

**PENGARUH BIOCHAR (ARANG HAYATI) PADA PELEPASAN C DAN
N DARI BAHAN ORGANIK SEGAR (*Tithonia diversifolia* DAN
Leucaena leucocephala) PADA ALFISOL, MALANG**

Oleh
AMRIADI



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
PROGRAM STUDI ILMU TANAH
MALANG
2013**

**PENGARUH BIOCHAR (ARANG HAYATI) PADA PELEPASAN C DAN
N DARI BAHAN ORGANIK SEGAR (*Tithonia diversifolia* DAN
Leucaena leucocephala) PADA ALFISOL, MALANG**

Oleh

Amriadi

0610430006-43

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



SKRIPSI

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

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

JURUSAN TANAH

PROGAM STUDI ILMU TANAH

MALANG

2013

RINGKASAN

Amriadi. 0610430006-43. Pengaruh Biochar (Arang Hayati) Pada Pelepasan C Dan N Dari Bahan Organik Segar (*Tithonia diversifolia* Dan *Leucaena leucocephala*) Pada Alfisol, Malang. Dibawah bimbingan Eko Handayanto dan Sugeng Priyono.

Rendahnya kandungan bahan organik tanah menyebabkan rendahnya kapasitas penyangga tanah sehingga efisiensi penggunaan pupuk menjadi rendah. Salah satu alternatif untuk menjaga kesuburan tanah adalah dengan menambahkan bahan organik kedalam tanah. Bahan organik yang dapat digunakan meliputi sisa tanaman dan kotoran hewan, atau pupuk organik komersial. *Tithonia diversifolia* dan *Leucaena leucocephala* merupakan beberapa jenis tanaman yang dapat digunakan sebagai sumber bahan organik. Biochar dapat memperbaiki sifat kimia, fisik, dan biologi tanah, pemanfaatan biochar sebagai bahan pembenah (amelioran) tanah telah lama dilakukan di negara maju. Pencucian pupuk N dapat dikurangi secara signifikan dengan pemberian biochar tersebut ke dalam media tanam (Steiner *et al.*, 2007).

Penelitian ini merupakan percobaan inkubasi yang dilaksanakan pada bulan Juni 2012 sampai Agustus 2012 dilaboratorium biologi tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 12 perlakuan, 3 kali ulangan dan 5 kali pengamatan. Penambahan bahan organik berdasarkan dosis biochar 10 ton ha⁻¹ dengan perlakuan tanah murni sebagai kontrol, dosis biochar (50% dan 100%), dosis bahan organik (25% dan 50%). Data yang diperoleh diuji secara statistik dengan uji Duncan pada taraf 5% untuk mengetahui perbedaan antara perlakuan. Uji korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan antara parameter taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah 8 minggu inkubasi, jumlah N mineral yang tersedia antara 87 mg kg⁻¹ - 133 mg kg⁻¹, sedangkan jumlah C organik yang tersedia antara 2,07% - 2,24% dan jumlah N total yang tersedia antara 0,173% - 178%. Pencampuran biochar dengan bahan organik dapat memperbaiki laju pelepasan C dan N, peningkatan C sebesar 0,03% - 0,04% dan peningkatan N sebesar 10 mg kg⁻¹ - 20 mg kg⁻¹. Jumlah N mineral tertinggi pada perlakuan 50% biochar dan 50% *Leucaena leucocephala* (133 mg kg⁻¹), sedangkan jumlah C organik tertinggi pada perlakuan 100% biochar dan 50% *Tithonia diversifolia* (2,24%).

Kata kunci: Biochar, Bahan Organik

SUMMARY

Amriadi. 0610430006-43. The Influence of Biochar (Natural Charcoal) on the release of C and N from Fresh Organic Matter (*Tithonia diversifolia* and *Leucaena leucocephala*) on the Alfisol, Malang, under the Guidance of Eko Handayanto and Sugeng Priyono.

The low content of organic matter in the soil causes low capacity of soil prop and lowering the efficiency of the use of fertilizer. One of the alternatives ways to keep the fertility of the soil is to add the organic matter into the soil. The organic matter that can be used includes the waste of plants and animal feces, or natural commercial fertilizer. *Tithonia diversifolia* and *Leucaena leucocephala* are kinds of plants that can be used as organic matter sources. Biochar can repair the chemistry, physical, and biology characteristic of the soil. The benefit of biochar as the amelioration of the soil has been applied for a long time in the developed country. The rinse of N fertilizer can be reduced significantly with the stimulus of biochar into the planting medium (Steiner *et al.*, 2007).

This research is incubation experiment that is conducted in June 2012 until August 2012 in the soil biology laboratory, Faculty of Agriculture, Brawijaya University. This research used the random complete device, Completely Randomized Design (CRD) using 12 treatments, 3 times of remedial, and 5 times of observation. The addition of organic matter is based on the biochar dosage 10 ton ha⁻¹ with treatment of natural soil as the control, biochar dosage (50% and 100%), and organic matter dosage (25% and 50%). The data that is obtained is tested statistically using Duncan test in the level 5% to know the difference and the treatment. Correlation test is used to know the relation between the level parameter 5%.

The result of this research shows that after the 8 weeks of incubation, the amount of N mineral that is available in the range of 87 mg kg⁻¹ - 133 mg kg⁻¹, while the amount of C organic that is available in the range of 2,07% - 2,24% and the amount total of N that is available in the range of 0,173% - 178%. The blend of biochar and the organic matter can mend the flow of release C and N, the improvement of C is 0,03% - 0,04% and the improvement of N is 10 mg kg⁻¹ - 20 mg kg⁻¹. The highest amount of mineral N is on the 50% treatment biochar and 50% *Leucaena leucocephala* (133 mg kg⁻¹), while the highest amount of C organic is on the treatment 100% biochar and 50% *Tithonia diversifolia* (2,24%).

Key words: Biochar, Organic matter.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan hasil penelitian ini. Skripsi dengan judul **Pengaruh Biochar (Arang Hayati) Pada Pelepasan C Dan N Dari Bahan Organik Segar (*Tithonia diversifolia* Dan *Leucaena leucocephala*) Pada Alfisol, Malang**, merupakan salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat yang setulus-tulusnya penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Eko Handayanto, MSc dan Dr. Ir. Sugeng Prijono, SU selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyusun skripsi ini hingga selesai.
2. Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, MS selaku Ketua Jurusan Ilmu Tanah Universitas Brawijaya Malang.
3. Dosen-dosen di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis selama kuliah.
4. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, atas bantuan dan informasi yang diberikan.
5. Yang tercinta orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan baik materiil maupun moril hingga selesainya penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh kakak-kakak, adik-adik seperjuangan di Tanah, terutama Soiler 2006, terima kasih atas dukungan, perhatian, bantuan, serta kenangan indah selama ini, serta semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu yang turut berpartisipasi atas terselesaikan proposal penelitian ini.

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

Malang, April 2013

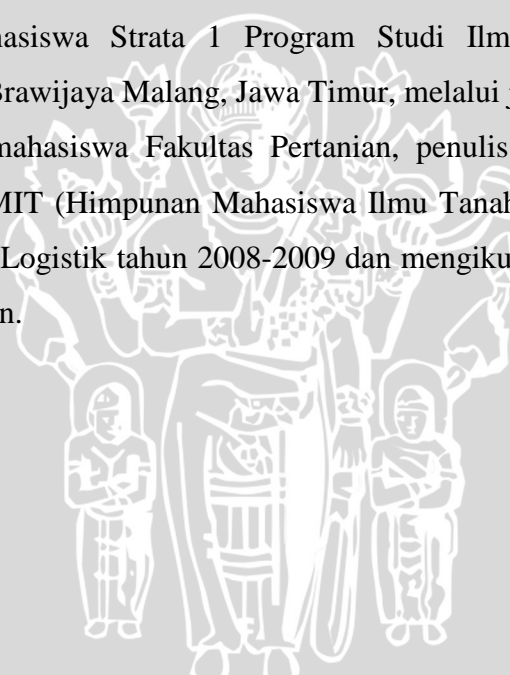
Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Srijaya pada tanggal 09 Januari 1988 dan merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis merupakan putra dari Bapak Hajeri dan Ibu Masleha.

Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SDN 1 Srijaya kecamatan Banyuasin Kabupaten Musi Banyuasin pada tahun 1994 sampai tahun 2000, kemudian melanjutkan studi di SLTP PGRI Srijaya Rantau Bayur Musi Banyuasin pada tahun 2000 sampai tahun 2003. Pada tahun 2003 sampai tahun 2006 penulis studi di SMA Al-Muayyad Surakarta. Pada tahun 2006 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata 1 Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur, melalui jalur PSB.

Selama menjadi mahasiswa Fakultas Pertanian, penulis pernah mengikuti kegiatan organisasi HMIT (Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah) sebagai Anggota Kerumahtangaan dan Logistik tahun 2008-2009 dan mengikuti kepanitiaan yang diadakan oleh himpunan.



DAFTAR ISI

Nomor	Teks	Halaman
	RINGKASAN	iii
	SUMMARY	iv
	KATA PENGANTAR	v
	RIWAYAT HIDUP	vi
	DAFTAR ISI	vii
	DAFTAR GAMBAR	ix
	DAFTAR TABEL	ix
	DAFTAR LAMPIRAN	x
I.	PENDAHULUAN	1
1.1.	Latar Belakang	1
1.2.	Tujuan	3
1.3.	Hipotesis	4
1.4.	Manfaat Penelitian	4
II.	TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1.	Nitrogen dalam Tanah	5
2.1.1.	Sumber dan Transformasi Nitrogen dalam Tanah	5
2.1.2.	Faktor-faktor yang Mempengaruhi Ketersediaan Nitrogen dalam Tanah	8
2.2.	Bahan Organik	11
2.2.1.	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Dekomposisi dan Mineralisasi Bahan Organik	11
2.2.2.	Manipulasi Kualitas Bahan Organik	12
2.2.3.	Sinkronisasi	13
2.3.	Biochar (Arang Hayati)	15
2.3.1.	Manfaat Arang Hayati (biochar)	16
2.3.2.	Pembuatan Biochar	18
2.3.3.	Pyrolysis Biochar	20

2.3.4. Struktur Pada Biochar	23
2.4. Potensi Paitan (<i>Tithonia difersifolia</i>) dan Lamtoro (<i>Leucaena leucocephala</i>).....	26
2.4.1. Paitan (<i>Tithonia difersifolia</i>)	26
2.4.2. Lamtoro (<i>Leucaena leucocephala</i>).....	27
2.5. Alfisol.....	29
III. METODE PENELITIAN.....	31
3.1. Waktu dan Tempat	31
3.2. Bahan dan Alat	31
3.2.1. Biochar dan Bahan Organik Segar	31
3.2.2. Tanah.....	31
3.3. Rancangan Penelitian	32
3.4. Pelaksanaan Penelitian	32
3.5. Parameter Pengamatan dan Metode Analisa.....	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1. Kualitas Bahan Organik.....	34
4.2. Mineralisasi N dan C.....	36
4.2.1. Mineralisasi N	36
4.2.3. Mineralisasi C	41
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	48
5.1. Kesimpulan.....	48
5.2. Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN.....	55

DAFTAR GAMBAR

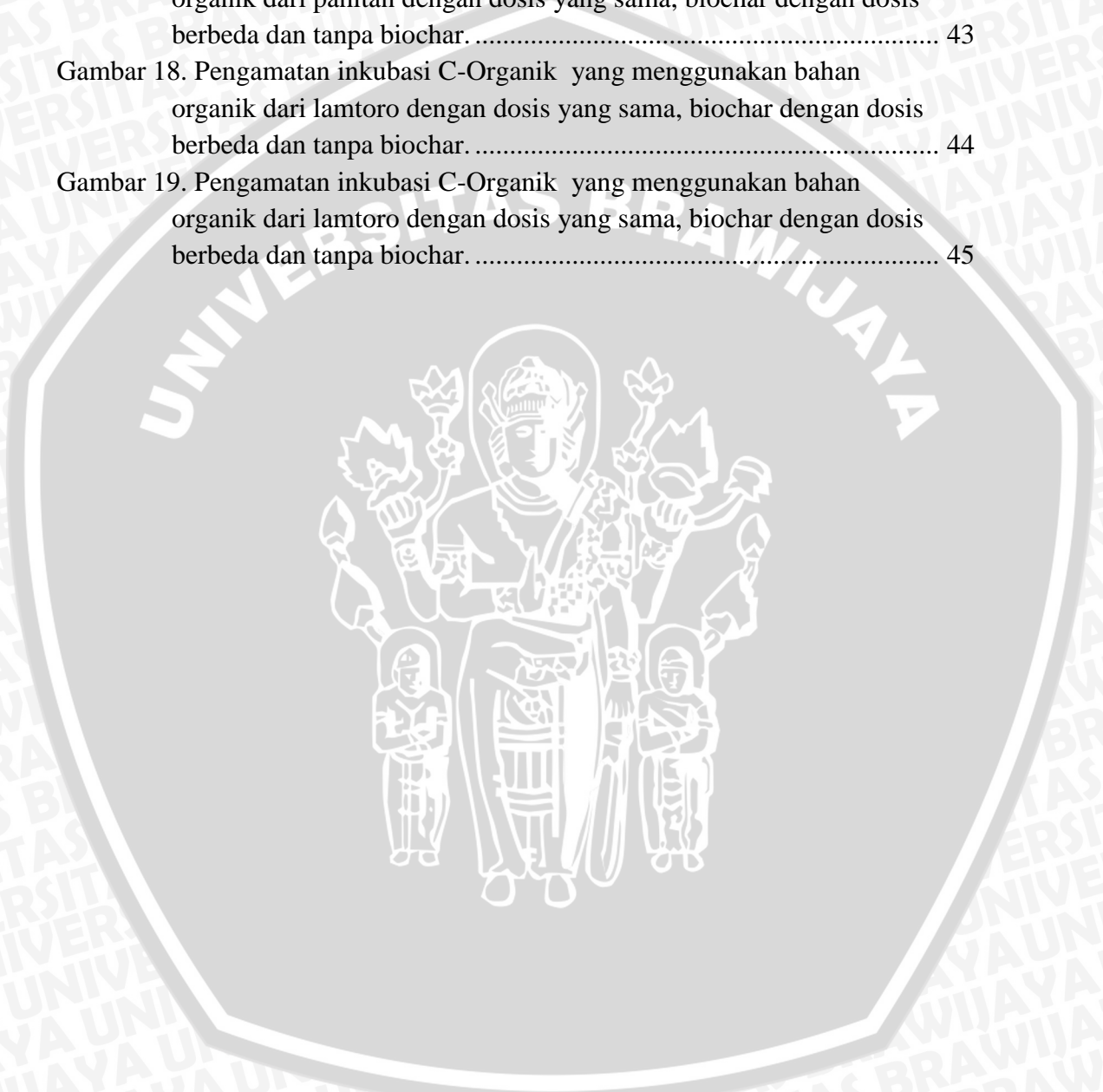
Nomor	Teks	Halaman
Gambar 1.	Siklus nitrogen (Brady <i>et al.</i> , 2002)	6
Gambar 2.	Hubungan mineralisasi N dengan N total pada kondisi inkubasi (Havlin <i>et al.</i> , 1999).....	8
Gambar 3.	Pengaruh pH tanah terhadap proporsi $\text{NH}_4^+ : \text{NH}_3$ dalam larutan tanah (Havlin <i>et al.</i> , 1997).....	9
Gambar 4.	Pengaruh rasio C/N terhadap perubahan kadar NO_3^- pada proses dekomposisi (Havlin <i>et al.</i> , 1997).	10
Gambar 5.	Hubungan konsentrasi N anorganik dengan jumlah pori yang terisi air (Zhang <i>et al.</i> , 2002).....	11
Gambar 6.	Jenis-jenis Biochar	16
Gambar 7.	Peralatan sederhana untuk membuat biochar di BB Padi.Pembuatan biochar dengan sistem pirolisis temperatur rendah dimana biochar merupakan hasil ikutan produksi energi dan bio-oil dari biomasa (Lehmann 2007).	18
Gambar 8.	Siklus Pyrolysis Biochar	20
Gambar 9.	Struktur Biochar	24
Gambar 10.	Struktur mikro biochar asal cangkang kelapa sawit pembesaran 10.000 x.	25
Gambar 11.	SEM biochar : (A) willow (bahan baku), (B) biochar willow (440°C), (C) biochar willow (470°C) dan (D) biochar willow (530°C); 11b. Analisis gugus fungsional di dalam biochar menggunakan IR spectroscopy.....	25
Gambar 12.	Pengamatan inkubasi N-Mineral yang menggunakan bahan organik dari pahitan dengan dosis yang sama, biochar dengan dosis berbeda dan tanpa biochar.	36
Gambar 13.	Pengamatan inkubasi N-Mineral yang menggunakan bahan organik dari pahitan dengan dosis yang sama, biochar dengan dosis berbeda dan tanpa biochar.	37
Gambar 14.	Pengamatan inkubasi N-Mineral yang menggunakan bahan organik dari lamtoro dengan dosis yang sama, biochar dengan dosis berbeda dan tanpa biochar.	38
Gambar 15.	Pengamatan inkubasi N-Mineral yang menggunakan bahan organik dari lamtoro dengan dosis yang sama, biochar dengan dosis berbeda dan tanpa biochar.	39

Gambar 16. Pengamatan inkubasi C-Organik yang menggunakan bahan organik dari pahitan dengan dosis yang sama, biochar dengan dosis berbeda dan tanpa biochar. 42

Gambar 17. Pengamatan inkubasi C-Organik yang menggunakan bahan organik dari pahitan dengan dosis yang sama, biochar dengan dosis berbeda dan tanpa biochar. 43

Gambar 18. Pengamatan inkubasi C-Organik yang menggunakan bahan organik dari lamtoro dengan dosis yang sama, biochar dengan dosis berbeda dan tanpa biochar. 44

Gambar 19. Pengamatan inkubasi C-Organik yang menggunakan bahan organik dari lamtoro dengan dosis yang sama, biochar dengan dosis berbeda dan tanpa biochar. 45



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
	Tabel 1. Kandungan C dan N pada fraksi dan kedalaman tanah yang berbeda	9
	Tabel 2. Komposisi produk yang dihasilkan pada berbagai kondisi pyrolysis (Sohi <i>at al.</i> , 2009).	21
	Tabel 3. Kandungan unsur hara dalam biochar pada berbagai suhu pyrolysis	23
	Tabel 4. Perlakuan Penelitian.....	33
	Tabel 5. Hasil Rata-rata Komposisi Kimia dari Campuran Bahan Organik Segar <i>Tithonia diversifolia</i> (Paitan) dan <i>Leucaena leucocephala</i> (Lamtoro) dengan biochar.....	35



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
	Lampiran 1. Prosedur Analisis Bahan Organik Tanah.....	55
	Lampiran 2. Analisis Dasar Tanah.....	56
	Lampiran 3. Koefisien Korelasi Antar Pengamatan	57
	Lampiran 4. Hasil Analisis Sidik Ragam N Mineral pada Inkubasi Minggu 1	57
	Lampiran 5. Hasil Analisis Sidik Ragam N Mineral pada Inkubasi Minggu 2	57
	Lampiran 6. Hasil Analisis Sidik Ragam N Mineral pada Inkubasi Minggu 4	57
	Lampiran 7. Hasil Analisis Sidik Ragam N Mineral pada Inkubasi Minggu 6	58
	Lampiran 8. Hasil Analisis Sidik Ragam N Mineral pada Inkubasi Minggu 8	58
	Lampiran 9. Hasil Analisis Sidik Ragam C Organik pada Inkubasi Minggu 1	58
	Lampiran 10. Hasil Analisis Sidik Ragam C Organik pada Inkubasi Minggu 2..	58
	Lampiran 11. Hasil Analisis Sidik Ragam C Organik pada Inkubasi Minggu 4..	59
	Lampiran 12. Hasil Analisis Sidik Ragam C Organik pada Inkubasi Minggu 6..	59
	Lampiran 13. Hasil Analisis Sidik Ragam C Organik pada Inkubasi Minggu 8..	59
	Lampiran 14. Hasil Analisis Sidik Ragam N Total pada Inkubasi Minggu 1.....	59
	Lampiran 15. Hasil Analisis Sidik Ragam N Total pada Inkubasi Minggu 2.....	60
	Lampiran 16. Hasil Analisis Sidik Ragam N Total pada Inkubasi Minggu 4.....	60
	Lampiran 17. Hasil Analisis Sidik Ragam N Total pada Inkubasi Minggu 6.....	60
	Lampiran 18. Hasil Analisis Sidik Ragam N Total pada Inkubasi Minggu 8.....	60
	Lampiran 19. Hasil Analisis Duncan N Mineral.....	61
	Lampiran 20. Hasil Analisis Duncan C Organik	61
	Lampiran 21. Hasil Analisis Duncan N Total.....	62
	Lampiran 22. Perhitungan Kadar Air.....	63
	Lampiran 23. Perhitungan Dosis Perlakuan.....	64
	Lampiran 24. Media Inkubasi yang digunakan dalam pengamatan selama 8 minggu	66
	Lampiran 25. Gambar tanaman yang digunakan dalam Perlakuan (Biochar, Pahitan dan Lamtoro).....	67
	Lampiran 26. Proses Pembuatan Biochar	68
	Lampiran 27. Denah awal plot percobaan untuk media inkubasi	70

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perbaikan produktivitas tanah sebenarnya dapat dilakukan dengan penggunaan pupuk anorganik. Namun demikian keterbatasan kondisi sosial masyarakat membuat mereka kurang beruntung untuk menikmati penggunaan pupuk. Selain itu rendahnya kandungan bahan organik tanah menyebabkan rendahnya kapasitas penyangga tanah sehingga efisiensi penggunaan pupuk menjadi rendah. Alternatif lain untuk kesuburan tanah adalah penambahan bahan organik kedalam tanah. Bahan organik yang dapat digunakan meliputi sisa tanaman dan kotoran hewan, atau pupuk organik komersial. Sisa tanaman dengan kandungan N tinggi dapat menyediakan unsur hara dalam jumlah yang baik, namun relatif mudah terdekomposisi karena kecepatan dekomposisi berkorelasi positif dengan kandungan N dalam sisa tanaman. Lebih lanjut mikroorganisme yang terlibat dalam proses dekomposisi sisa tanaman menggunakan N yang termineralisasi dari jaringan sisa tanaman (Neeteson dan Henrot, 1995).

