran 11. Hasil Uji Duncan pada Parameter C-organik Tanah

Perlakuan	Rerata Kadar C-organik (%)									
	0 mst	Peningkatan (%)	4 mst	Peningkatan (%)	8 mst	Peningkatan (%)	12 mst	Peningkatan (%)	16 mst*	Peningkatan (%)
P0	0,62ab	0	0,64	0	0,76	0	0,62a	0	0,71a	0
P1	0,72bc	15,57	0,74	15,54	0,70	-7,45	0,78ab	25,24	0,97bc	36,64
P2	0,43a	-31,36	0,78	21,42	0,62	-17,94	0,58a	-6,13	0,78ab	10,34
P3	0,88cd	40,56	0,94	46,02	0,90	18,20	1,05b	69,47	1,12c	57,44
P4	0,62bc	-0,06	0,97	51,97	0,86	12,91	0,86ab	37,74	0,97bc	36,74
P5	0,97d	55,97	0,82	27,85	0,90	17,99	1,03b	65,56	1,04c	47,18

Keterangan:

Angka rerata yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada Uji Duncan ($p = 5\%$). P0 = Kontrol (tanpa diberikan tambahan bahan pembenah tanah); P1 = Biochar 10 t/ha; P2 = Abu ketel 10 t/ha; P3 = Pupuk kandang sapi 10 t/ha; P4 = Biochar 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha; P5 = Abu ketel 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha. mst* = minggu setelah tanam.

Peningkatan (%) = $((\text{Nilai pada perlakuan} - \text{Nilai pada kontrol}) : \text{Nilai pada kontrol}) \times 100\%$

Lampiran 12. Hasil Uji Duncan pada Parameter N-total Tanah

Perlakuan	Rerata Kadar N-total (%)									
	0 mst	Peningkatan (%)	4 mst	Peningkatan (%)	8 mst	Peningkatan (%)	12 mst	Peningkatan (%)	16 mst*	Peningkatan (%)
P0	0,08	0	0,075	0	0,074	0	0,071	0	0,069ab	0
P1	0,056	-30,0	0,053	-29,3	0,057	-23,0	0,05	-29,6	0,056a	-18,8
P2	0,048	-40,0	0,056	-25,3	0,06	-18,9	0,057	-19,7	0,06a	-13,0
P3	0,078	-2,5	0,057	-24,0	0,065	-12,2	0,068	-4,2	0,08b	15,9
P4	0,061	-23,8	0,058	-22,7	0,065	-12,2	0,067	-5,6	0,067ab	-2,9
P5	0,072	-10,0	0,052	-30,7	0,059	-20,3	0,064	-9,9	0,069ab	0

Keterangan:

Angka rerata yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada Uji Duncan ($p = 5\%$). P0 = Kontrol (tanpa diberikan tambahan bahan pembenah tanah); P1 = Biochar 10 t/ha; P2 = Abu ketel 10 t/ha; P3 = Pupuk kandang sapi 10 t/ha; P4 = Biochar 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha; P5 = Abu ketel 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha. mst* = minggu setelah tanam.

Peningkatan (%) = $((\text{Nilai pada perlakuan} - \text{Nilai pada kontrol}) : \text{Nilai pada kontrol}) \times 100\%$

Lampiran 13. Hasil Uji Duncan pada Parameter Nisbah C/N Tanah

Perlakuan	Rerata Nisbah C/N									
	0 mst	Peningkatan (%)	4 mst	Peningkatan (%)	8 mst	Peningkatan (%)	12 mst	Peningkatan (%)	16 mst*	Peningkatan (%)
P0	7,95	0	9,06	0	10,44	0	9,78	0	10,44a	0
P1	13,48	69,60	13,92	53,54	12,26	17,46	15,79	61,42	17,40c	66,63
P2	11,85	49,12	13,80	52,25	10,45	0,06	10,43	6,57	12,95ab	24,05
P3	11,87	49,40	17,34	91,32	13,93	33,37	15,46	57,99	14,20abc	36,05
P4	10,46	31,67	16,90	86,50	13,22	26,66	12,78	30,67	14,45abc	38,44
P5	16,42	106,63	15,75	73,82	15,27	46,24	16,42	67,85	15,0bc7	44,35

Keterangan:

Angka rerata yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada Uji Duncan ($p = 5\%$). P0 = Kontrol (tanpa diberikan tambahan bahan pembenah tanah); P1 = Biochar 10 t/ha; P2 = Abu ketel 10 t/ha; P3 = Pupuk kandang sapi 10 t/ha; P4 = Biochar 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha; P5 = Abu ketel 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha. mst* = minggu setelah tanam.