Diantara berbagai jenis tanaman liar yang dapat tumbuh dan berkembang pada Alfisol, sebenarnya banyak sekali tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan organik. Salah satu tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan organik yaitu *Tithonia diversifolia* dan *Leucaena leucocephala*. Ada satu jenis bahan organik yaitu *Tithonia* dimana menurut Botanri (1999), bahwa laju dekomposisi dan mineralisasi bahan organik ini tinggi, dimana bisa terdekomposisi satu minggu pertama dan habis selama kurang lebih satu bulan serta cocok untuk tanaman yang berumur pendek.

Tithonia diversifolia merupakan gulma tahunan yang berpotensi sebagai sumber hara karena mengandung 3,50% N, 0,37% P, dan 4,10% K (Hartatik, 2007). Phiri *et al.* (2001) menambahkan bahwa *Tithonia diversifolia* memiliki potensi tinggi terhadap pemulihan kesuburan tanah, dampak positif terhadap kesuburan tanah terutama pada status fosfor. Keuntungan menggunakan gulma ini khususnya untuk perbaikan tanah termasuk kelimpahan biomas, adaptasi serta

kemampuan untuk tumbuh pada lahan di sepanjang jalan utama dan lingkungan. Pemanfaatan tanaman ini sebagai bahan organik segar, terutama pupuk hijau, *Tithonia diversifolia* mengandung berbagai senyawa yang larut air (gula, asam amino, dan beberapa pati), serta bahan kurang larut (seperti pektin, protein, dan pati yang lebih kompleks) dan yang tidak larut (selulosa dan lignin).

Pupuk organik berupa daun lamtoro akan meningkatkan kesuburan tanah dan akan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman dalam memperoleh berbagai macam unsur hara. Hasil penelitian Saerodjotanos (1983) menunjukkan bahwa salah satu sarana produksi pertanian yang terbuat dengan bahan-bahan organik yang sifatnya ramah lingkungan dan menghasilkan produk pertanian sehat adalah ekstrak daun lamtoro, sebab daun lamtoro mengandung 3,84 % N, 0,20% P, 0,206% K, 1,31% Ca, 0,33% Mg. Semua unsur hara yang terkandung merupakan unsur hara esensial yang sangat dibutuhkan oleh tanaman dalam pertumbuhan dan perkembangannya.

Tanaman lamtoro memiliki banyak kelebihan antara lain produktifitas yang tinggi baik produksi bahan kering maupun nilai gizi serta dapat tumbuh pada semua jenis tanah. Selain kelebihan tersebut ada beberapa kekurangan dari lamtoro yaitu kandungan mimosin yang tinggi, rentan terhadap hama (kutu loncat) dan memiliki varietas genetik yang rendah. Keterbatasan dalam komposisi asam amino esensial dapat diatasi dengan menambahkan asam amino esensial yang menjadi pembatas (Santiago dan Lovell, 1988) dan untuk mengatasi mimosin telah dilaporkan beberapa metode yang berhasil mereduksi mimosin seperti perendaman dan pemanasan (Wee dan Wang, 1987).

Di daerah tropika basah seperti Indonesia banyak dijumpai tanah yang telah mengalami proses pelapukan lanjut. Tanah ini memiliki sifat kadar hara, kapasitas tukar kation (KTK), pH, dan bahan organik yang rendah, sedangkan untuk kapasitas tukar anion (KTA), kadar aluminium dapat ditukar, oksida, dan kadar liat tergolong tinggi. Tingginya kadar aluminium di dalam tanah dapat menghambat pertumbuhan dan meracuni tanaman. Salah satu upaya untuk mengatasi sifat toksik yang ditimbulkan dari aluminium yang dapat dipertukarkan

pada tanah adalah dengan menggunakan arang pirolisis yang selanjutnya lebih dikenal sebagai *biochar* (Lehmann dan Joseph, 2009).

Pemanfaatan biochar sebagai bahan pembenah (amelioran) tanah telah lama dilakukan. Sebagai contoh, “*Terra Preta de Indio*” di Amazon Basin yang terbentuk karena aktivitas perladangan berpindah. Tanah ini kaya akan residu organik yang berasal dari pembakaran biomassa kayu hutan. Tanah “*Terra Preta de Indio*” mengandung karbon (C), nitrogen (N), kalsium (Ca), fosfor (P), tembaga (Zn), dan mangan (Mn) yang lebih tinggi daripada jenis tanah lainnya. Tanah ini dikelompokkan dalam jenis Latosol (Glaser *et al.*, 2001; Sombroek *et al.*, 2003). Biochar dapat memperbaiki sifat kimia, fisik, dan biologi tanah. Pencucian pupuk N dapat dikurangi secara signifikan dengan pemberian biochar tersebut ke dalam media tanam (Steiner *et al.*, 2007). Selain itu pula, di beberapa negara telah ditetapkan suatu kebijakan untuk mengembangkan biochar dalam skala industri guna meningkatkan simpanan karbon di dalam tanah. Jika dikaitkan dengan kepedulian terhadap pemanasan global yang disebabkan oleh emisi CO₂ dan sumber gas rumah kaca lainnya, maka pemanfaatan biochar sebagai bahan amelioran tanah memiliki prospek yang cukup baik. Dengan kata lain, teknologi pemanfaatan (pengolahan) biochar merupakan salah satu solusi cepat untuk mengurangi pengaruh pemanasan global yang berasal dari lahan pertanian dan juga merupakan salah satu alternatif untuk mengelola limbah pertanian dan perkebunan. Sehingga, penelitian tentang pengaruh biochar terhadap pelepasan C dan N dari bahan organik segar sangat penting untuk dikaji.

1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh biochar (arang hayati) pada laju pelepasan C dan N dari bahan organik segar *Leucaena leucocephala* dan *Tithonia diversifolia* pada Alfisol, Malang.

1.3. Hipotesis

1. Pencampuran biochar terhadap bahan organik dapat memperbaiki laju pelepasan C dan N.
2. Unsur hara dari bahan organik pada tanaman *Tithonia diversifolia* lebih cepat tersedia didalam tanah dibandingkan dengan tanaman *Leucaena leucocephala*.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai tambahan informasi kepada masyarakat mengenai pengaruh biochar terhadap pelepasan C dan N dari bahan organik segar dengan menggunakan tanaman *Tithonia diversifolia* dan *Leucaena leucocephala*.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Nitrogen dalam Tanah

Menurut Hairiah *et al.* (2000) tiga sumber utama N tanah berasal dari bahan organik tanah, N tertambat dari udara bebas oleh tanaman kacang-kacangan (*legume*) yang bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium* dan dari pupuk anorganik. Hairiah *et al.* (2000) juga menjelaskan bahwa dari semua unsur hara, nitrogen merupakan unsur hara yang paling dibutuhkan dalam jumlah yang banyak namun tidak sebanding dengan ketersediaannya yang selalu rendah dikarenakan mobilitasnya dalam tanah yang sangat tinggi. Kemampuan tanah dalam menyediakan hara nitrogen sangat ditentukan oleh kondisi dan jumlah bahan organik tanah.

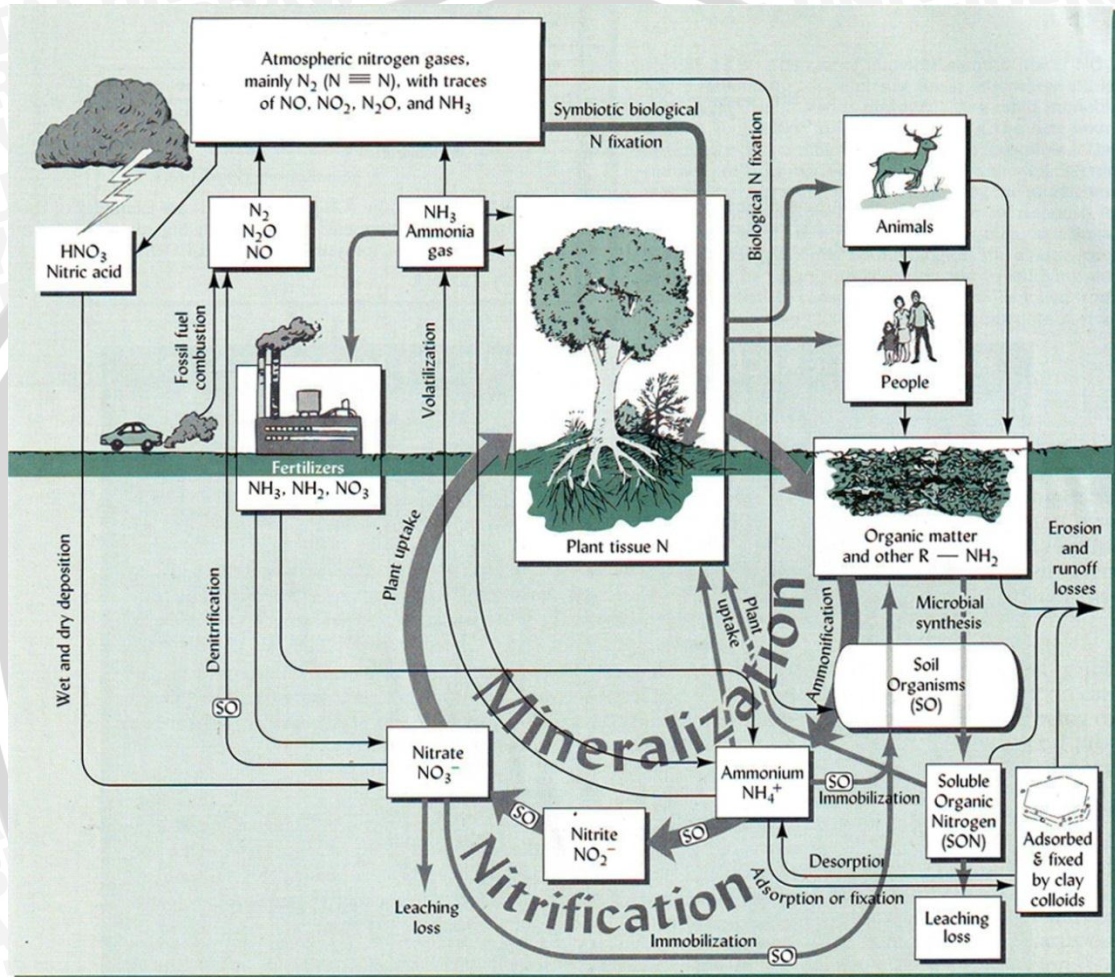
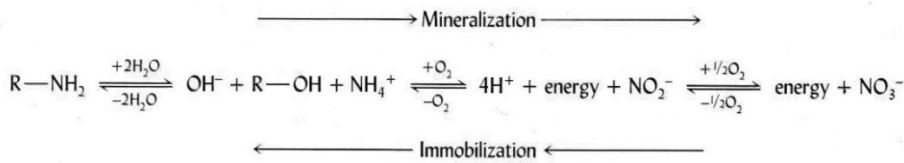
Sebagian nitrogen tanah berada dalam bentuk N-organik. Nitrogen organik (hasil fiksasi N-biologis, bahan tanaman dan kotoran hewan) yang dibenamkan dalam tanah merupakan N-organik yang tidak dapat diserap begitu saja oleh tanaman. Lebih lanjut dikatakan, jumlah N dalam tanah dapat bertambah akibat dari pemupukan N, fiksasi N-biologis, air hujan dan penambahan bahan organik, sedangkan N dapat berkurang karena pencucian, pemanenan, denitrifikasi dan volatilisasi.

2.1.1. Sumber dan Transformasi Nitrogen dalam Tanah

Sekitar 95% hingga 99% nitrogen tanah terdapat dalam susunan senyawa organik yang belum tersedia bagi tanaman (Brady *et al.*, 2002). Dalam siklusnya, nitrogen mengalami transformasi menjadi berbagai susunan kimia melalui reaksi-reaksi kimia dan biologis. Siklus nitrogen diilustrasikan pada Gambar 1.

1. Mineralisasi (N – organik → Ammonium). Proses mineralisasi mengubah susunan N – organik dalam tanah menjadi ammonium (NH_4^+). Ammonium tidak mudah mengalami pencucian karena bermuatan positif (kation) dan terjerap oleh permukaan partikel liat. Ammonium merupakan bentuk nitrogen yang tersedia bagi tanaman.

Menurut Brady *et al.* (2002) dan Barbarick (2009), transformasi nitrogen dalam tanah dapat terjadi dalam berbagai proses:

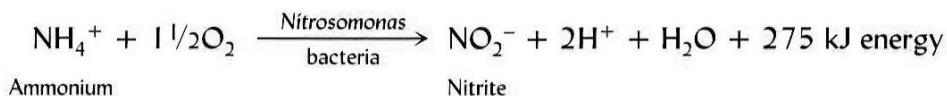


Gambar 1. Siklus nitrogen (Brady *et al.*, 2002)

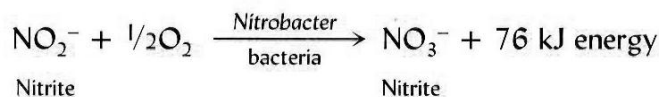
2. Nitrifikasi (Ammonium → Nitrat). Melalui reaksi enzimatik oleh aktivitas bakteri, ammonium dalam tanah teroksidasi menjadi bentuk nitrat (NO₃⁻). Nitrat merupakan bentuk nitrogen yang ideal untuk dimanfaatkan oleh tanaman, namun sangat mudah tercuci karena merupakan ion bermuatan negatif dan tidak terjerap oleh partikel liat.



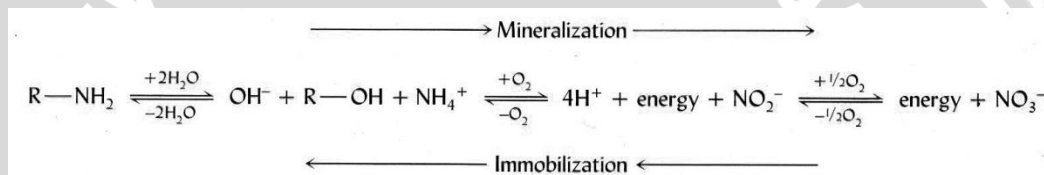
Step 1



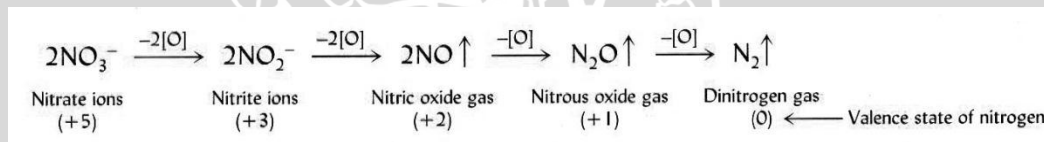
Step 2



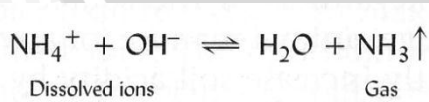
3. Immobilisasi (Nitrat/Ammonium → N – organik). Immobilisasi merupakan kebalikan dari proses mineralisasi, yaitu nitrogen diubah kembali dari bentuk anorganik menjadi bentuk organik.



4. Denitrifikasi (Nitrat → N gas). Pada tanah beraerasi buruk, kebutuhan akan oksigen untuk aktivitas mikroorganisme tanah diambil dari NO₃⁻ sehingga nitrit dalam tanah bertransformasi menjadi bentuk gas (N₂) dan hilang melalui udara.

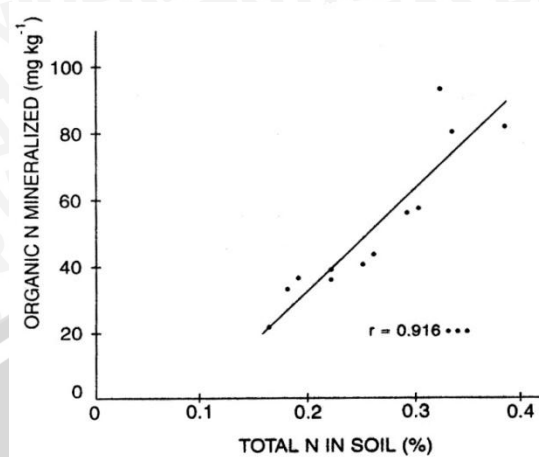


5. Volatilisasi ammonia (Ammonium → gas ammonia). Tanah-tanah yang memiliki pH tinggi (diatas 7,5) berpotensi kehilangan ammonium yang terkonversi menjadi bentuk gas (NH₃).



Proses amonifikasi dan nitrifikasi merupakan mekanisme penyediaan hara karena ion NH₄⁺ dan NO₃⁻ merupakan bentuk N tersedia bagi tanaman (Gambar 2). Mineralisasi N berhubungan dengan kandungan N total dalam tanah (Gambar 3).





Gambar 2. Hubungan mineralisasi N dengan N total pada kondisi inkubasi (Havlin *et al.*, 1999).

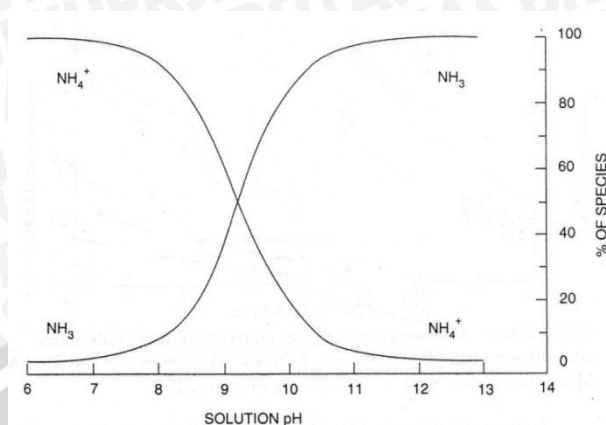
2.1.2. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Ketersediaan Nitrogen dalam Tanah

1. Masukan bahan organik.

Menurut Hairiah *et al.* (2000), bahan organik adalah sisa tanaman, hewan dan manusia yang belum terlapuk sempurna dan berada pada lapisan permukaan maupun dalam tanah. Kemampuan tanah dalam menyediakan hara nitrogen sangat ditentukan oleh kondisi dan jumlah bahan organik tanah. Nitrogen yang terdapat dalam bahan organik tersedia sebagai cadangan N baik untuk jangka pendek, sedang, maupun panjang tergantung sifat pelapukan bahan organik tersebut. Bahan organik menyediakan N dalam tanah melalui proses mineralisasi (Gambar 2).

2. pH.

pH tanah berkaitan erat dengan proses-proses transformasi Nitrogen dalam tanah karena sangat berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme-mikroorganisme yang terlibat dalam proses transformasi tersebut. Menurut Havlin *et al.* (1997), pada tanah-tanah yang terlalu masam, pertumbuhan aktivitas *Rhizobia* dapat terhambat sehingga berdampak pada nodulasi dan proses fiksasi Nitrogen. Proses nitrifikasi terjadi dalam rentang pH antara 4,5 hingga 10 dengan titik optimal pada pH 8.5. Kehilangan N melalui volatilisasi NH_3 berhubungan dengan pengaruh pH terhadap proporsi $\text{NH}_4^+:\text{NH}_3$ dalam larutan tanah (Gambar 3).



Gambar 3. Pengaruh pH tanah terhadap proporsi $\text{NH}_4^+ : \text{NH}_3$ dalam larutan tanah (Havlin *et al.*, 1997).

3. Tekstur tanah.

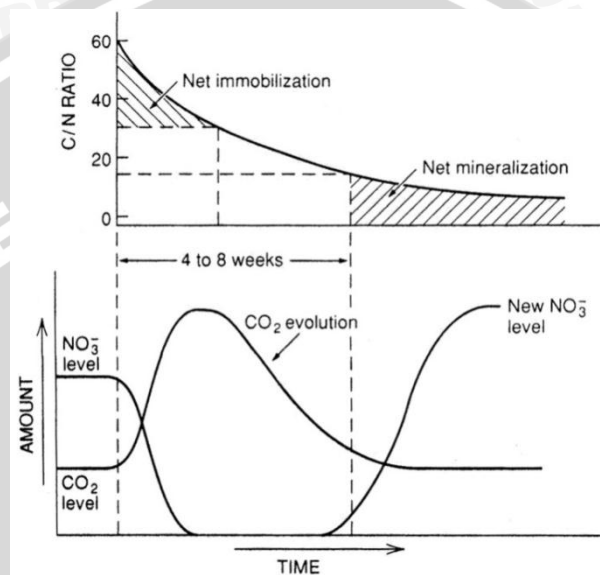
Tekstur tanah berpengaruh dengan ketersediaan nitrogen dalam tanah khususnya pada simpanan Ammonium. Ammonium memiliki muatan positif (kation) dan terjerap oleh permukaan partikel liat sehingga tidak mudah mengalami pencucian. (Brady *et al.*, 2002). Pengaruh ukuran partikel tanah terhadap ketersediaan C-Organik dan nitrogen total tanah pada berbagai kedalaman dicantumkan dalam penelitian Cromark *et al.* (1999) dan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan C dan N pada fraksi dan kedalaman tanah yang berbeda

Kedalaman (cm)	C – organik (mg ha^{-1})	Nitrogen (kg ha^{-1})
Fraksi halus (< 2 mm)		
0 – 15	58.86	2475
15 – 30	37.04	1727
30 – 45	27.03	1357
45 – 100	52.69	2768
Sub total	175.62	8327
Fraksi sedang (2 – 6 mm)		
0 – 15	23.93	941
15 – 30	20.94	880
30 – 45	17.80	796
45 – 100	37.83	1864
Sub total	100.49	4481

4. Rasio C/N

Perbandingan % C terhadap % N dalam tanah (rasio C/N) menunjukkan jumlah relatif kedua komponen tersebut dalam residu tanaman, bahan organik tanah, maupun mikroorganisme tanah. Menurut Havlin *et al.* (1997), rasio C/N berpengaruh terhadap mineralisasi dan imobilisasi N dalam tanah.



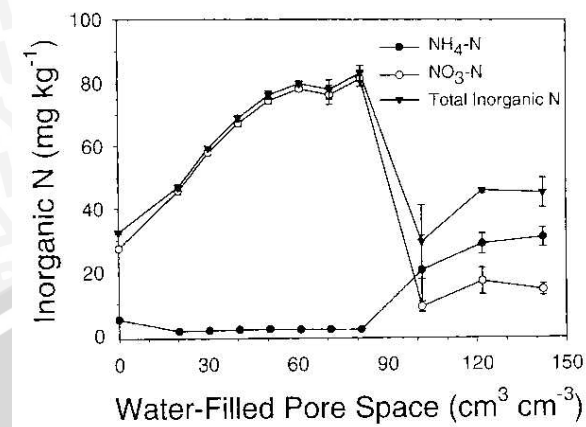
Gambar 4. Pengaruh rasio C/N terhadap perubahan kadar NO_3^- pada proses dekomposisi (Havlin *et al.*, 1997).

Gambar 4 menjelaskan proses mineralisasi dan imobilisasi N dari masukan residu ke dalam tanah. Secara umum, apabila masukan residu/bahan organik memiliki rasio C/N sebesar 30:1 maka N tanah akan terimobilisasi selama proses awal dekomposisi. Apabila masukan bahan organik memiliki rasio C/N kurang dari 20, pelepasan N mineral dapat terjadi bersamaan dengan tahap awal dekomposisi (Havlin *et al.*, 1997).

5. Kelembaban Tanah

6.

Penelitian oleh Zhang *et al.* (2002) menjelaskan bahwa terdapat pengaruh kelembaban tanah terhadap ketersediaan N mineral dalam tanah (Gambar 5). Pada kondisi kelembaban 0 hingga $80 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ terjadi peningkatan kadar NO_3^- pada tanah. Pada kondisi kelembaban melebihi $80 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ kadar N anorganik dan NO_3^- mengalami penurunan, hingga N mineral lebih dominan tersedia dalam bentuk NH_4^+ .



Gambar 5. Hubungan konsentrasi N anorganik dengan jumlah pori yang terisi air (Zhang *et al.*, 2002).

Pada kondisi peningkatan kelembaban tanah dari 0 - 80 cm³ cm⁻³, kondisi aerobik tersedia bagi mikroorganisme tanah dan mendukung proses nitrifikasi hingga pada kelembaban optimum 80 cm³ cm⁻³. Saat kelembaban tanah melebihi titik optimum, terbentuk lingkungan anaerob dalam tanah sehingga nitrifikasi terhambat dan ammonifikasi menjadi proses yang dominan dalam tanah.

2.2. Bahan Organik

2.2.1. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Dekomposisi dan Mineralisasi Bahan Organik

Dekomposisi bahan organik merupakan suatu perubahan secara fisik ma

upun kimia bahan organik menjadi senyawa kimia lain oleh aktivitas mikroorganisme (Sarief, 1996). Kecepatan dekomposisi bahan organik dipengaruhi oleh (1) susunan kimia bahan organik, (2) struktur fisik sisa tanaman, (3) aktivitas mikroorganisme dan (4) kondisi lingkungan (Brussaard *et al.*, 1993). Susunan kimia bahan organik seperti kandungan C, N, P, nisbah C/N, nisbah N/P, lignin dan polifenol mempengaruhi kecepatan dekomposisi tanaman (Kenmegne *et al.*, 1995). *Leguminosa* yang tumbuh pada tanah masam daerah tropika memiliki kandungan polifenol berkisar antara 10-20% dari berat kering. Jika bahan organik memiliki lignin atau polifenol tinggi maka kecepatan mineralisasi fosfor maka akan terhambat meskipun bahan organik memiliki kandungan P tinggi >0.25% (Stevenson, 1982). Selain itu ukuran bahan dan kondisi lingkungan

akan mempengaruhi kecepatan dekomposisi bahan organik (Schuman dan Belden, 1991).

Sisa tanaman dengan kandungan N tinggi dapat menyediakan unsur hara dalam jumlah yang baik, namun relatif mudah terdekomposisi karena kecepatan dekomposisi berkorelasi positif dengan kandungan N dalam sisa tanaman. Lebih lanjut mikroorganisme yang terlibat dalam proses dekomposisi sisa tanaman menggunakan N yang termineralisasi dari jaringan sisa tanaman (Neeteson dan Henrot, 1995). Nisbah C/N menunjukkan mudah tidaknya bahan organik terdekomposisi. Nisbah C/N yang tinggi menunjukkan adanya fraksi tahan lapuk yang relatif besar (selulosa, lemak dan lilin) yang terdekomposisi pada waktu yang relatif lambat (Kanmegne *et al.*, 1995). Nisbah C/N yang tinggi terdapat pada jaringan tanaman tua, sedangkan pada jaringan tanaman yang masih mudah memiliki nisbah C/N rendah (Soepardi, 1983). Nilai kritis nisbah C/N adalah lebih kecil dari 25 sampai 30 (Handayanto, 1995a).

Kecepatan dekomposisi sisa tanaman yang diberikan sebagai bahan organik juga dipengaruhi oleh ukuran sisa tanaman tersebut. Menurut Henrot dan Hamadina (1995), semakin kecil ukuran sisa bahan organik maka laju dekomposisi akan meningkat karena akan lebih mudah diserang dan didekomposisi oleh mikroorganisme. Selain faktor bahan organik sendiri, faktor tanah dan lingkungan juga memberikan pengaruh yang nyata terhadap laju dekomposisi bahan organik sisa tanaman. Faktor yang mempengaruhi antara lain: kandungan air tanah, temperature tanah, pH tanah, aerasi dan aktivitas mikroorganisme.

2.2.2. Manipulasi Kualitas Bahan Organik

Ada beberapa cara pendekatan yang dapat dilakukan dalam memanipulasi kualitas bahan organik, yaitu:

1. Modifikasistruktur sisa tanaman

Kualitas sisa tanaman dapat diubah secara fisik dengan fraksinasi bahan menjadi berbagai ukuran (Vanlauwe *et al.*, 1997). Pencacahan sisa tanaman secara nyata dapat memacu laju dekomposisi sisa tanaman kualitas rendah pada awal proses dekomposisi (Bremer *et al.*, 1997). Peningkatan laju dekomposisi tersebut diduga

berkaitan dengan meningkatnya asesibilitas mikroba untuk merombak senyawa resisten seperti kutin, selulosa dan lignin (Chesson, 1997).

2. Mengubah komposisi kimia sisa tanaman

Kualitas sisa tanaman dapat diubah dengan mencampur sisa tanaman dari berbagai umur karena stadium pertumbuhan tanaman mempengaruhi jumlah kandungan lignin dan polifenol dalam sisa tanaman (Vanleuwe *et al.*, 1997). Perubahan kondisi lingkungan yang ekstrim, misalnya kekeringan atau kemasaman tanah juga menyebabkan perubahan komposisi kimia (Heal *et al.*, 1997). Pengeringan sisa tanaman juga dapat menurunkan kandungan polifenol yang aktif mengikat protein (Mafagoya *et al.*, 1997). Teknik baru tentang manipulasi genetik juga dapat digunakan untuk memanipulasi kandungan lignin dan polifenol dalam jaringan tanaman walaupun kualitas berbagai jenis sisa tanaman bervariasi (Bavage *et al.*, 1997).

3. Pencampuran sisa tanaman

Manipulasi kualitas bahan organik dapat dilakukan dengan cara mencampur bahan organik berkualitas tinggi (kandungan lignin dan polifenol rendah), dengan bahan organik berkualitas rendah (kandungan lignin dan polifenol tinggi) (Handayanto *et al.*, 1997). Hasil penelitian Mulongoy *et al.* (1993) menunjukkan bahwa mencampur bahan pangkasan *Leucaena leucocephala* (3.3% N, 14% lignin dan 1.5% polifenol) dengan dengan bahan pangkasan *Senna siamea* (2.4% N, 24% lignin dan 2.2% polifenol) dapat menurunkan laju kecepatan pelepasan N dari *Leucaena*, sedangkan laju pelepasan N dari *Senna* meningkat. Namun demikian, manipulasi kualitas dengan cara ini perlu dilakukan dengan hayihati, karena kandungan polifenol dalam bahan organik cukup tinggi dapat menyebabkan terjadinya interaksi kualitas yang merugikan (Handayanto, 1995a).

2.2.3. Sinkronisasi

Sinkronisasi adalah 'matching' menurut waktu, ketersediaan unsur hara dan kebutuhan tanaman akan unsur hara. Apabila penyedia unsur hara tidak 'match', maka akan terjadi defisiensi unsur hara atau kelebihan unsur hara, meskipun jumlah total penyediaan sama dengan jumlah total kebutuhan. Tidak terjadinya sinkroni (disebut asinkroni) disebabkan oleh dua hal: jika penyediaan terjadi lebih

lambat untuk kebutuhan, dan jika penyedia terjadi lebih awal disbanding kebutuhan pada situasi dimana unsur hara yang tersedia melebihi kebutuhan tanaman saat itu mempunyai resiko hilang dari system atau dikonversi menjadi bentuk yang tidak tersedia (Myers *et al.*, 1994).

Sinkronisasi ditentukan oleh kecepatan dekomposisi dan mineralisasi (pelepasan unsur hara) bahan organik, sementara kecepatan dekomposisi dan mineralisasi bahan organik ditentukan oleh berbagai faktor antara lain, kelembaban dan suhu tanah, dan komposisi sifat fisik dan kimia bahan yang disebut dengan 'kualitas' (Handayanto *et al.*, 1994).

Parameter yang menyebabkan mudah tidaknya bahan terdekomposisi adalah kandungan N, lignin dan plifenol (Handayanto *et al.*, 1994). Janzen dan Kucey (1998) melaporkan bahwa nilai kritis kandungan N adalah 1,1% - 1,9%. Namun demikian, pada kondisi lapang konsep nisbah C/N tidak dapat diberlakukan secara umum karena adanya diversitas fraksi organik yang sukar dirombak oleh organisme tanah. Jika bahan organik mempunyai kandungan lignin yang tinggi, meskipun kandungan N-nya tinggi atau rasio C/N-nya rendah, lignin akan mempengaruhi laju dekomposisi bahan organik tersebut (Camire *et al.*, 1991). Makin tinggi kandungan lignin, maka besar jumlah N bahan organik yang tidak dilepaskan selama proses dekomposisi terjadi (Handayanto, 1995b). Faktor kualitas lain yang mempengaruhi laju dekomposisi dan mineralisasi N bahan organik adalah polifenol. Kandungan polifenol dalam tanaman dapat berkisar antara 5% - 15% dari berat kering tanaman (Topps, 1992). Polifenol biasanya diproduksi oleh tanaman dalam jumlah besar dan beragam dalam tanah masam yang miskin unsur hara (Swift *et al.*, 1979). Sifat khas dari polifenol adalah kemampuannya untuk mengikat protein dalam membentuk kompleks (Haslam, 1989), sehingga protein menjadi sulit diurai oleh mikroorganisme perombak, akibatnya pelepasan N dari bahan organik menjadi terhambat.

2.3. Biochar (Arang Hayati)

Karbon hitam (C) atau yang disebut arang hayati (biochar), dapat mengatasi beberapa keterbatasan dalam pengelolaan karbon. Menurut hasil dari berbagai penelitian, diketahui biochar dapat menambah kelembaban dan kesuburan tanah pertanian serta bisa bertahan ribuan tahun di dalam tanah bila digunakan untuk pengurangan emisi CO₂. Pemanasan global karena meningkatnya emisi CO₂ dan gas rumah kaca lainnya telah menyita perhatian penduduk dunia akhir-akhir ini. Seiring dengan pemanasan global, terjadi pula, perubahan iklim yang mendorong semakin kerapnya anomali iklim seperti El-Nino yang menyebabkan kekeringan atau La-Nina yang mendorong terjadinya banjir. Beberapa akibatnya di Indonesia antara lain: dalam kehidupan sehari-hari terasa benar bahwa setiap 2 - 3 tahun udara ini makin panas, bencana alam makin meningkat. Areal padi sawah yang terkena kekeringan meningkat dari 0.3-1,4% menjadi 3,1-7,8% dan puso: 0.004-0,41% \diamond 0.04-1,87% (150 ribu ha/musim). Areal rawan banjir pun meningkat dari 0.75-2,68% \diamond 0,97-2,99%, & puso: 0,24-0,73% \diamond 8,7-13,8% (850 ribu ha). Akibatnya resiko penurunan produksi meningkat dari 2,4-5% menjadi sekitar 10% (Lehmann dan Rondon, 2005).

Biochar memiliki karakteristik: luas permukaan yang tinggi, volume tinggi, pori mikro, kepadatan, pori makro, serta mengikat air. Karakteristik tersebut menyebabkan biochar mampu memasok karbon, biochar juga dapat mengurangi CO₂ dari atmosfer dengan cara mengikatnya kedalam tanah. Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan biochar antara lain:

- Dapat memperbaiki struktur tanah.
- Luas permukaan biochar lebih besar, hal ini dapat menahan air dan tanah dari erosi.
- Mengikat nitrogen, calcium (Ca²⁺), potassium (K⁺), magnesium (Mg²⁺).

Usaha penghijauan dan penghutanan kembali untuk mengurangi kandungan CO₂ udara belum dapat diharapkan mengurangi dampak iklim global. Penambatan karbon (penyerapan karbon) dalam tanah pertanian melalui perbaikan praktek pengelolaan merupakan salah satu opsi utama untuk mengurangi emisi CO₂ ke atmosfer. Peningkatan kandungan karbon dalam tanah dengan penggunaan

tanaman penutup tanah, penambahan mulsa, kompos ataupun pupuk kandang berhasil memperbaiki produktivitas tanah, menyuplai hara ke tanaman, menyokong siklus nutrisi yang cepat, dan menahan pupuk mineral yang diberikan. Namun, bersifat jangka pendek terutama di daerah tropis, karena proses dekomposisi berlangsung cepat sehingga bahan organik mengalami pembusukan dan mineralisasi menjadi CO₂ hanya dalam beberapa musim tanam. Karena itu penambahan bahan organik harus dilakukan setiap tahun untuk mempertahankan produktivitas tanah (Lehmann dan Rondon, 2005).



Gambar 6. Jenis-jenis Biochar

Keterangan: (Handayani *et al.*, 2012)

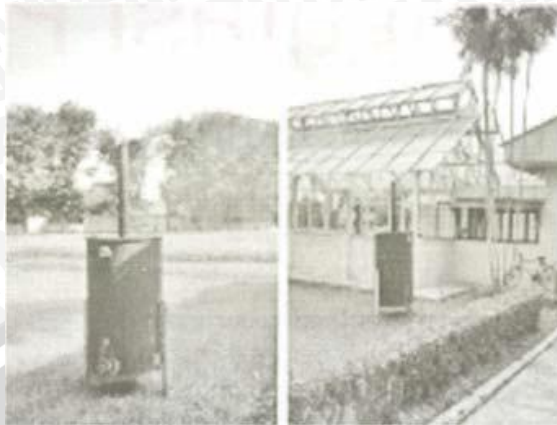
2.3.1. Manfaat Arang Hayati (biochar)

Biochar merupakan substansi arang kayu yang berpori (porous), sering juga disebut *italic*. Karena berasal dari makhluk hidup kita sebut arang hayati. Di dalam tanah, biochar menyediakan habitat yang baik bagi mikroba tanah, tapi tidak dikonsumsi seperti bahan organik lainnya. Dalam jangka panjang biochar tidak mengganggu keseimbangan karbon nitrogen, bahkan mampu menahan dan menjadikan air dan nutrisi lebih tersedia bagi tanaman. Aplikasi biochar ke dalam tanah merupakan pendekatan baru dan unik untuk menjadikan suatu penampung (sink) bagi CO₂ atmosfer jangka panjang dalam ekosistem darat. Dalam proses pembuatannya, sekitar 50% dari karbon yang ada dalam bahan dasar akan terkandung dalam biochar, dekomposisi biologi biasanya kurang dari 20% setelah

5-10 tahun, sedangkan pada pembakaran hanya 3% karbon yang tertinggal. Di samping mengurangi emisi dan menambah pengikatan gas rumah kaca, biochar mampu meningkatkan kesuburan tanah dan produksi tanaman pertanian.

Biochar dapat berfungsi sebagai pembenah tanah, meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan memasok sejumlah nutrisi yang berguna serta meningkatkan sifat fisik dan biologi tanah (Glasser *et al.*, 2002; Lehmann *et al.*, 2003; Lehmann & Rondon, 2005; Steiner, 2007). Namun demikian kajian teknis penelitian di lapangan mengenai keuntungan aplikasi bio-char dalam meningkatkan produktivitas pertanian dan perkebunan di Indonesia masih sangat terbatas. Sementara itu, perluasan pengembangan lahan pertanian dan perkebunan di Indonesia pada umumnya terjadi pada lahan marginal dengan tingkat kesuburan yang rendah.

Dua hal utama potensi biochar untuk bidang pertanian adalah afinitasnya yang tinggi terhadap unsur hara dan persistensinya. Biochar lebih persisten dalam tanah, sehingga semua manfaat yang berhubungan dengan retensi hara dan kesuburan tanah dapat berjalan lebih lama dibanding bahan organik lain yang biasa diberikan. Pemanfaatan biochar sebagai bahan pembenah (*amelioran*) tanah telah lama dilakukan. Sebagai contoh, "*Terra Preta de Indio*" di Amazon Basin yang terbentuk karena aktivitas perladangan berpindah. Tanah ini kaya akan residu organik yang berasal dari pembakaran biomassa kayu hutan. Tanah "*Terra Preta de Indio*" mengandung karbon (C), nitrogen (N), kalsium (Ca), fosfor (P), tembaga (Zn), dan mangan (Mn) yang lebih tinggi daripada jenis tanah lainnya. Tanah ini dikelompokkan dalam jenis Latosol (Glaser *et al.*, 2001; Sombroek *et al.*, 2003).



Gambar 7. Peralatan sederhana untuk membuat biochar di BB Padi. Pembuatan biochar dengan sistem pirolisis temperatur rendah dimana biochar merupakan hasil ikutan produksi energi dan bio-oil dari biomasa (Lehmann 2007).

Persistensi yang lama menjadikan biochar pilihan utama bagi mengurangi dampak perubahan iklim. Walau dapat menjadi sumber energi alternatif, manfaat biochar jauh lebih besar jika ditanamkan ke dalam tanah dalam mewujudkan pertanian ramah lingkungan.

2.3.2. Pembuatan Biochar

Beberapa teknik pembuatan biochar telah tersedia dari yang tradisional sampai maju. Cara mana yang terbaik tergantung pada ketersediaan sumber daya dan skala usaha. Bahan dasar yang digunakan akan mempengaruhi sifat-sifat biochar itu sendiri dan mempunyai efek yang berbeda-beda terhadap produktivitas tanah dan tanaman.