Peningkatan (%) = $((\text{Nilai pada perlakuan} - \text{Nilai pada kontrol}) : \text{Nilai pada kontrol}) \times 100\%$

Lampiran 14. Hasil Uji Duncan pada Parameter Bahan Organik Tanah

Perlakuan	Rerata Bahan Organik Tanah (%)									
	0 mst	Peningkatan (%)	4 mst	Peningkatan (%)	8 mst	Peningkatan (%)	12 mst	Peningkatan (%)	16 mst*	Peningkatan (%)
P0	1,08ab	0	1,10	0	1,31	0	1,07a	0	1,22a	0
P1	1,24cd	15,57	1,28	15,54	1,21	-7,45	1,34ab	25,24	1,67bc	36,64
P2	0,74a	-31,36	1,34	21,42	1,08	-17,94	1,01a	-6,13	1,35ab	10,34
P3	1,51cd	40,56	1,61	46,02	1,55	18,20	1,82b	69,47	1,92c	57,44
P4	1,08bc	-0,06	1,68	51,97	1,48	12,91	1,48ab	37,74	1,67bc	36,74
P5	1,68d	55,97	1,41	27,85	1,55	17,99	1,78b	65,56	1,80c	47,18

Keterangan:

Angka rerata yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada Uji Duncan ($p = 5\%$). P0 = Kontrol (tanpa diberikan tambahan bahan pembenah tanah); P1 = Biochar 10 t/ha; P2 = Abu ketel 10 t/ha; P3 = Pupuk kandang sapi 10 t/ha; P4 = Biochar 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha; P5 = Abu ketel 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha. mst* = minggu setelah tanam.

Peningkatan (%) = $((\text{Nilai pada perlakuan} - \text{Nilai pada kontrol}) : \text{Nilai pada kontrol}) \times 100\%$

Lampiran 15. Hasil Uji Duncan pada Parameter Tinggi Tanaman Tebu

Perlakuan	Rerata Tinggi Tanaman (cm)							
	4 mst	Peningkatan (%)	8 mst	Peningkatan (%)	12 mst	Peningkatan (%)	16 mst*	Peningkatan (%)
P0	36,2	0	108,2	0	191,7b	0	222,7b	0
P1	38,6	6,73	107,1	-0,96	173,9a	-9,29	195,2ab	-12,34
P2	38,8	7,19	118,8	9,80	187,0ab	-2,48	206,8ab	-7,12
P3	38,2	5,62	118,3	9,40	190,0b	-0,91	221,3b	-0,62
P4	40,6	12,32	114,3	5,64	178,9ab	-6,70	208,6a	-6,32
P5	39,1	8,20	115,5	6,78	191,7b	0	216,2ab	-2,92

Keterangan:

Angka rerata yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada Uji Duncan ($p = 5\%$). P0 = Kontrol (tanpa diberikan tambahan bahan pembenah tanah); P1 = Biochar 10 t/ha; P2 = Abu ketel 10 t/ha; P3 = Pupuk kandang sapi 10 t/ha; P4 = Biochar 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha; P5 = Abu ketel 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha. mst* = minggu setelah tanam.

Peningkatan (%) = $((\text{Nilai pada perlakuan} - \text{Nilai pada kontrol}) : \text{Nilai pada kontrol}) \times 100\%$

Lampiran 16. Hasil Uji Duncan pada Parameter Jumlah Anakan Tanaman Tebu

Perlakuan	Rerata Jumlah Tunas Tanaman							
	4 mst	Peningkatan (%)	8 mst	Peningkatan (%)	12 mst	Peningkatan (%)	16 mst*	Peningkatan (%)
P0	2	0	4	0	5	0	5 a	0
P1	2	0	5	20,47	5	0	5 a	0
P2	2	0	5	20,47	6	10,53	6 b	10,53
P3	2	0	5	20,47	5	0	5 a	0
P4	2	0	4	0	5	0	6 b	10,53
P5	2	0	5	20,47	5	0	5 a	0