Bahan baku pembuatan biochar umumnya adalah residu biomasa pertanian atau kehutanan, termasuk potongan kayu, tempurung kelapa, tandan kelapa sawit, tongkol jagung dan sekam padi atau kulit buah kacang-kacangan, kulit-kulit kayu, sisasisa usaha perkayuan, serta bahan organik daur-ulang lainnya. Bila limbah tersebut mengalami pembakaran dalam keadaan tanpa oksigen akan dihasilkan 3 substansi, yaitu; metana dan hidrogen yang dapat dijadikan bahan bakar, bio-oil yang dapat diperbaharui, dan arang hayati (biochar) (Lehmann, 2007).

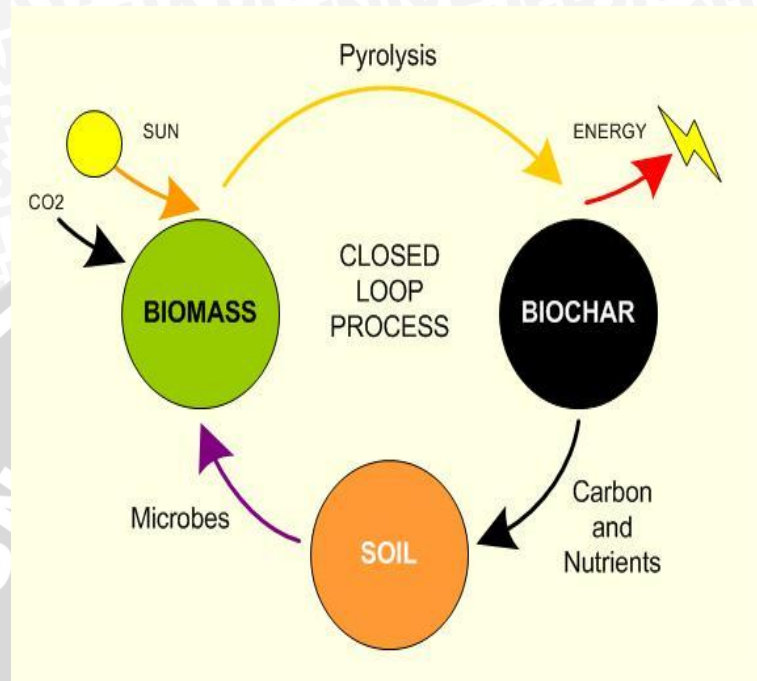
Pada kondisi produksi terkontrol, karbon biomasa diikat dalam biochar dengan hasil samping berupa bioenergi dan bio-product lainnya. Biochar dapat dihasilkan dari sistem pirolisis atau gasifikasi. Kedua sistem produksi tersebut dapat dijalankan melalui unit-unit yang mobil atau menetap. Sistem pirolisis dan

gasifikasi skala kecil yang dapat digunakan di lapang atau industri kecil mempunyai kapasitas 50-1.000 kg/ hari. Pada tingkat lokal atau regional, unit-unit pirolisis dan gasifikasi dapat dioperasikan oleh koperasi atau industri yang besar, dan dapat memproses sampai 4.000 kg biomasa per jam.

Baru-baru ini para pakar dari berbagai negara berkumpul di Australia untuk membahas pengembangan biochar. Pengintegrasian produksi bioenergi, pertanian berkelanjutan dan pengelolaan limbah menjadi suatu pendekatan dalam pemanfaatan biochar; merupakan usaha pengelolaan yang sinergis dan terintegrasi. Penambahan biochar ke tanah meningkatkan ketersediaan kation utama dan posfor, total N dan kapasitas tukar kation tanah (KTK) yang pada akhirnya meningkatkan hasil. Tingginya ketersediaan hara bagi tanaman merupakan hasil dari bertambahnya nutrisi secara langsung dari biochar, meningkatnya retensi hara, dan perubahan dinamika mikroba tanah. Keuntungan jangka panjangnya bagi ketersediaan hara berhubungan dengan stabilisasi karbon organik yang lebih tinggi seiring dengan pembebasan hara yang lebih lambat dibanding bahan organik yang biasa digunakan.

Peran biochar terhadap peningkatan produktivitas tanaman dipengaruhi oleh jumlah yang ditambahkan. Pemberian C sebesar 0,4 sampai 8 t ha⁻¹ dilaporkan dapat meningkatkan produktivitas secara nyata antara 20 - 220%. Setiap tahunnya limbah kehutanan, perkebunan, pertanian dan peternakan yang mengandung karbon mencapai ratusan juta ton dan sering menjadi masalah dalam hal pembuangannya. Limbah jenis ini merupakan bahan sangat potensial diubah menjadi biochar dalam berbagai tingkat teknologi produksi (Lehmann, 2007).

2.3.3. Pyrolysis Biochar



Gambar 8. Siklus Pyrolysis Biochar

Pyrolysis adalah proses dekomposisi *thermal* dari substrat organik atau biomassa dalam ketiadaan agen oksidasi (oksigen : O₂), atau dengan pasokan yang terbatas selama proses pembakaran biomassa. Proses ini biasanya dapat dibagi menjadi 3 jenis yang berbeda (misalnya : *pyrolysis* lambat, menengah dan cepat) (Bridgwater, 2003). Dalam *pyrolysis* cepat (suhu tinggi (600°C) dan waktu pemanasan singkat (<5 menit)) produk paling dominan yang dihasilkan adalah dalam bentuk cairan (bio-oil/minyak), *gasifikasi* (suhu lebih tinggi (>800°C) untuk memaksimalkan produksi gas, sedangkan *pyrolysis* lambat (suhu rendah (400°C): waktu pemanasan lama (>15 menit)) adalah untuk produksi *biochar* dalam bentuk padatan (Sohi *et al.*, 2009). Ketiga proses *pyrolysis* tersebut akan menghasilkan komposisi produk akhir yang berbeda beda pula. Proporsi komponen produk akhir pada masing proses *pyrolysis* disajikan di Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi produk yang dihasilkan pada berbagai kondisi pyrolysis (Sohi *et al.*, 2009).

Proses	Cairan (bio-oil)	Padatan (biochar)	Gas (syngas)
<i>Pyrolysis cepat</i> : Suhu tinggi (600-700°C), waktu pemanasan singkat (<5 menit)	75 % (25 % air)	12 %	13 %
<i>Pyrolysis menengah</i> : Suhu sedang (500-600°C), waktu pemanasan sedang (5- 15 menit)	50 % (50 % air)	25 %	25 %
<i>Pyrolysis lambat</i> : Suhu rendah (400-500°C), waktu pemanasan lama (>15 menit)	30 % (70 % air)	35 %	35 %
<i>Gasifikasi</i> : Suhu sangat tinggi (>800°C), waktu pemanasan lama	5 % (5 %)	10 %	85 %

Proses selama *pyrolysis* menentukan struktur fisiokimiawi dari *biochar*, selain tergantung kepada bahan baku yang digunakan dan kondisi pada saat pembentukannya (misalnya : suhu, tekanan, dan waktu pemanasan) (IEA, 2007 ; Spokas *et al.*, 2009 ; Czimczik dan Masiello, 2007). Kondisi ini dapat dimodifikasi sedemikian rupa untuk menghasilkan *biochar* dengan karakteristik tertentu (misalnya : luas permukaan yang besar, tingkatan kelas kondensasi yang rendah, atau untuk mendapatkan ukuran partikel yang lebih kecil, dll) (Titirici *et al.*, 2007). Meskipun *pyrolysis* diakui sebagai teknologi penting dalam konversi energi dari biomassa tanaman, namun saat ini sebagian besar uji coba yang dilakukan telah skala kecil atau skala laboratorium (Liu *et al.*, 2010; Karaosmanoglu *et al.*, 1999 ; Durenkamp *et al.*, 2010 ; Inyang *et al.*, 2010 ; Zhang *et al.*, 2010), sedangkan informasi rinci dari hasil percobaan serta penelitian skala besar sangatlah kurang dan jarang diinformasikan.

Pada suhu tinggi 530°C rata-rata *biochar* yang dihasilkan sebesar 190 g kg⁻¹, setara dengan 19% dari bahan baku awal. Hasil *biochar* rata-rata pada suhu 440°C dan 470°C adalah 407 g kg⁻¹ dan 273 g kg⁻¹, setara dengan 40,7% dan 27,3 % (Tabel 3). Hubungan antara hasil dan suhu ditemukan *kinetika degradasi exponential*. Degradasi *biochar* dari willow lebih cepat dari yang tercatat dalam

studi sebelumnya menggunakan biomassa pinus (Chan *et al.*, 2008) atau rape-seed (Karaosmanoglu *et al.*, 2000). Peningkatan suhu *pyrolysis* dari 440°C ke 530°C menyebabkan penurunan hasil *biochar* sebesar 60%. Hal ini disebabkan oleh hilangnya senyawa *volatile* dari bahan biomassa willow selama pembakaran. Penurunan eksponensial dalam hasil *biochar* juga diamati pada studi sebelumnya oleh Hossain *et al.* (2011) dan Nguyen dan Lehman (2009).

Peningkatan suhu dari 440°C ke 530°C, secara dramatis meningkatkan nilai pH sampai hampir 2 kali lipat (pH = 10), jika dibandingkan dengan pH bahan baku awal (pH = 5.8). Hal ini dapat dikaitkan dengan fakta bahwa di dalam *biochar* terjadi peningkatan konsentrasi sejumlah kation seperti: (K, Mg, P, Cu, Mn, Na dan Zn). Nilai pH *biochar* pada suhu 530°C dalam penelitian ini lebih tinggi dari yang diperoleh dari tebu ampas tebu yang *dipyrolyses* pada suhu 600°C (pH = 7.7) (Inyang *et al.*, 2010) atau sekam padi (pH = 8.6) (Knoblauch *et al.*, 2010). Dapatlah diambil kesimpulan bahwa *biochar* Willow tepat digunakan untuk perbaikan pH tanah, serta memberikan sejumlah nutrisi penting bagi tanah dan tanaman. Oleh karena itu dapatlah disarankan bahwa *biochar* Willow dapat digunakan untuk aplikasi pada tanah asam (pH <3 atau 4).

Karbon (C) adalah elemen dominan di dalam *biochar* diikuti dengan kalsium (Ca) dan nitrogen (N), sedangkan konsentrasi kalium (K) ditemukan hampir dua kali lipat dari suhu *pyrolysis* dari 440°C ke 530°C, peningkatan ini juga ditemukan pada unsur *phospor* (P). Total N di dalam *biochar* menurun jauh pada suhu yang lebih tinggi, demikian pula dengan unsur lainnya seperti *sulphur* (S) yang hanya setengah dari jumlah konsentrasi di bahan baku awal. Ini menunjukkan bahwa unsur N dan S mudah menguap selama pembakaran (Prayogo *et al.*, 2012). Pada percobaan lain, perlakuan dengan peningkatan suhu 300°C 600°C atau meningkatkan jumlah unsure mikro Fe dalam *biochar* dari residu biomassa jagung dari 500 mg kg⁻¹ menjadi 800 mg kg⁻¹ dan 30 menjadi 1300 mg kg⁻¹ pada *biochar* yang diproduksi dari kayu oak (Nguyen dan Lehman 2009). Konsentrasi unsur makro dan mikro willow *biochar* dalam kisaran hasil penelitian dari Nguyen dan Lehman (2009). Terdapat pengkayaan unsur hara di dalam produk akhir *biochar* yang diindikasikan dengan nilai > 1. Hal ini

menunjukkan bahwa kadar unsur hara di dalam *biochar* lebih tinggi dari kadar unsur yang ada di dalam bahan baku awal.

Tabel 3. Kandungan unsur hara dalam *biochar* pada berbagai suhu pyrolysis

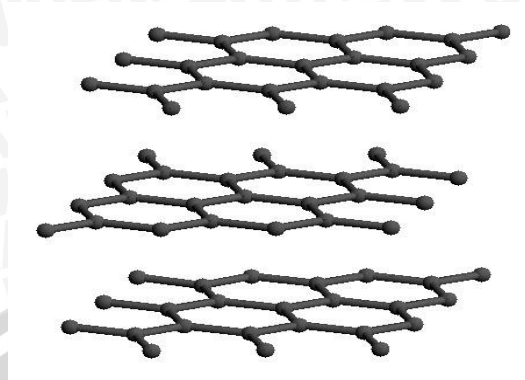
	Biomassa Willow	Kadar <i>biochar</i> (440 °C)	Faktor Pengkayaan (440 °C)	Kadar <i>biochar</i> (470°C)	Faktor Pengkayaan (470 °C)	Kadar <i>biochar</i> (530 °C)	Faktor Pengkayaan (530 °C)
Berat (%)	100	40.7	-	27.3	-	19.0	-
pH	5.8	6.5	-	9.1	-	10	-
Unsur makro (%)							
C	51.5	51.3	0.41	54.6	0.29	43.7	0.16
N	1.5	1.0	0.27	1.0	0.18	0.8	0.10
Ca	2.4	1.0	0.17	2.3	0.26	1.9	0.15
K	0.1	0.8	3.26	1.5	4.10	1.1	2.09
Mg	0.2	0.2	0.41	0.4	0.55	0.4	0.38
P	0.1	0.2	0.81	0.6	1.64	0.5	0.95
S	0.1	0.1	0.41	0.1	0.27	0.1	0.19
Unsur mikro (mg kg⁻¹)							
Na	0.0	0.0	0.00	0.1	0.00	0.1	0.00
B	39.3	24.2	0.25	48	0.33	35.4	0.17
Cu	9.9	11.6	0.48	24.7	0.68	27.8	0.53
Fe	366.3	242.1	0.27	439.9	0.33	601.7	0.31
Mn	445.3	173.8	0.16	397.7	0.24	320.5	0.14
Zn	345.1	212.7	0.25	476.8	0.38	438.5	0.24

Keterangan: Penelitian Prayogo *et al.*, 2012.

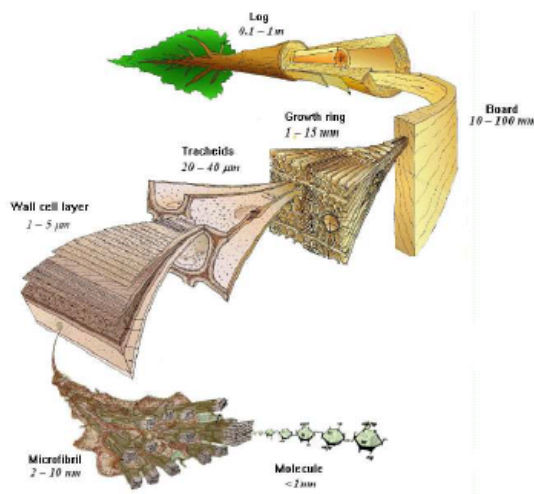
Kondisi ini dijumpai pada unsur kalium (K) pada *biochar* Willow (440°C : 3.26), *biochar* Willow (470°C : 4.10), dan *biochar* Willow (530°C : 2.09). Selain daripada itu kondisi serupa dijumpai pada unsur phosphor (P) di dalam *biochar* Willow yang diproduksi pada suhu 470°C (1.64).

2.3.4. Struktur Pada *Biochar*

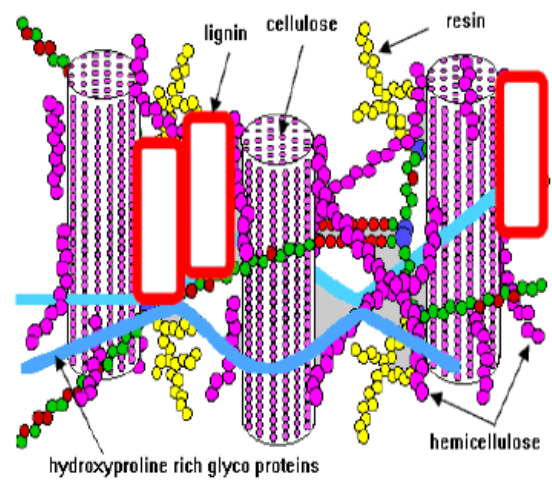
Struktur kimia *biochar* terdiri dari titik yang sangat kecil dari grafit yang mencerminkan dari mana struktur biomassa berasal. Grafit terdiri dari dua lembar dimensi karbon sangat terikat dan diikat menjadi satu oleh kekuatan lebih. Lembaran tersebut dapat menyerap molekul lain (Handayani *et al.*, 2012).



Chemical Biochar Structure



Wood Physical Structure

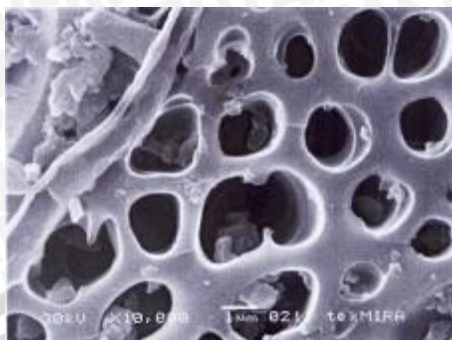


Wood Microscopic Structure

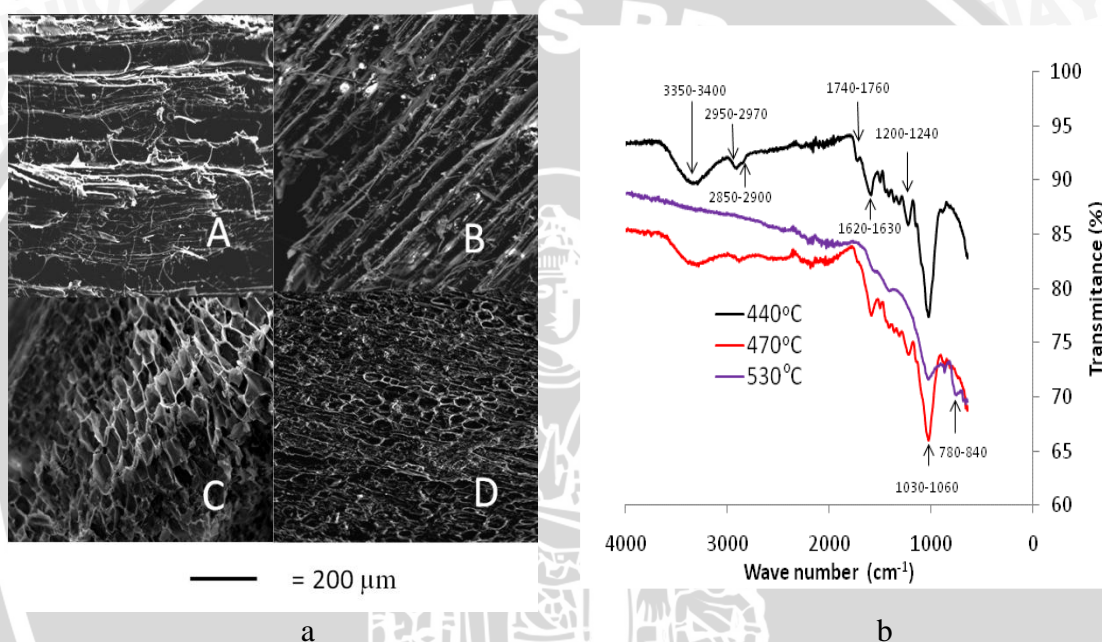
Gambar 9. Struktur Biochar

Keterangan: [http://www.techtp.com/Torrefaction for High Quality Wood Pellets.pdf](http://www.techtp.com/Torrefaction%20for%20High%20Quality%20Wood%20Pellets.pdf), page 7 of 36.

Struktur dari *biochar* dihasilkan pada temperatur yang berbeda, disajikan pada Gambar 11a. SEM dapat mengidentifikasi perbedaan struktur dan morfologi dari bahan baku dan *biochar* diproduksi. Bahan baku Willow memiliki pori-pori besar sedangkan *biochar* dihasilkan memiliki luas permukaan yang lebih luas dengan ukuran pori lebih kecil (Prayogo *at al.*, 2012). Hasil penelitian Santi dan Geonadi. 2010. Struktur dari bahan baku cangkang kelapa sawit juga memiliki pori-pori yang berbeda tanaman Willow (Gambar 10).



Gambar 10. Struktur mikro biochar asal cangkang kelapa sawit pembesaran 10.000 x.



Gambar 11. SEM biochar : (A) willow (bahan baku), (B) biochar willow (440°C), (C) biochar willow (470°C) dan (D) biochar willow (530°C); 11b. Analisis gugus fungsional di dalam biochar menggunakan IR spectroscopy.

SEM juga menunjukkan kronologis kenaikan luas permukaan dengan makin kecilnya ruang pori struktur sel dari sekitar 100-200 μm di bahan baku (A) menjadi 10-50 μm di *biochar* Willow yang diproduksi pada suhu tertinggi (530°C). Pori ini lebih besar lima kali lipat dari *biochar* yang diproduksi dari tongkol jagung dengan rata ukuran mencapai 5 sampai 10 μm (Fuertes *at al.*, 2010).

Karakteristik dan kualitas *biochar* dapat pula diidentifikasi dari signal gugus fungsional komponen organik menggunakan FTIR. Setiap puncak panjang gelombang identik dengan kelompok fungsional tertentu. Secara garis besar,

spektrum dari *biochar* dihasilkan pada temperatur yang berbeda-beda sangatlah kontras (Gambar 11b). Peningkatan suhu *pyrolysis* dari 440°C ke 470°C menurunkan intensitas beberapa signal dari gugus fungsional antara lain : -OH dari *cellulose* pada 3350-3400 cm⁻¹, *ester* pada 1740-1760 cm⁻¹ dan gugus *alkil aliphatic* pada 2850-2900 cm⁻¹ (Prayogo *at al.*, 2012).

Hasil penelitian (Prayogo *at al.*, 2012) efek dari suhu *pyrolysis* yang lebih tinggi (530°C) dapat menghilangkan kelompok fungsional *lignoselulose* (misalnya: -OH dari *cellulose*, *polysacharida*, *ester*, *alkil aliphatic*, CO-dan-OH, C=C, *amine* dan *carboxylic*), bersama dengan peningkatan kehadiran struktur *aromatic*. Suhu tinggi menimbulkan reaksi kuat dalam melepaskan beberapa senyawa *volatile* (mudah menguap) yang dapat dikaitkan dengan hilangnya sejumlah unsur makro seperti C, N dan S. Hal ini sejalan dengan pengamatan oleh Chen *at al.* (2008) yang telah mengamati perubahan spektral IR *biochar* dari pinus dan Ozcimen dan Karaosmanoglu (2004) yang memonitor perubahan karakteristik dan kualitas *biochar* dari *rape-seed*.

2.4. Potensi Paitan (*Tithonia difersifolia*) dan Lamtoro (*Leucaena leucocephala*)

2.4.1. Paitan (*Tithonia difersifolia*)

Tithonia difersifolia merupakan merupakan tanaman semak dari famili Asteraceae yang biasanya tumbuh liar sebagai tanaman pagar dan mempunyai biomassa tanaman mencapai 8.5 mg ha⁻¹ (ICRAF, 1997). Menurut Plam *et al* (1996) menyatakan bahwa paitan (*Tithonia diversifolia*) merupakan salah satu alternatif sumber bahan organik yang potensial untuk meningkatkan hara tanah. Bahan organik dari *Tithonia diversifolia* mempunyai kualitas tinggi dengan kandungan N (3,5%), P (0,28%), K (3,1%), lignin (9%), polifenol terlarut (2,9%) dan C/P rasio kurang dari 200.

Konsentrasi N dalam daun *Tithonia* lebih tinggi dibandingkan dengan level kritis N (2-2,5) dimana pada level ini N menjadi terimmobilisasi didalam tanah (ICRAF, 1996). *Tithonia diversifolia* merupakan gulma tahunan yang berpotensi sebagai sumber hara karena mengandung 3,50% N, 0,37% P, dan 4,10% K (Hartatik, 2007). Hal ini menunjukkan bahwa kandungan N dari

tanaman tithonia ini cukup tinggi sehingga dapat dijadikan bahan organik segaryang bias dikombinasikan dengan biochar.

Keuntungan menggunakan gulma ini khususnya untuk perbaikan tanah termasuk kelimpahan biomas, adaptasi serta kemampuan untuk tumbuh pada lahan di sepanjang jalan utama dan lingkungan. Pemanfaatan tanaman ini sebagai bahan organik segar, terutama pupuk hijau, *Tithonia diversifolia* mengandung berbagai senyawa yang larut air (gula, asam amino, dan beberapa pati), serta bahan kurang larut (seperti pektin, protein, dan pati yang lebih kompleks) dan yang tidak larut (selulosa dan lignin).

Tithonia diversifolia memiliki potensi tinggi terhadap pemulihan kesuburan tanah, dampak positif terhadap kesuburan tanah terutama pada status fosfor (Phiri *et al.*, 2001). Semakin besar jumlah bahan organik di dalam tanah, sifat fisik tanah semakin baik. Bahan organik juga meningkatkan aktivitas mikroba tanah, fiksasi N, dekomposisi bahan organik, mineralisasi, nitrifikasi dan antagonis terhadap patogen tular tanah.

Bahan organik tanah dianggap kunci dari kualitas tanah dan kualitas lingkungan (Smith *et al.*, 1997). Jadi, kualitas tanah dianggap sebagai elemen kunci dari pertanian berkelanjutan. Hal ini terkait dengan banyak sifat kimia, fisik, dan biologi tanah, memiliki fungsi memperbaiki struktur tanah, aerasi, kelembaban, gerakan dan retensi air dengan demikian dapat meningkatkan hasil panen.

2.4.2. Lamtoro (*Leucaena leucocephala*)

Tanaman *Leucaena leucocephala* telah dikenal sejak lama di Indonesia, yang biasanya disebut dengan nama lamtoro, petai cina, dan disebut Ipil-ipil (Filipina), Katin (Thailand) di Hawaii disebut Koa haole (Brewbaker *et al.*, 1985). Tanaman ini termasuk leguminosa pohon yang mempunyai sifat multifungsi. Tanaman ini berasal dari Amerika Latin dan didatangkan ke Indonesia pada tahun 1936 untuk pohon peneduh tanaman perkebunan kopi, coklat. Pada perkembangan lebih lanjut tanaman *Leucaena leucocephala* digunakan sebagai sumber kayu bakar, pulp untuk kertas dan rayon, daunnya untuk pakan ternak dan pupuk hijau,

kayu untuk pembuatan furnitur dan kerajinan tangan, biji dapat digunakan untuk kerajinan tangan, dan getahnya sebagai bahan pembuat lem.

Beberapa kendala dalam penggunaan *Leucaena leucocephala* antara lain faktor lingkungan seperti suhu dingin, tidak tahanan genangan air terutama pada saat tanaman masih muda, hama dan penyakit, pertumbuhan awal yang lambat sehingga sangat riskan terhadap predator alam (uret, rayap, semut), kompetisi dengan gulma. Sehingga pada awal pertumbuhan perlu dilakukan pengelolaan yang ekstra hati-hati. Lambatnya pertumbuhan ini diduga disebabkan beberapa kemungkinan antara lain oleh ketegaran benih yang rendah, tidak dikontrolnya gulma, perlu waktu untuk bagiakar untuk dapat bersimbiosis secara efektif dengan mikoriza maupun *Rhizobium* (Brandon and Shelton, 1993). Potensi menjadi gulma pada *Leucaena leucocephala* ini lebih disebabkan karena produksi biji yang tinggi dan dapat bertahan di tanah pada waktu yang lama.

Hasil evaluasi beberapa leguminosa pohon termasuk *Leucaena leucocephala* di Gowa, Sulawesi Selatan mengkonfirmasi keunggulan *Leucaena leucocephala* dibanding spesies lain (*Acaciaspp*, *Sesbania spp*, *Desmodium spp*) dalam hal pertumbuhan, produksi hijauan, produksi biji dan ketahanan terhadap kekeringan (Ella, 1994). Pada lokasi yang sama, produksi bahan kering tanaman *Calliandra calothyrsus*, *Gliricidia sepium* tidak berbeda nyata dengan *Leucaena leucocephala*. Cunningham sehingga tanaman tersebut dapat sebagai alternatif penggunaan *Leucaena leucocephala* (Catchpoole, 1988). Pada penelitian *intercropping* antara rumput *Panicum maximum*. Riversdale dan *Leucaena leucocephala*. Cunningham yang dilakukan di Sub Balitnak Gowa, jumlah nitrogen yang ditansfer ke rumput sebagai tanaman kompanionnya adalah 9%. Kemudian *Leucaena leucocephala* yang dilabel dengan 15 N diberikan sebagai suplemen pada kambing, recovery nitrogen menunjukkan bahwa N tertinggi ditemukan pada urine (89,6%) dan faecesnya digunakan sebagai pupuk yang diberikan pada permukaan tanah didalam pot yang ditanami rumput *Panicum maximum*. Riversdale, maka 10% nitrogen terserap oleh rumput tersebut. Hasil ini mengindikasikan kalau *Leucaena leucocephala* dapat memberikan kontribusi N yang dibutuhkan ternak maupun tanaman lain dan bagi tanaman, ini

berarti mengurangi kebutuhan pupuk kimia. Kontribusi akan lebih besar bila *Leucaena leucocephala* membentuk asosiasi dengan bakteri tanah *Rhizobium* secara efektif. Berpedoman dari ini, maka lamtoro ini juga dapat digunakan sebagai bahan organik segar yang bisa dikombinasikan dengan biochar (arang hayati) (Catchpoole, 1988).

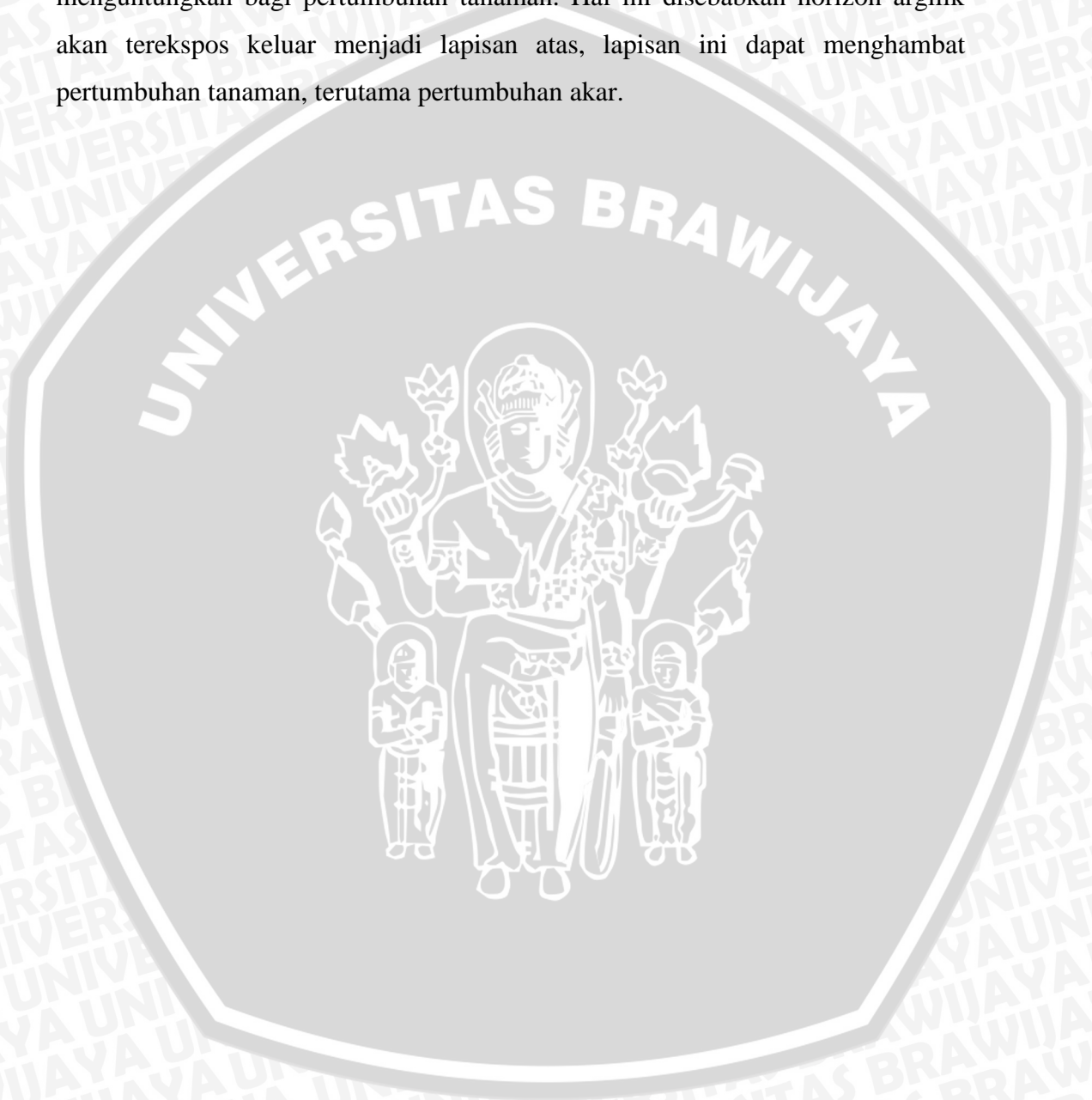
2.5. Alfisol

Alfisol merupakan tanah yang telah berkembang dengan karakteristik profil tanah membentuk sekuen horison A/E/Bt/C, yang terbentuk melalui proses kombinasi antara podsolisasi dan laterisasi pada daerah iklim basah dan biasanya terbentuk dibawah tegakan hutan berkayu keras (Tan 2000). Alfisol adalah tanah-tanah didaerah yang mempunyai curah hujan cukup tinggi untuk menggerakkan lempung turun kebawah dan membentuk horizon argilik. Horison argilik merupakan horizon atau lapisan tanah yang terbentuk akibat terjadi akumulasi liat. Alfisol mempunyai kejenuhan basa tinggi (50%) dan umumnya merupakan tanah subur. Tanah tersebut umumnya terbentuk dibawah berbagai hutan atau tertutup semak (Miller dan Donahue, 1990).

Alfisol memiliki ciri penting: (a) perpindahan dan akumulasi liat di horizon B membentuk horizon argilik pada kedalam 23-74 cm, (b) kemampuan memasok kation basa sedang hingga tinggi yang memberikan bukti hanya terjadi pelindihan/pencucian sedang, (c) tersedianya air cukup untuk pertumbuhan tanaman selama tiga bulan atau lebih (Soil Survey Staff, 1975). Alfisol atau tanah mediteran merupakan kelompok tanah merah yang disebabkan oleh kadar besi yang tinggi disertai kadar humus yang rendah (Wirjodihardjo, 1963). Warna Alfisol pada lapisan atas sangat bervariasi dari coklat abu-abu sampai coklat kemerahan (Tan, 2000).

Lahan usaha tani yang sudah dimanfaatkan tanpa usaha pengawetan dapat mengalami penurunan kesuburan kimiawi dan fisik tanah, sedangkan produktifitasnya rendah. Alfisol memiliki kondisi geografis dan agroklimat yang mendorongnya untuk menjadi tanah marjinal. Tanah marjinal sangat beragam permasalahannya, dari terlalu basa ($\text{pH} > 7$) hingga masam ($\text{pH} < 5$), solum dangkal, bahan organik rendah dan drainase tanah buruk. Oleh karena itu, untuk

pengelolaan tanah marjinal perlu penanganan khusus sesuai dengan masalah terdapat dilapang (Sudaryono, 1988; Sudaryono, 1995). Lebih lanjut Tan (2000) mengemukakan bahwa Alfisol yang telah mengalami erosi kurang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman. Hal ini disebabkan horizon argilik akan terekspos keluar menjadi lapisan atas, lapisan ini dapat menghambat pertumbuhan tanaman, terutama pertumbuhan akar.



III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan dilaboratorium biologi tanah Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Kegiatan survei lapangan dimulai pada bulan Juni 2012 dilanjutkan pengambilan sampel hingga analisis tanah hingga Agustus 2012. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

3.2. Bahan dan Alat

3.2.1. Biochar dan Bahan Organik Segar

Biochar (arang tanaman melinjo) yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari Desa Banyurip, Kecamatan Pagak, Kabupaten Malang, sedangkan bahan organik segar berasal dari biomassa (ranting muda dan daun) Paitan (*Tithonia diversifolia*) dan Lamtoro (*Leucaena leucocephala*) diambil dari Desa Banyurip, Kecamatan Pagak, Kabupaten Malang.

Pembuatan biochar yang digunakan dalam penelitian masih menggunakan cara yang tradisional. Kayu yang akan digunakan sebagai biochar dipotong-potong dan disusun pada tempat pembakaran. Selanjutnya kayu tersebut ditimbun dengan sekam padi dan ranting-ranting kayu, kemudian dibakar sampai menjadi arang. Ukuran dari tempat pembakaran 2 m x 2 m dan dalamnya 50 cm. (Lampiran 26). Sebelum digunakan biochar dihancurkan terlebih dahulu kemudian diayak dengan ukuran 2 mm dan ditimbang sesuai dengan dosis perlakuan. Untuk bahan organik segar dicacah dengan ukuran 2 mm dan ditimbang sesuai dengan dosis perlakuan.

3.2.2. Tanah

Tanah yang digunakan adalah tanah berkapur dari DAS Brantas Hulu yang diambil pada kedalaman 0-20 cm. Lokasi pengambilan tanah untuk penelitian dilakukan di Desa Banyurip, Kecamatan Pagak, Kabupaten Malang. Tanah yang diambil dikering udarakan dan lolos ayakan 2 mm.

3.3. Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan melalui percobaan berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 12 perlakuan dan 3 kali ulangan dengan 5 kali pengamatan selama 8 minggu, pengamatan dilakukan secara destruktif pada minggu ke-1, 2, 4, 6 dan 8 minggu setelah inkubasi. Untuk mengetahui pengaruh biochar pada pelepasan C dan N dari bahan organik segar *Tithonia diversifolia* dan *Leucaena leucocephala* pada Alfisol maka dilakukan uji F, bila perlakuan nyata ($p < 5\%$) kemudian dilakukan uji Duncan untuk mengetahui perlakuan yang memberikan pengaruh paling tinggi. Untuk mengetahui keeratan hubungan antar parameter pengamatan maka dilakukan uji korelasi.

3.4. Pelaksanaan Penelitian

Percobaan yang dilakukan merupakan percobaan inkubasi selama 8 minggu untuk mempelajari pelepasan N dari bahan organik segar dan campuran dari bahan organik segar dengan biochar. Percobaan inkubasi dilakukan dengan menggunakan botol plastik ukuran 120 ml dengan tanah kering udara seberat 100 g, terdiri atas 12 perlakuan x 3 ulangan. Tanah pada botol plastik dibasahi dengan aquades hingga 70% dari kapasitas tanah menahan air kemudian dicampur bahan organik segardan kombinasi dari biochar yang ditambah bahan organik segar, kemudian diinkubasi selama 8 minggu. Komposisi dan dosis disajikan dalam Tabel 4.

Cara perhitungan dosis perlakuan (%) terdapat pada Lampiran 23. Inkubasi dilakukan pada suhu kamar (27°C) dalam tempat gelap. Mulut botol ditutup dengan kertas aluminium foil dan diberi lubang sebanyak 4 buah dengan jarum untuk mengurangi penguapan tetapi tetap terdapat aerasi.

3.5. Parameter Pengamatan dan Metode Analisa

Parameter yang diamati meliputi N (total dan mineral) dengan metode Kjeldahl, C-Organik dengan metode Walkey-Black. Pengamatan dilakukan secara destruktif pada minggu ke-1, 2, 4, 6 dan 8 minggu setelah inkubasi.

Jumlah N yang dilepas dari bahan organik dihitung sebagai jumlah N mineral dalam tanah perlakuan pemberian bahan organik dikurangi N mineral dalam tanah perlakuan kontrol. Perlakuan pemberian antaran lain: tanah 100 g yang

dikombinasi antara biochar dengan bahan organik segar (paitan), tanah 100 g yang dikombinasi biochar dengan bahan organik segar (lamtoro) dan tanah 100 g dengan bahan organik segar tanpa biochar.

Tabel 4. Perlakuan Penelitian

Kode	Perlakuan	Dosis ton ha ⁻¹ (%)	Dosis (g/100g tanah)
1	Kontrol	-	-
2	BO1.1	25	0,1
3	BO1.2	50	0,2
4	BO2.1	25	0,1
5	BO2.2	50	0,2
6	Bi1+BO1.1	50+25	0,2+0,1
7	Bi1+BO1.2	50+50	0,2+0,2
8	Bi2+BO1.1	100+25	0,4+0,1
9	Bi2+BO1.2	100+50	0,4+0,2
10	Bi1+BO2.1	50+25	0,2+0,1
11	Bi1+BO2.2	50+50	0,2+0,2
12	Bi2+BO2.1	100+25	0,4+0,1
13	Bi2+BO2.2	100+50	0,4+0,2

*Keterangan: Bi1 = Biochar (dosis 0,2 g /100 g); Bi2 = Biochar (dosis 0,4 g/100 g); BO1.1 = paitan (dosis 0,1 g/100 g); BO1.2 = paitan (dosis 0,2 g/100 g); BO2.1 = lamtoro (dosis 0,1 g/100 g); BO2.2 = lamtoro (dosis 0,2 g/100 g).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kualitas Bahan Organik

Bahan organik dapat berperan menyimpan dan melepaskan unsur hara bagi tanaman. Handayanto (1996) menyatakan bahwa dekomposisi bahan organik mempunyai pengaruh langsung dan tidak langsung terhadap kesuburan tanah. Pengaruh langsung disebabkan karena pelepasan unsur hara melalui mineralisasi, sedangkan pengaruh tidak langsung adalah menyebabkan akumulasi bahan organik tanah, yang pada gilirannya juga akan meningkatkan penyediaan unsur hara tanaman.