Keterangan:

Angka rerata yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada Uji Duncan ($p = 5\%$). P0 = Kontrol (tanpa diberikan tambahan bahan pembenah tanah); P1 = Biochar 10 t/ha; P2 = Abu ketel 10 t/ha; P3 = Pupuk kandang sapi 10 t/ha; P4 = Biochar 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha; P5 = Abu ketel 5 t/ha + Pupuk kandang sapi 5 t/ha. mst* = minggu setelah tanam.
 Peningkatan (%) = $((\text{Nilai pada perlakuan} - \text{Nilai pada kontrol}) : \text{Nilai pada kontrol}) \times 100\%$

Lampiran 17. Skema Pembuatan Biochar



Lampiran 18. Kriteria Penilaian Hasil Analisis Tanah

Parameter Tanah	Nilai				
	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
C (%)	<1	1-2	2-3	3-5	>5
N (%)	<0,1	0,1-0,2	0,21-0,5	-,51-0,75	>0,75
C/N	<5	5-10	11-15	16-25	>25
P ₂ O ₅ HCl 25% (me 100 g ⁻¹)	<15	15-20	21-40	41-60	>60
P ₂ O ₅ Bray (ppm P)	<4	5-7	8-10	11-15	>15
P ₂ O ₅ Olsen (ppm P)	,5	5-10	11-15	16-20	>20
K ₂ O HCl 25% (me 100 g ⁻¹)	<10	10-20	21-40	41-60	>60
KTK/CEC (me 100 g tanah ⁻¹)	<5	5-16	17-24	25-40	>40
Susunan Katio					
Ca (me 100 g tanah ⁻¹)	<2	2-5	6-10	11-20	>20
Mg (me 100 g tanah ⁻¹)	<0,3	0,4-1	1,1-2,0	2,1-8,0	>8
K (me 100 g tanah ⁻¹)	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,5	0,6-1,0	>1
Na (me 100 g tanah ⁻¹)	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,5	0,6-1,0	>1
Kejenuhan Basa (%)	<20	20-40	41-60	61-80	>80
Kejenuhan Alumunium (%)	<5	5-10	10-20	20-40	>40
Cadangan mineral (%)	<5	5-10	10-20	20-40	>40
Salinitas/DHL (dS m ⁻¹)	<1	1-2	2-3	3-4	>4
Persentase Natrium Dapat Ditukar/ESP (%)	<2	2-5	5-10	10-15	>15

	Sangat Masam	Masam	Agak Masam	Netral	Agak Alkalis	Alkalis
pH H ₂ O	<4,5	4,5-5,5	5,5-6,5	6,6-7,5	7,6-8,5	>8,5

Sumber: Sulaeman *et al.* (2005)

Lampiran 19. Kriteria Standar Mutu Kompos

Kandungan	Satuan	Kisaran Kandungan Hara		
		Rendah	Sedang	Tinggi
Kadar air	%	24,9	35,6	52,6
Berat jenis	g/l	0,4	0,6	0,9
pH	-	6,6	7,3	8,2
Bahan organik	%	22,4	39,7	68,7
C-organik	%	14,5	19,6	27,1
Garam terlarut	%	0,8	1,8	2,9
Total N	%	0,6	1,1	2,1
C/N	-	>10	10-20	>20
Fosfat (P_2O_5)	%	0,3	0,9	1,8
Kalium (K_2O)	%	0,2	0,6	1,4
Mg (MgO)	%	0,3	0,7	1,6
Kalsium (CaO)	%	2,7	4,9	6,2
Boron (B)	mg/kg	13,78	35,3	124,0
Mangan (Mn)	mg/kg	220	452	654
Seng (Zn)	mg/kg	513,0	1570,0	2015,0

Sumber: Lembaga Penelitian Tanah (1983)



Lampiran 20. Foto Pengamatan Perkembangan Tinggi Tanaman Pada 4-16 Minggu Setelah Tanam



P3 (4 mst)



P3 (8 mst)



P3 (12 mst)



P3 (16 mst)

Keterangan:

P3 = Perlakuan pupuk kandang sapi 10 t/ha

mst = Minggu Setelah Tanam