Pencampuran pangkasan bahan organik segar dari *Tithonia diversifolia* (Paitan) dan *Leucaena leucocephala* (Lamtoro) dengan biochar pada berbagai perlakuan menghasilkan kualitas campuran pangkasan yang berbeda. Kandungan C dari campuran bahan organik pahitan dan lamtoro dengan biochar yang lebih tinggi terdapat pada perlakuan dimana proporsi pangkasan pahitan cukup besar, yaitu pada perlakuan Bi2BO1.2 (2,24 %), dimana proporsi biochar dan bahan organik dari pahitan dengan dosis tinggi. Sedangkan untuk kandungan C terendah terdapat pada perlakuan Bi1BO2.2 (2,07 %), dimana proporsi biochar rendah dan bahan organik dari lamtoro dengan dosis tinggi. Hal ini berbeda dengan kandungan N dari campuran bahan organik paitan dan lamtoro dengan biochar yang lebih tinggi terdapat pada perlakuan pada proporsi pangkasan *Leucaena* cukup besar, yaitu pada perlakuan Bi1BO2.2 (133 mg kg⁻¹), sedangkan untuk kandungan N terendah terdapat pada perlakuan Bi2BO1.2 (95 mg kg⁻¹). Untuk kandungan N total tertinggi terdapat pada perlakuan campuran biochar dengan bahan organik dari lamtoro (Bi1BO2.1 dan Bi1BO2.2) yaitu 1,78 %, sedangkan kandungan N total terendah terdapat pada perlakuan tanpa biochar dari bahan organik paitan (BO1.1) dan campuran biochar dengan bahan organik dari paitan (Bi2BO1.2) yaitu 1,74 %.

Hal ini menunjukkan bahwa pada perlakuan biochar yang dikombinasikan dengan bahan organik paitan dan menggunakan dosis tinggi dapat menghasilkan kandungan C yang tinggi pula, artinya semakin besar biochar dan bahan organik

dari paitan yang diberikan maka semakin rendah C yang dilepas. Sedangkan untuk kandungan N pada perlakuan biochar yang dikombinasikan dengan bahan organik lamtoro dan menggunakan dosis tinggi dapat menghasilkan kandungan N yang tinggi pula, artinya semakin besar biochar dan bahan organik dari lamtoro yang diberikan maka semakin rendah N yang dilepas.

Dari penjelasan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa, antara kandungan C yang dilepaskan pada perlakuan biochar dengan campuran paitan berbanding terbalik dengan kandungan N yang dilepaskan pada perlakuan biochar dengan campuran lamtoro. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Rata-rata Komposisi Kimia dari Campuran Bahan Organik Segar *Tithonia diversifolia* (Paitan) dan *Leucaena leucocephala* (Lamtoro) dengan biochar.

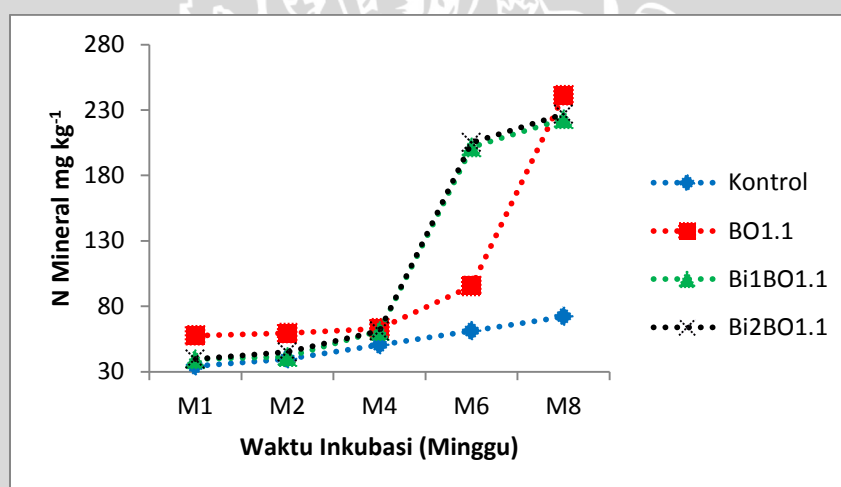
Perlakuan	N-Total (%)	C-Organik (%)	N-Mineral (mg kg⁻¹)
Kontrol	0,164	1,96	51
BO 1.1	0,174	2,17	103
BO 1.2	0,176	2,17	111
BO 2.1	0,173	2,23	103
BO 2.2	0,176	2,13	87
Bi 1 BO 1.1	0,176	2,20	113
Bi 1 BO 1.2	0,175	2,12	132
Bi 1 BO 2.1	0,178	2,17	113
Bi 1 BO 2.2	0,178	2,07	133
Bi 2 BO 1.1	0,175	2,20	114
Bi 2 BO 1.2	0,174	2,24	95
Bi 2 BO 2.1	0,176	2,10	127
Bi 2 BO 2.2	0,176	2,12	123

*Keterangan: Bi1 = Biochar (50%); Bi2 = Biochar (dosis 100%); BO1.1 = paitan (dosis 25%); BO1.2 = paitan (dosis 50%); BO2.1 = lamtoro (dosis 25%); BO2.2 = lamtoro (dosis 50%).

4.2. Mineralisasi N dan C

4.2.1. Mineralisasi N

Jumlah unsur N ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$) yang tersedia di dalam tanah pada semua perlakuan bahan organik maupun campuran biochar dengan bahan organik dari paitan dan lamtoro mengalami peningkatan setiap minggu pengamatan. Bahan organik yang memiliki proporsi yang tinggi (dosis 50%) pada pangkasan paitan memiliki kandungan unsur N yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan proporsi yang lebih rendah (dosis 25%). Hal ini menunjukkan bahwa, semakin tinggi penggunaan bahan organik pada paitan maka kandungan N yang tersedia semakin tinggi. Sedangkan pada pangkasan lamtoro kandungan unsur N yang tinggi terdapat pada proporsi yang rendah (dosis 25%). Hal ini menunjukkan bahwa, semakin tinggi penggunaan bahan organik pada lamtoro maka kandungan N yang tersedia semakin rendah.

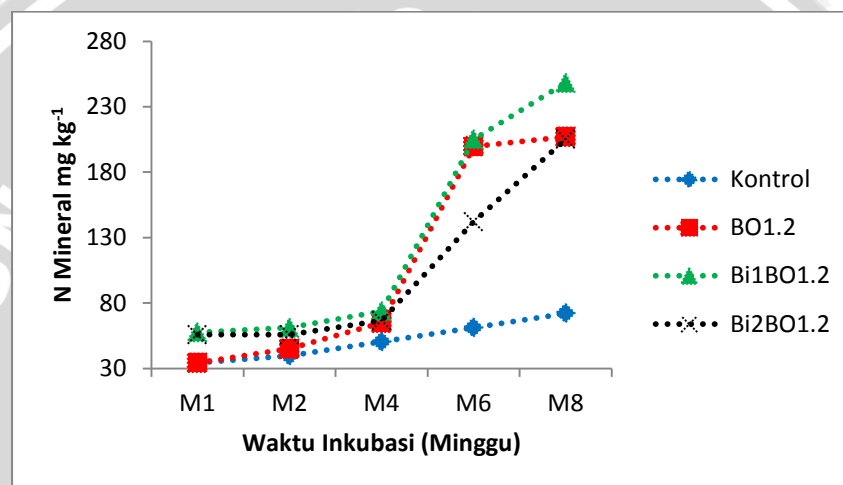


*Keterangan: BO1.1 = paitan (dosis 25%); Bi1 = Biochar (dosis 50%); Bi2 = Biochar (dosis 100%).

Gambar 12. Pengamatan inkubasi N-Mineral yang menggunakan bahan organik dari pahitan dengan dosis yang sama, biochar dengan dosis berbeda dan tanpa biochar.

Pola pelepasan unsur N dari Gambar 12 relatif konstan pada setiap pengamatan inkubasi, pada perlakuan kontrol laju pelepasan N selalu mengalami peningkatan pada setiap minggu inkubasi. Pada perlakuan yang menggunakan bahan organik saja / tanpa biochar (BO1.1) dari minggu pertama sampai minggu keempat N yang tersedia lebih tinggi bila dibandingkan dengan perlakuan yang

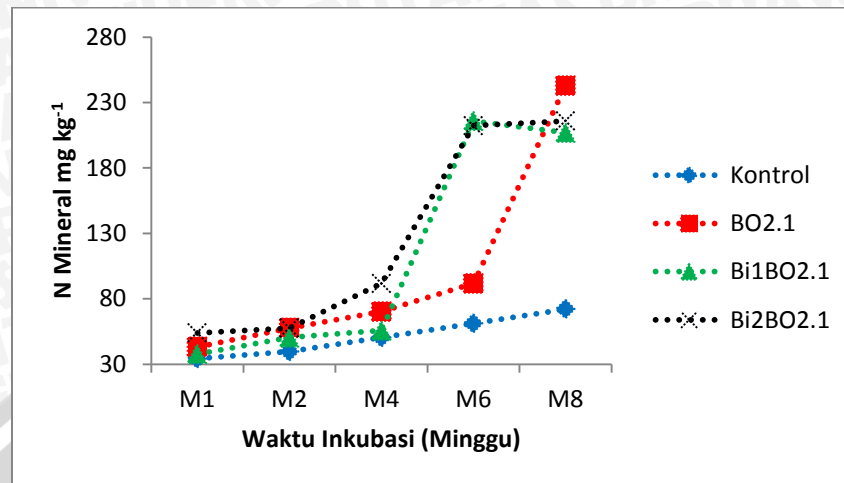
menggunakan campuran biochar dan pahitan (Bi1BO1.1 dan Bi2BO1.1), sedangkan pada minggu keenam perlakuan dengan tanpa biochar lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan campuran biochar, tetapi pada minggu kedelapan perlakuan tanpa biochar kembali lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan campuran biochar. Jika dirata-rata selama inkubasi N yang tersedia lebih tinggi terdapat pada perlakuan dengan menggunakan campuran biochar (113 dan 114 mg kg⁻¹).



*Keterangan: BO1.2 = paitan (dosis 50%); Bi1 = Biochar (dosis 50%); Bi2 = Biochar (dosis 100%).

Gambar 13. Pengamatan inkubasi N-Mineral yang menggunakan bahan organik dari pahitan dengan dosis yang sama, biochar dengan dosis berbeda dan tanpa biochar.

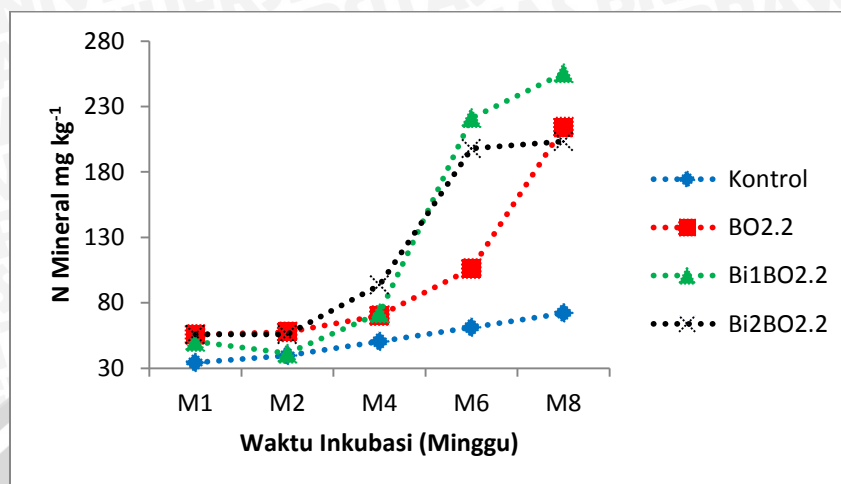
Pola pelepasan unsur N dari Gambar 13 relatif konstan pada setiap pengamatan inkubasi, pada perlakuan kontrol laju pelepasan N selalu mengalami peningkatan pada setiap minggu inkubasi. Pada perlakuan yang menggunakan campuran biochar dan pahitan dengan dosis biochar lebih rendah dapat menyediakan N yang lebih tinggi (Bi1BO1.2) dari minggu pertama sampai minggu kedelapan inkubasi bila dibandingkan dengan perlakuan tanpa biochar dan campuran biochar dengan dosis yang lebih tinggi. Jika dirata-rata selama inkubasi N yang tersedia lebih tinggi juga terdapat pada perlakuan dengan menggunakan campuran biochar dengan dosis yang lebih rendah (132 mg kg⁻¹).



*Keterangan: BO2.1 = lamtoro (dosis 25%); Bi1 = Biochar (dosis 50%); Bi2 = Biochar (dosis 100%).

Gambar 14. Pengamatan inkubasi N-Mineral yang menggunakan bahan organik dari lamtoro dengan dosis yang sama, biochar dengan dosis berbeda dan tanpa biochar.

Pola pelepasan unsur N dari Gambar 14 juga relatif konstan pada setiap pengamatan inkubasi, pada perlakuan kontrol laju pelepasan N selalu mengalami peningkatan pada setiap minggu inkubasi. Pada perlakuan yang menggunakan campuran biochar dan lamtoro dengan dosis biochar lebih tinggi (Bi2BO2.1) dari minggu pertama sampai minggu keempat N yang tersedia lebih tinggi bila dibandingkan dengan perlakuan yang menggunakan campuran biochar yang dosisnya lebih rendah dan tanpa biochar, sedangkan pada minggu keenam perlakuan yang menggunakan campuran biochar dan lamtoro lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa biochar (Bi1BO2.1 dan Bi2BO2.1), tetapi perlakuan tanpa biochar pada minggu kedelapan justru lebih tinggi bila dibandingkan dengan campuran biochar dan lamtoro (BO2.1). Jika dirata-rata selama inkubasi N yang tersedia lebih tinggi terdapat pada perlakuan dengan menggunakan campuran biochar dosis lebih tinggi (127 mg kg⁻¹).



*Keterangan: BO2.2 = lamtoro (dosis 50%); Bi1 = Biochar (dosis 50%); Bi2 = Biochar (dosis 100%).

Gambar 15. Pengamatan inkubasi N-Mineral yang menggunakan bahan organik dari lamtoro dengan dosis yang sama, biochar dengan dosis berbeda dan tanpa biochar.

Pola pelepasan unsur N dari Gambar 15 juga relatif konstan pada setiap pengamatan inkubasi, pada perlakuan kontrol laju pelepasan N selalu mengalami peningkatan pada setiap minggu inkubasi. Pada perlakuan yang menggunakan campuran biochar dengan bahan organik dari lamtoro yang dosisnya lebih tinggi dan tanpa biochar (Bi2BO2.2 dan BO2.2) pada minggu pertama N yang tersedia lebih tinggi bila dibandingkan dengan perlakuan yang menggunakan campuran biochar yang dosisnya lebih rendah, pada minggu kedua N yang tersedia lebih tinggi juga terdapat pada perlakuan tanpa biochar (BO2.2). Sedangkan pada minggu keempat N yang tersedia lebih tinggi terdapat pada perlakuan menggunakan campuran biochar dan lamtoro dengan dosis biochar lebih tinggi (Bi2BO2.2), tetapi pada minggu keenam dan kedelapan N yang tersedia lebih tinggi terdapat pada perlakuan campuran biochar dan lamtoro dengan dosis biochar lebih rendah (Bi1BO2.2). Jika dirata-rata selama inkubasi N yang tersedia lebih tinggi terdapat pada perlakuan menggunakan campuran biochar dan lamtoro dengan dosis biochar lebih rendah (133 mg kg⁻¹).

Hasil analisis sidik ragam (annova) N mineral menunjukkan bahwa hubungan antar perlakuan berpengaruh sangat nyata ($p > 0,01$) pada setiap pengamatan inkubasi (Lampiran 4, 5, 6, 7 dan 8). Secara kumulatif, jumlah unsur N yang dilepaskan dari campuran biochar dengan pangkasan pahitan lebih kecil

bila dibandingkan pada pemberian dari campuran biochar dengan pangkasan lamtoro dimana dosis perlakuan biochar yang diberikan sama tinggi dan dosis perlakuan pangkasan sama rendah. Begitu pula dengan dosis perlakuan yang diberikan sama-sama tinggi baik itu perlakuan biochar maupun dosis pangkasannya, jumlah unsur N yang dilepaskan dari campuran biochar dengan pangkasan pahitan lebih kecil dari pemberian campuran biochar dengan pangkasan lamtoro.

Pola pelepasan unsur N dari bahan organik relatif konstan selama 8 minggu pengamatan, tetapi terjadi perbedaan yang sangat nyata antara jumlah N kumulatif dari campuran biochar dan pangkasan lamtoro, maupun dari campuran biochar dan pangkasan pahitan dengan pangkasan lamtoro saja. Hal ini dapat disebabkan karena pengaruh pangkasan lebih dominan pada bahan organik hasil campuran sehingga mikroorganisme sulit untuk merombak bahan organik. N yang sudah dimineralisasi lebih awal dari pangkasan pahitan digunakan oleh mikroorganisme (diimobilisasi) sebagai sumber energi untuk mendekomposisi bahan organik yang berkualitas rendah (Henrot dan Hamadina, 1997). Pratikno (2002) melaporkan bahwa *Tithonia diversifolia* merupakan bahan pangkasan yang berkualitas tinggi dengan kandungan C-organik 45,9 %, N-total 5,31 % dan P-total 0,47 % yang tinggi, serta nisbah C/N, lignin dan polifenol yang rendah. Pemberian *Tithonia diversifolia* dapat menurunkan pH tanah yang tinggi pada tanah berkapur sebesar 6,6 pada minggu ke-8 setelah inkubasi, serta mempunyai laju dekomposisi yang cepat, sehingga mampu menyediakan P dalam waktu yang cepat, yaitu mencapai 92 % di fase awal pertumbuhan tanaman (minggu ke-2 inkubasi).

Hasil korelasi antara kecepatan mineralisasi N (kN) dengan komposisi kimia bahan organik menunjukkan bahwa kN berkorelasi positif sangat nyata dengan Biochar dan kandungan N total (Lampiran 3). Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kandungan biochar dan N maka semakin besar pula laju mineralisasi N. Menurut Neeteson dan Henrot (1995), sisa tanaman dengan kandungan N tinggi dapat menyediakan unsur hara dalam jumlah yang baik, namun relatif mudah terdekomposisi karena kecepatan dekomposisi berkorelasi

positif dengan kandungan N dalam sisa tanaman dan mikroorganisme yang terlibat dalam proses dekomposisi sisa tanaman menggunakan N termineralisasi dari jaringan sisa tanaman. Palm dan Sanchez (1992) menyatakan bahwa nisbah C/N, lignin dan polifenol merupakan parameter yang dapat dipergunakan dalam pendugaan kecepatan dekomposisi dan mineralisasi dari bahan organik. Sedangkan Hairiah (1999) menyatakan bahwa bahan organik berkualitas tinggi bila nisbah C/N < 20, lignin < 15 %, dan polifenol < 4 %. Handayanto (1994) menambahkan bahwa N bahan organik segera termineralisasi bila mengandung lignin dan polifenol yang rendah.

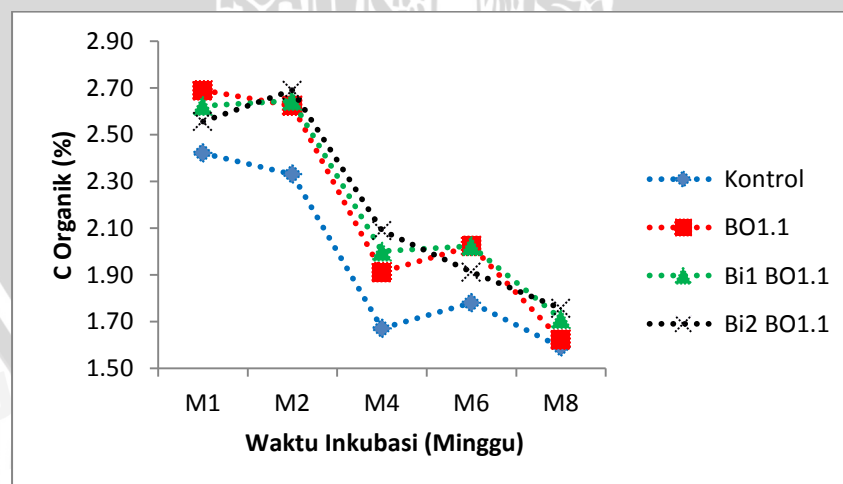
Pupuk organik dapat menghasilkan residu pada akhir panen, berupa simpanan terhadap ameliorasi kesuburan tanah yang lebih tinggi, berupa C-organik, N, P, K, dan KTK tanah pada residu akhir panen dibandingkan pupuk anorganik. Hal ini sesuai dengan pendapat Sanchez (1992), bahwa keunggulan pemberian pupuk organik dibandingkan pupuk anorganik adalah meningkatkan kandungan bahan organik, nitrogen organik, P, K, dan Ca_{dd}, sehingga mengakibatkan kenaikan pH yang nyata. Handayanto (1998) menambahkan keunggulan bahan organik adalah selain unsur makro yang dilepaskan seperti N, P, K, Ca dan Mg, juga dilepaskan beberapa unsur mikro, asam-asam organik yang berfungsi dalam perbaikan KTK, pH, sifat fisik, dan biologi tanah, sedikit vitamin, dan zat pengatur tumbuh, yang semuanya ini sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman.

4.2.3. Mineralisasi C

Selama 8 minggu inkubasi, kandungan unsur C yang tersedia dalam tanah pada setiap perlakuan mengalami penurunan meskipun dari minggu pertama ke minggu kedua mengalami sedikit peningkatan, tetapi pada minggu keempat kandungan C yang tersedia mengalami penurunan yang sangat drastis sekali. Sedangkan pada minggu keenam menunjukkan sedikit peningkatan lagi, tetapi pada minggu kedelapan kandungan C terjadi penurunan. Hasil analisis sidik ragam (anova) C Organik menunjukkan bahwa hubungan antar perlakuan berpengaruh tidak nyata ($p < 0,05$) pada pengamatan inkubasi di minggu pertama (M1) dan minggu kedua (M2) (Lampiran 9 dan 10), sedangkan pada pengamatan inkubasi

di minggu keempat (M4) berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) (Lampiran 11) dan pada pengamatan minggu keenam (M6) dan kedelapan (M8) berpengaruh nyata ($p < 0,05$) (Lampiran 12 dan 13).

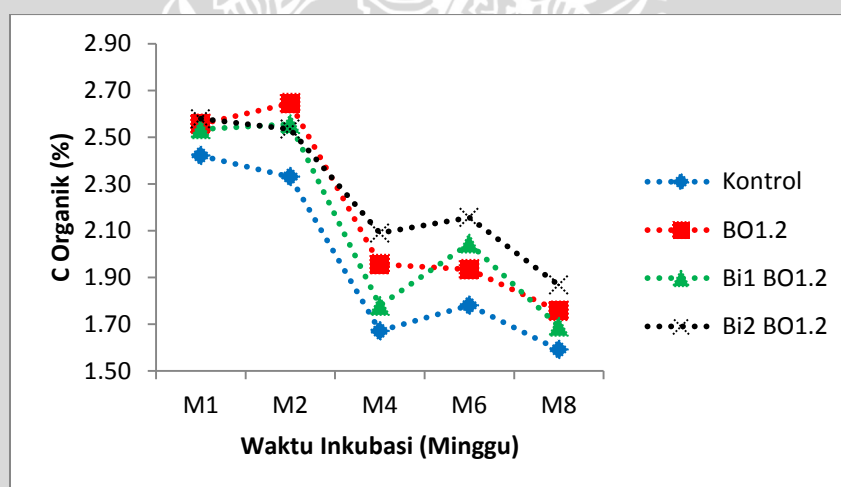
Melihat dari Tabel 3 rata-rata bahan organik dari pahitan baik itu yang dicampur dengan dosis yang rendah ataupun tinggi memiliki kandungan C-organik lebih tinggi dari bahan organik yang menggunakan lamtoro, dimana kandungan C-organik yang tinggi akan menurunkan laju dekomposisi, karena masih banyaknya fraksi tahan lapuk dalam bahan pangkasan seperti selulosa, lemak, dan lilin yang terdekomposisi dalam waktu yang lama. Setijono (1996) menyatakan bahwa bahan organik dengan kandungan C-organik rendah akan lebih cepat termineralisasi karena laju dekomposisi bahan organik meningkat. Selanjutnya Pratikno (2002) melaporkan bahwa terdapat korelasi yang sangat nyata antara kecepatan dekomposisi dengan kandungan C-organik, dimana peningkatan kandungan C-organik bahan organik akan menurunkan kecepatan dekomposisi. Jama *et al.* (1999) menambahkan bahwa *Tithonia diversifolia* mempunyai laju dekomposisi yang cepat, dimana pelepasan N terjadi sekitar satu minggu, dan pelepasan P dari biomass tanaman terjadi sekitar dua minggu setelah ditanam ke dalam tanah.



* Keterangan: BO1.1 = paitan (dosis 25%); Bi1 = Biochar (dosis 50%); Bi2 = Biochar (dosis 100%).

Gambar 16. Pengamatan inkubasi C-Organik yang menggunakan bahan organik dari pahitan dengan dosis yang sama, biochar dengan dosis berbeda dan tanpa biochar.

Pola pelepasan unsur C dari Gambar 16 relatif konstan pada setiap pengamatan inkubasi, pada perlakuan kontrol laju pelepasan C selalu mengalami penurunan pada setiap minggu inkubasi kecuali pada minggu keenam yang mengalami peningkatan. Pada perlakuan yang menggunakan bahan organik saja / tanpa biochar (BO1.1) di minggu pertama (M1) kandungan C lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang menggunakan campuran biochar dan pahitan. Sedangkan pada minggu kedua (M2), keempat (M4) dan kedelapan (M8) kandungan C yang tersedia lebih tinggi terdapat pada perlakuan campuran biochar dan pahitan dengan dosis biochar lebih tinggi (Bi2BO1.1), tetapi pada minggu keenam kandungan C yang tersedia terdapat pada perlakuan campuran biochar dan pahitan dengan dosis biochar lebih rendah dan perlakuan tanpa biochar (Bi1BO1.1 dan BO1.1). Jika dirata-rata selama inkubasi kandungan C yang tersedia lebih tinggi terdapat pada perlakuan dengan menggunakan campuran biochar dan pahitan (2,20 %).

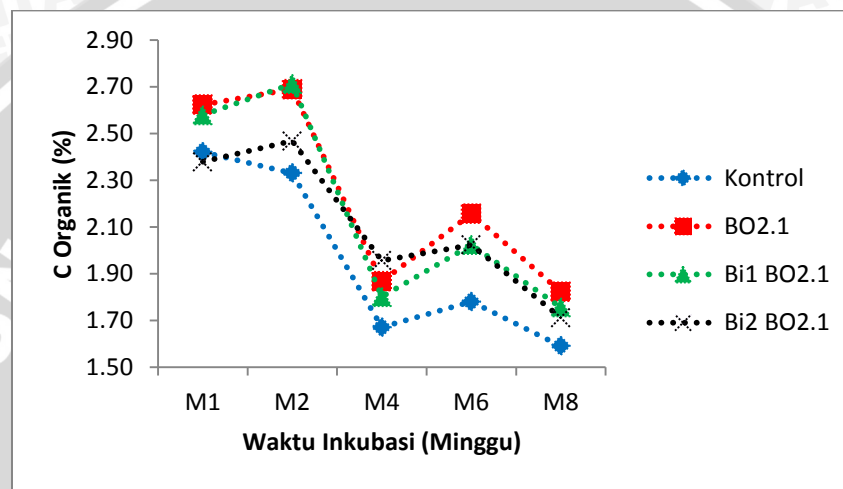


*Keterangan: BO1.2 = paitan (dosis 50%); Bi1 = Biochar (dosis 50%); Bi2 = Biochar (dosis 100%).

Gambar 17. Pengamatan inkubasi C-Organik yang menggunakan bahan organik dari pahitan dengan dosis yang sama, biochar dengan dosis berbeda dan tanpa biochar.

Pola pelepasan unsur C dari Gambar 17 relatif konstan pada setiap pengamatan inkubasi, pada perlakuan kontrol laju pelepasan C selalu mengalami penurunan pada setiap minggu inkubasi kecuali pada minggu keenam yang mengalami peningkatan. Pengamatan inkubasi dari minggu pertama (M1), minggu keempat (M4), minggu keenam (M6) dan minggu kedelapan (M8) kandungan C

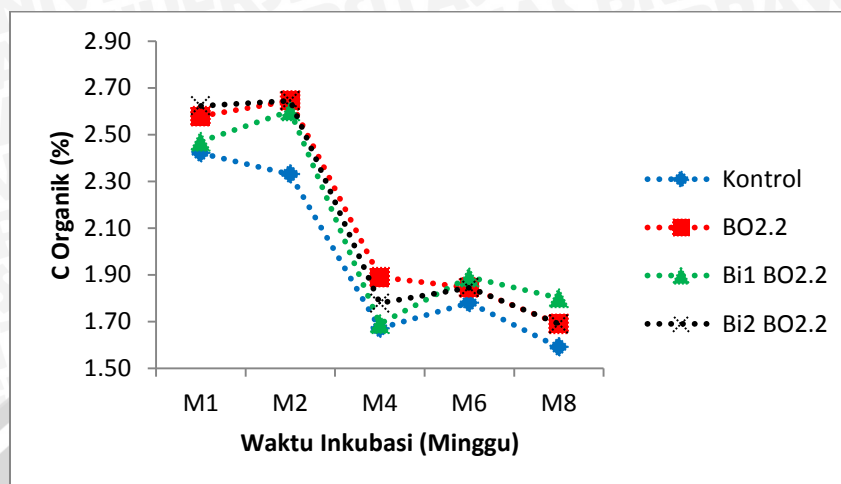
yang tersedia lebih tinggi terdapat pada perlakuan yang menggunakan campuran biochar dan pahitan dengan dosis biochar lebih tinggi (Bi2BO1.2). Sedangkan pada minggu kedua (M2) kandungan C yang tersedia lebih tinggi terdapat pada perlakuan tanpa biochar (BO1.2). Jika dirata-rata selama inkubasi kandungan C yang tersedia lebih tinggi terdapat pada perlakuan dengan menggunakan campuran biochar dan pahitan dengan dosis biochar lebih tinggi (2,24 %).



*Keterangan: BO2.1 = lamtoro (dosis 25%); Bi1 = Biochar (dosis 50%); Bi2 = Biochar (dosis 100%).

Gambar 18. Pengamatan inkubasi C-Organik yang menggunakan bahan organik dari lamtoro dengan dosis yang sama, biochar dengan dosis berbeda dan tanpa biochar.

Pola pelepasan unsur C dari Gambar 18 juga relatif konstan pada setiap pengamatan inkubasi, pada perlakuan kontrol laju pelepasan C selalu mengalami penurunan pada setiap minggu inkubasi kecuali pada minggu keenam yang mengalami peningkatan. Pengamatan inkubasi di minggu pertama (M1), minggu keenam (M6) dan minggu kedelapan (M8) kandungan C yang tersedia lebih tinggi terdapat pada perlakuan tanpa biochar (BO2.1) dibandingkan dengan campuran biochar dan lamtoro. Pada minggu kedua (M2) kandungan C yang tersedia lebih tinggi terdapat pada perlakuan campuran biochar dan lamtoro dengan dosis biochar lebih rendah (Bi1BO2.1). Sedangkan pada minggu keempat (M4) kandungan C yang tersedia lebih tinggi terdapat pada perlakuan campuran biochar dan lamtoro dengan dosis biochar lebih tinggi (Bi2BO2.1). Jika dirata-rata selama inkubasi kandungan C yang tersedia lebih tinggi terdapat pada perlakuan tanpa biochar (2,23 %).



*Keterangan: BO2.2 = lamtoro (dosis 50%); Bi1 = Biochar (dosis 50%); Bi2 = Biochar (dosis 100%).

Gambar 19. Pengamatan inkubasi C-Organik yang menggunakan bahan organik dari lamtoro dengan dosis yang sama, biochar dengan dosis berbeda dan tanpa biochar.

Pola pelepasan unsur C dari Gambar 19 juga relatif konstan pada setiap pengamatan inkubasi, pada perlakuan kontrol laju pelepasan C selalu mengalami penurunan pada setiap minggu inkubasi kecuali pada minggu keenam yang mengalami peningkatan. Pengamatan inkubasi di minggu pertama (M1), minggu dan minggu kedua (M2) kandungan C yang tersedia lebih tinggi terdapat pada perlakuan campuran biochar dan lamtoro dengan dosis biochar lebih tinggi (Bi2BO2.2). Pada minggu keempat (M4) kandungan C yang tersedia lebih tinggi terdapat pada perlakuan tanpa biochar (BO2.2). Sedangkan pada minggu keenam (M6) dan minggu kedelapan (M8) kandungan C yang tersedia lebih tinggi terdapat pada perlakuan campuran biochar dan lamtoro dengan dosis biochar lebih rendah (Bi2BO2.2). Jika dirata-rata selama inkubasi kandungan C yang tersedia lebih tinggi terdapat pada perlakuan tanpa biochar (2,13 %).

Secara kumulatif, jumlah kandungan unsur C yang dilepaskan dari campuran biochar dengan pangkasan pahitan lebih kecil bila dibandingkan pada pemberian dari campuran biochar dengan pangkasan lamtoro dimana dosis perlakuan biochar yang diberikan sama rendah dan dosis perlakuan pangkasan juga sama rendah. Begitu pula dengan dosis perlakuan yang diberikan sama-sama tinggi baik itu perlakuan biochar maupun dosis pangkasannya, jumlah kandungan

unsur C yang dilepaskan dari campuran biochar dengan pangkasan pahitan lebih kecil dari pemberian campuran biochar dengan pangkasan lamtoro.

Jumlah kandungan unsur C yang dilepaskan dari perlakuan yang menggunakan bahan organik saja berbanding terbalik dengan perlakuan yang menggunakan campuran biochar dengan bahan organik dari paihat maupun lamtoro. Kandungan unsur C yang dilepaskan dari bahan organik yang menggunakan lamtoro lebih kecil bila dibandingkan dengan bahan organik dari pahitan, baik itu dengan menggunakan dosis rendah maupun dosis tinggi. Jumlah kandungan unsur C yang lebih tinggi diperoleh pada perlakuan Bi2BO1.2 bila dibandingkan dengan jumlah unsur C pada perlakuan Bi1BO2.2.

Hasil korelasi antara kecepatan mineralisasi C (kC) dengan komposisi kimia bahan organik menunjukkan bahwa kC berkorelasi negatif sangat nyata dengan kandungan N mineral dan berkorelasi negatif nyata dengan N total (Lampiran 1). Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kandungan N total dan N mineral maka semakin kecil laju mineralisasi C. Menurut Pratikno (2002) bahwa *G. sepium* dan *T. diversifolia* laju proses dekomposisi lebih cepat dibandingkan perlakuan pupuk hijau lainnya, karena mengandung polifenol dan C-organik yang lebih rendah, sehingga tidak banyak memberikan sumbangan pada tanah. Dan ini diperkuat oleh Suntoro *et al.* (2001) yang menyatakan bahwa komposisi kimia bahan organik dapat berbeda, tergantung dari keadaan lingkungan bahan organik tersebut didapatkan. Pemberian pupuk organik ke dalam tanah, mempunyai beberapa kendala yang harus diperhatikan dalam meningkatkan produksi suatu tanaman, selain dipengaruhi oleh jumlah, kualitas, cara pemberian, dan keadaan lingkungan, keberhasilannya juga dipengaruhi oleh waktu/saat pemberian, karena berhubungan dengan tingkat sinkronisasinya (Handayanto, 1999).

Tidak efisiennya pemberian pupuk organik, karena rendahnya tingkat sinkronisasi antara waktu pelepasan unsur hara dari pupuk organik dengan kebutuhan tanaman akan unsur hara, dan akibatnya produksi tanaman yang dihasilkan masih kurang optimal. Sinkronisasi ditentukan oleh kecepatan

dekomposisi dan mineralisasi pupuk organik, berupa kualitas sisa tanaman/pupuk organik yang digunakan Handayanto (1999). Hairiah *et al.* (2000), menyatakan komponen kualitas bahan organik yang penting adalah rasio C/N, kandungan lignin dan polifenolnya. bahan organik yang telah siap diberikan sebagai pupuk bila rasio C:N antara 10-12, lignin < 15 % dan polifenol < 4 %.

Sinkronisasi menurut Myers *et al.* (1997) adalah *matching* menurut waktu antara ketersediaan unsur hara dan kebutuhan tanaman akan unsur hara. Apabila penyediaan unsur hara tidak *match*, maka akan terjadi defisiensi unsur hara atau kelebihan unsur hara, meskipun jumlah total penyediaan sama dengan jumlah total kebutuhan. Tidak terjadinya sinkronisasi disebut asinkroni disebabkan dua hal yakni jika penyediaan yang terjadi lebih lambat untuk kebutuhan atau jika penyediaan terjadi lebih awal dibanding kebutuhan pada situasi dimana unsur hara yang tersedia melebihi kebutuhan tanaman, sehingga mempunyai resiko hilang dari sistem atau dikonversi menjadi bentuk-bentuk yang tidak tersedia.



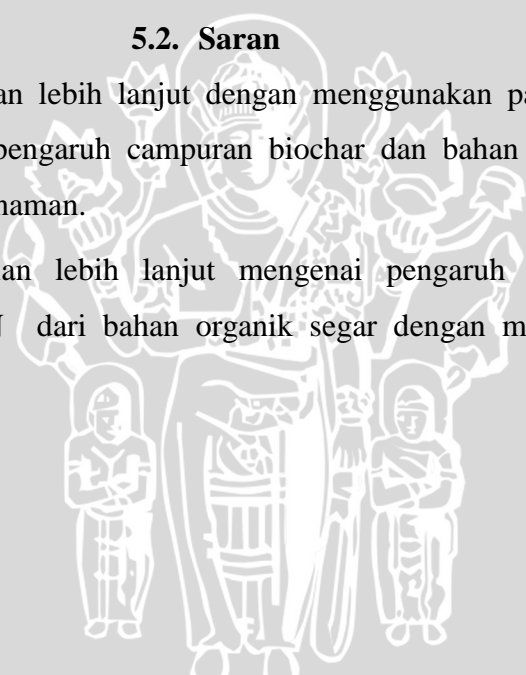
V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Pencampuran biochar dengan bahan organik dapat memperbaiki laju pelepasan C dan N, hal ini dibuktikan dengan adanya peningkatan C sebesar 0,03% – 0,04% dan peningkatan N sebesar 10 mg kg^{-1} – 20 mg kg^{-1} .
2. Kandungan C-Organik dari tanaman pahitan lebih cepat tersedia didalam tanah dibandingkan dengan tanaman lamtoro, sedangkan kandungan N-Mineral dari tanaman lamtoro lebih cepat tersedia didalam tanah dibandingkan dengan tanaman pahitan.

5.2. Saran

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan parameter tanaman untuk mengetahui pengaruh campuran biochar dan bahan organik terhadap serapan hara oleh tanaman.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh biochar terhadap pelepasan C dan N dari bahan organik segar dengan menggunakan jenis tanaman lain.



DAFTAR PUSTAKA

- Brandon, N and Shelton, H. M. 1993. *The Role of VAM in the Establishment of Leucaena*. Proceedings of XVII International Grassland Congress, pp. 2064-2065.
- Bremer, E and Van Kessel, C. 1992. *Seasonal Microbial Dynamics after Addition of Lentil and Wheat Residues*. Soil Science Society American Journal. 56: 1141-1146.
- Brewbakaer, J. L., Hedge, N and Hutton, E. M. 1985. *Leucaena-Forage Production and Use*. NFTA, Hawaii. 39 pp.
- Binkley, D and Giardina, C. 1997. *Nitrogen Fixation in Tropical Forest Plantations*. In: *Management of Soil, Nutrients and Water in Tropical Plantation Forest*, page: 297-337. Aciar Monograph Series.
- Botanri, S. 1999. *Pemanfaatan Limbah Organik Pemeliharaan Ulat Sutera untuk Perbaikan Status N Tanah, Produksi biomassa dan Kualitas Daun Murbei (Morus multicaulis)*. Program Pascasarjana. Universitas Brawijaya Malang.
- Brady, N. C and Weil, R. R. 2002. *The Nature and Properties of Soils*. 13th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Bridgwater, A.V. dan Peacocke, G. V. C. 2000. *Fast Pyrolysis Processes for Biomass*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 4. p 1-73.
- Bridgwater, A.V. 2003. *Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass*. *Chemical Engineering Journal*. 91. p 87-102.
- Brussard, L., Hauser, S and Tian, G. 1993. *Soil Faunal Activity in Relations to the Sustainability of Agriculture System in The Humid Tropic*. Hal 241-255. In Mulungoy, K dan R. Merckx (eds.). *Soil Organic Matter Dynamics and Sustainability of Tropical Agriculture*. II TA/K. U. Leuven. John Wiley & Sons Ltd. Chicester.
- Catchpoole, D. W. 1988. *The contribution of Tree Legumes to the Nitrogen Economy and Forage Production in the Humid Tropics*. PhD thesis, University of New England, Australia.
- Chan, K. Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., Joseph, S. 2007. *Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment*. *Australian Journal of Soil Research*. 45. 629-634.
- Cromack, K., Miller, R. E., Helgerson, O. T., Smith, R. B and Anderson, H. W. 1999. *Soil Carbon and Nutrients in a Coastal Oregon Douglas-fir Plantation with red Alder*. *Soil Science Society American Journal* 63 : 232-239.
- Czimczik, C. I. and Maseillo, C. A. 2007. *Control on black carbon storage in soils*. *Global Biochemical Cycle*. 21. B3005.

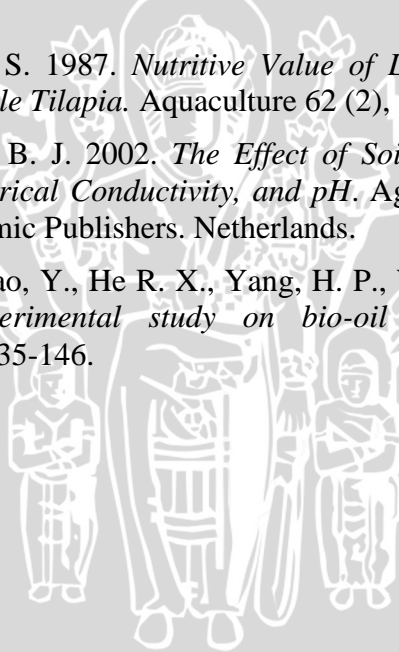
- Handayani, I. P. 2012. *Biochar; Global Benefits for Sustainable Agriculture and Environment*. Seminar Nasional Pengelolaan Limbah Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan, Pertanian Berlanjut dan Mitigasi Pemanasan Global (Prospek Konversi Biomassa ke Biochar di Indonesia). Universitas Tri Buana. Malang.
- Ella, A. 1994. *Evaluation of shrub and tree legumes for South Sulawesi*. Jurnal Ilmiah Penelitian Ternak, Gowa. 3,134-137.
- Fuertes, A. B., Arbestain, C., Sevilla, M., Macia-Agullo, J.A., Fiol, S., Lopez, R., Smernik, R. J., Aitkenhead, W.P., Arce, F and Macias, F. 2010. *Chemical and structural properties of carbonaceous product obtained by pyrolysis and hydrothermal carbonization of corn stover*. Australian Journal of Soil Research. 48. p 618-626.
- Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G and Zech, W. 2001. *The Terra Preta phenolmenon – A model for sustainable agriculture in the humid tropics*. Naturwissenschaften.88, 37–41.
- Glaser, B., Lehmann, J and Zech, W. 2002. *Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal –A review*. Biology and Fertility of Soils 35: 219–230.
- Hairiah, K. 1999. *Dinamika C dalam Tanah*. Jurusan tanah, Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Hairiah, K., Widiyanto., Utami, S. R., Suprayogo. D., Sunaryo., Sitompul., Lusiana. B., Mulia. R., Noorwijk, N. M dan Cadisch, G. 2000. *Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi*. Internasional Centre for Research in Agroforestry (ICRAF). Bogor.
- Hairiah, K., Utami, S. R., Suprayogo, D., Sunaryo., Sitompul., Lusiana, B., Mulia, R., Van Noorwijk, M dan Cadisch, G. 2000. *Pengelolaan Tanah Masam secara Biologi: Refleksi Pengalaman dari Lampung Utara*. ICRAF. Bogor.
- Handayanto, E., Cadish, G and Giller, K. E. 1994. *Nitrogen Release From Pruning of Legume Hedgerow Trees in Relation to Quality of The Pruning in Incubation Methode*. Plant and Soil. 160:237-248.
- Handayanto, E. 1995a. *Peranan Polifenol dalam Mineralisasi N Pangkasan Pohon Leguminosa dan Serapan N oleh Tanaman Jagung*. Agrivita 18. (1): 7-13.
- Handayanto, E. 1995b. *Nitrogen Mineralization from Legume Tree Pruning in Acid Ultisol II: Regulating Nitrogen by Varying Nitrogen Supply*. Agrivita 18. (3): 106-116.
- Handayanto, E., Cadish, G and Giller, K. E. 1997. *Regulating Mineralization from Plant Residue by Manipulation of Quality*. In: Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition (Eds G. Cadish and Giller. K. E), pp 175-185. CAB International. Wallingford, UK.

- Handayanto. E., 1998. *Sinkronisasi Nitrogen Dalam Sistem Budidaya Pagar : Kecepatan Pelepasan Nitrogen dari Pupuk Pangkasan Pohon Leguminosa*. Jurnal Penelitian Universitas Brawijaya Malang 8, 1-18.
- Hartatik, W. 2007. *Tithonia diversifolia Sumber Pupuk Hijau*. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Vol.29,No 5. 2007.
- Haslam, E. 1989. *Plant Polyphenol. Vegetable Tannin Revisited*. Cambridge University Press. Cambridge. 230 hal.
- Havlin, J. L., Beaton, J., Tisdak, S. L and Nelson, W. L. 1999. *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management*. 6th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Henrot, J and Hamadina, M. K. 1995. *Decomposition of Mixtures of Contrasting Quality in Humid Tropic*. Hal 21-28. In Neeteson. J. J and Henrot. J (eds). *The Role of Plants Residues in Soil Management for Food Production in The Humid Tropic*. Final Report DGIS Project NG/91/852. Heren.
- Hossain, K. M., Strezov, V., Chan K. Y., Ziolkowski, A and Nelso, P. F. 2011. *Journal of Environmental Management*. 92. p 223-228.
- ICRAF. 1997. Annual Report for 1996. *International Centre for Researce in Agroforestry*. Nairobi. Kenya.
- International Energy Agency (IEA) Bioenergy. 2007. *Biomass Pyrolysis*. IEA Bioenergy <<http://www.ieabioenergy.com>>.
- Inyang, M., Gao, B., Pullammanappallil, P., Ding, W and Zimmerman, A.R. (2010). *Biochar from an anaerobically digested sugarcane bagasse*. *Bioresources Technology*.101. p 8868-8872.
- Janzen, H. H and Kucey, R. M. N. 1998. *C, N and S Mineralization of Crop Residues as Influences by Crop Species and Nutrient Regime*. *Plant and Soil*. 106:35-41.
- Kanmegne, J., Duguma, B., Henrot, J and Isrimah, N. O. 1995. *Decomposition and Nutrient Release from Residues of Calliandra calothyrsus, Alchornea cordifolia, Pennisetum Purpureum dan Chromolaena odorata*. Hal 29-36. In Nesson, J. J and Henrot (eds.). *The Role of Plant Residues in Soil Management for Food Production in the Humid Tropic*. Final Report DGIS Project NG/91/852.Hanen.
- Karaosmanoglu, F., Ergudenler, A.I., Sever, A.2000. *Biochar from the straw stalk of rapeseed plant*. *Energy and Fuels*.14. p 336-339.
- Lehmann, J., Silva J. J., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W and Glaser, B. 2003. *Nutrient availability and leaching in an archaeological anthrosol and a ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments*. *Plant and Soil*. 249, 343-357.

- Lehmann, J and Rondon, M. 2005. *Bio-char soil management on highly-weathered soils in the humid tropics*. In: N. Uphoff (ed.), *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*, Boca Raton, CRC Press.
- Lehmann, J. 2007. *Bio-char for mitigating climate change: carbon sequestration in the black*. *Forum Geokol* 18 (2) 15-17.
- Lehmann, J and Joseph, S. 2009. *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan-UK. p, 71-78.
- Liu, R., Deng, C., Wang, J. 2010. *Fast pyrolysis of corn straw for bio-oil production in a bench scale fluidized bed reactor*. *Energy Sources*. 32. p 10-19.
- Miller, R. W and Donahue, R. L. 1990. *Soils: and introduction to soils plantgrowth*. Prantice Hall. Englewood Cliffs. New York.
- Musnamar, E. I. 2007. *Pupuk Organik Cair Dan Padat, Pembuatan dan Aplikasi*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Myers, R. J. K., Palm, C. A., Cuevas, E., Gunatilleke, I. U. N and Brossard, M. 1994. *The Synchronisation of Nutrient Mineralization and Plant Nutrient Demand*. In Woome. P. L and Swift. M. J. 1994. *The Biological Management of Trofical Soil Fertility*. TSBF. Pp 81-116.
- Myers, R. J. K., Palm, C. A., Cuevas, E., Gunatilleke, I. U. N and Brossard, M. 1997. *The Synchronisation of Nutrient Mineralization and Plant Nutrient Demand*. In *Management of Tropical Soil Fertillity*. *Agronomy Journal* 87:642-648.
- Neeteson, J. J and Henrot, H. Summary. Hal 1-5. In Neeteson. J. J and Henrot. J (eds). *The Role of Plants Residues in Soil Management for Food Production in The Humid Tropic*. Final Report DGIS Project NG/91/852, Heren.
- Nguyen, B. dan Lehmann, J. 2009. *Black carbon decomposition under varying water regimes*. *Organic Geochemistry*. 40. p 846-853.
- Palm, A. C., Mukalam, J., Nekesa, J and Ajanga, S. 1996. *Farm hedge survey: Compton, Management, Use and Potential for Soil Fertility Management*. Summary Report for African Highlands Initiative. *Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF)*, Nairobi. Kenya.
- Phiri, S., Barrios, E., Rao, I. M and Singh, B. R. 2001. *Changes in soil organic matter and phosphorus fractions under planted fallows and a crop rotation system on a Colombian volcanic-ash soil*. *Plant and Soil* Volume 231 (2) pp 211-223.
- Pratikno, H. 2002. *Studi Pemanfaatan Berbagai Biomassa Flora Untuk Meningkatkan Ketersediaan P Dan Bahan Organik Tanah Pada Tanah Berkapur Di Das Brantas Hulu Malang Selatan*. Pascasarjana. Universitas Brawijaya, Malang.

- Prayogo, C., Lestari, N. D dan Wicaksono, K. S. 2012. *Karakteristik dan kualitas biochar dari pyrolysis biomassa tanaman bio-energi Willow (Salix sp)*. Seminar Nasional Pengelolaan Limbah Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan, Pertanian Berlanjut dan Mitigasi Pemanasan Global (Prospek Konversi Biomassa ke Biochar di Indonesia). Universitas Tri Buana. Malang.
- Saerodjotanoso. 2006. *Pengaruh Ekstrak Daun Lamtoro Sebagai Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi*. Editor Robert Labatar cit al. Jurnal Agrisistem, Desember 2006, Vol 2 No. 2 ISSN 1858-4330.
- Sanchez, P. A. 1992. *Sifat dan Pengelolaan Tanah Tropika (Terjemahan)*. Penerbit ITB. Bandung.
- Santi, I. P and Goenadi, D. H. 2010. *The Use Of Bio-Char As Bacterial Carrier For Aggregate Stabilization In Ultisol Soil From Taman Bogo Lampung*. Menara Perkebunan 2010, 78 (2), 55-63. Lampung. Sumatra Selatan.
- Santiago, C. B., Aldaba, M. B., Reyes, O. S and Laron, M. A., 1988. *Reproductive Performance and Growth of Nile Tilapia (Oreochromis niloticus) Broodstock Fed Diets Containing (Leucaena leucocephala) Leaf Meal*. Aquaculture 70, 53-61.
- Schuman, G. E and Belden, S. E. 1991. *Decomposition of Wood-Residues Amandement in Revegated Bentonite Mine Soil*. Soil Science Society American Journal. 55: 76-80.
- Smith, S. E and Ready, D. J., 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press San Diego.
- Sohi, S., Lopez-Capel, E, Krull, E and Bol, R. 2009. *Biochar, climate change and soil : A review to guide future research*. CSIRO Land and water Science Report Series. ISSN : 1834-6618.
- Soil Survey Staff. 1975. *Soil Taxonomy USDA*. Agr. Handbook. No. 436. USGovt/Printing Office. Washington, D. C.
- Spokas, K. A., Koskinen, W. C., Baker, J. M and Reicosky, D. C. 2009. *Impact of woodchip biochar additions on greenhouse gas production and sorption/degradation of two herbicide in Minnesota soil*. Chemosphere. 77. p 574-581.
- Steiner, C., Teixeira, W. G., Lehmann, J., Nehls, T., Macêdo, J. L. V., Blum, W. E. H and W. Zech. 2007. *Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil*. Plant and Soil, 291: 275-290.
- Steiner, C. 2007. *Soil charcoal amendments maintain soil fertility and establish carbon sink-research and prospects*. Soil Ecology Res Dev. 1-6.
- Stevenson, F. J. 1982. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reaction* John Wiley & Sonos. New York. 443 hal.

- Sudaryono. 1988. *The Physical Condition-Soils, Erosion Problem in the South Malang Limestone Area*. Penelitian Palawija. 3 (1): 55-60. Balai Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian. Malang.
- Suntoro, Syekhfani, E. Handayanto dan Sumarno, 2001. *Penggunaan Bahan Pangkasan 'Krinyu' (Chromolaena odorata) dan 'Gamal' (Glyricidia sepium) Untuk Meningkatkan Ketersediaan P, K, Ca dan Mg pada Oxidistrudept*. Agrivita 23 (1) : 20 – 26.
- Swift, M. J., Heal, O. W and Anderson, J. M. 1979. *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. Studies in Ecology 5. Berkeley, California, USA: University of California Press.
- Tan, K. H. 2000. *Environmental Soil Science*. Marcel Dekker, New York.
- Titirici, M. M., Thomas, A and Antoinette, M. 2007. *Back in the black: hydrothermal carbonization of plant material as an efficient chemical process to treat the CO₂ problems ?*. New Journal of Chemistry. 31. p 787-789.
- Wee, K. L and Wang, S. S. 1987. *Nutritive Value of Leucaena Leaf Meal in Pelleted Feed for Nile Tilapia*. Aquaculture 62 (2), 97 - 108.
- Zhang, R., and Wienhold, B. J. 2002. *The Effect of Soil Moisture on Mineral Nitrogen, Soil Electrical Conductivity, and pH*. Agroecosystems 63: 251-254. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Zhang, M., Chen, H. P., Gao, Y., He R. X., Yang, H. P., Wang X. H and Zhang, S. H. 2010. *Experimental study on bio-oil pyrolyses/gasification*. Bioresources. 5. p 135-146.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur Analisis Bahan Organik Tanah

a. Analisis Kandungan N Total (Keeny dan Nelson, 1982)

Sampel tanaman 0,05 g dimasukkan kedalam tabung destilasi dan ditambah dengan 1 tablet (2 g) campuran Se dan 10 ml H₂SO₄ pekat, di destruksikan dalam Digestion Block pada suhu 350⁰C selama kurang lebih 3 jam. Destruksi sempurna bila cairan berwarna hijau jernih. Kemudian didinginkan dan selanjutnya diencerkan dengan aquadest sampai 50 ml. Tambahkan 20 ml NaOH dan siap destilasi, hasil destilasi ditampung dalam Erlenmayer yang berisi 20 ml asam borat penunjuk dan destilasi dihentikan setelah mencapai volume 50 ml. Selanjutnya hasil destilasi dititrasi dengan H₂SO₄ 0,01 N yang sudah distandarisasi sampai terjadi perubahan warna dari hijau menjadi merah ungu anggur. Kandungan N dapat dihitung dengan persamaan:

$$\% N Total = \frac{(ml\ sampel - ml\ blanko) \times 14 \times H_2SO_4 \times fKA \times 100}{mg\ sampel}$$

Dimana:

N H₂SO₄ = Normalisasi H₂SO₄

FKA = Faktor koreksi kadar air

b. Analisis C-Organik

Sampel tanaman 0,05 g dimasukkan kedalam labu Erlenmayer 500 ml, kemudian ditambah dengan larutan 10 ml K₂Cr₂O₇ 1 N, 20 ml H₂SO₄ lalu digoyang-goyang agar contoh dapat beraksi sepenuhnya, kemudian diamkan selama 20 – 30 menit. Selanjutnya diencerkan dengan air sebanyak 200 ml dan ditambah dengan 10 ml H₃PO₄ 80% dan 30 tetes petunjuk difenilamina kemudian dititrasi dengan larutan fero melalui buret hingga terjadi perubahan warna dari biru kotor sampai hijau terang.

$$\% C - Organik = \frac{(ml\ sampel - ml\ blanko) \times 3 \times N\ Fe_2SO_4 \times fKA \times 100}{ml\ blanko \times mg\ sampel}$$

c. Analisis N Mineral

Tanah 2 g diekstrak dengan 50 ml 2M KCL, kemudian dikocok selama 60 menit dan saring dengan kertas wheatman no. 42 dalam botol plastiK. Pipet 10 ml aliquot dan masukkan dalam tabung Kjeldhal serta tambahkan 0,2 mg MgO dan 0,2 mg Devarda's alloy. Kemudian didestilasi dan hasilnya ditampung dalam gelas erlenmayer 50 ml yang berisi 5 ml asam borat sampai volume 30 ml. Hasilnya dititrasi dengan H₂SO₄ 0,002 N yang telah distandarisasi hingga terjadi perubahan warna dari hijau menjadi merah muda untuk penetapan N mineral.

Lampiran 2. Analisis Dasar Tanah

Macam Analisis	Hasil Analisis	Kategori*
pH:		
H ₂ O	7,51	Netral
KCl	6,54	
C-Organik (%)	1,039	Rendah
N-Mineral (mg kg ⁻¹)	35,97	Rendah
N-Total (%)	0,137	Rendah
C/N Ratio	7,58	Rendah
P Olsen (mg kg ⁻¹)	20	Rendah
Kation-Kation Basa:		
K (me/100g)	0,879	Tinggi
Ca (me/100g)	18,36	Tinggi
Mg (mge/100g)	1,992	Sedang
Na (me/100g)	1,988	Sangat Tinggi
KTK (me/100g)	23,29	Sedang
Kb (%)	99,7	Sangat Tinggi
Berat Isi	1,224	
Distribusi Partikel Tanah:		
Liat (%)	33	
Debu (%)	47	
Pasir (%)	20	
Kelas Tekstur	Lempung Berliat	

Sumber: Suryadi, 2001

Ket: *Hardjowigeno, 1995

Lampiran 3. Koefisien Korelasi Antar Pengamatan

	Biochar	C-Organik	N-Total	N_Mineral
Biochar	1			
C-Organik	-152	1		
N-Total	307*	-335*	1	
N_Mineral	551**	-398**	452**	1

Keterangan: *) Berbeda nyata ($p < 0,05$), **) Sangat berbeda nyata ($p < 0,01$)

Lampiran 4. Hasil Analisis Sidik Ragam N Mineral pada Inkubasi Minggu 1

No	SK	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
						1%	5%
1	Perlakuan	12	3153.82	262.82	18.52**	2.96	2.15
2	Galat	26	369.02	14.19			
3	Total	38	3522.84				

Keterangan: *) Berbeda nyata ($p < 0,05$); **) Sangat Berbeda Nyata ($p < 0,01$), SK) Sumber Keragaman; JK) Jumlah Kwadrat; db) Derajat Bebas; KT) Kwadrat Tengah.

Lampiran 5. Hasil Analisis Sidik Ragam N Mineral pada Inkubasi Minggu 2

No	SK	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
						1%	5%
1	Perlakuan	12	2148.36	179.03	13.31**	2.96	2.15
2	Galat	26	349.59	13.45			
3	Total	38	2497.96				

Keterangan: *) Berbeda nyata ($p < 0,05$); **) Sangat Berbeda Nyata ($p < 0,01$), SK) Sumber Keragaman; JK) Jumlah Kwadrat; db) Derajat Bebas; KT) Kwadrat Tengah.

Lampiran 6. Hasil Analisis Sidik Ragam N Mineral pada Inkubasi Minggu 4

No	SK	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
						1%	5%
1	Perlakuan	12	5577.08	464.76	25.92**	2.96	2.15
2	Galat	26	466.13	17.93			
3	Total	38	6043.21				

Keterangan: *) Berbeda nyata ($p < 0,05$); **) Sangat Berbeda Nyata ($p < 0,01$), SK) Sumber Keragaman; JK) Jumlah Kwadrat; db) Derajat Bebas; KT) Kwadrat Tengah.

Lampiran 7. Hasil Analisis Sidik Ragam N Mineral pada Inkubasi Minggu 6

No	SK	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
						1%	5%
1	Perlakuan	12	119422.45	9951.87	182.50**	2.96	2.15
2	Galat	26	1417.80	54.53			
3	Total	38	120840.25				

Keterangan: *) Berbeda nyata ($p < 0,05$); **)Sangat Berbeda Nyata ($p < 0,01$), SK) Sumber Keragaman; JK) Jumlah Kwadrat; db) Derajat Bebas; KT) Kwadrat Tengah.

Lampiran 8. Hasil Analisis Sidik Ragam N Mineral pada Inkubasi Minggu 8

No	SK	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
						1%	5%
1	Perlakuan	12	75443.73	6286.98	179.07**	2.96	2.15
2	Galat	26	912.83	35.11			
3	Total	38	76356.56				

Keterangan: *) Berbeda nyata ($p < 0,05$); **)Sangat Berbeda Nyata ($p < 0,01$), SK) Sumber Keragaman; JK) Jumlah Kwadrat; db) Derajat Bebas; KT) Kwadrat Tengah.

Lampiran 9. Hasil Analisis Sidik Ragam C Organik pada Inkubasi Minggu 1

No	SK	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
						1%	5%
1	Perlakuan	12	0.20	0.02	0.24 ^{tn}	2.96	2.15
2	Galat	26	1.76	0.07			
3	Total	38	1.96				

Keterangan: *) Berbeda nyata ($p < 0,05$); **)Sangat Berbeda Nyata ($p < 0,01$); ^{tn}) Tidak Berbeda Nyata; SK) Sumber Keragaman; JK) Jumlah Kwadrat; db) Derajat Bebas; KT) Kwadrat Tengah.

Lampiran 10. Hasil Analisis Sidik Ragam C Organik pada Inkubasi Minggu 2

No	SK	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
						1%	5%
1	Perlakuan	12	0.40	0.03	1.38 ^{tn}	2.96	2.15
2	Galat	26	0.62	0.02			
3	Total	38	1.02				

Keterangan: *) Berbeda nyata ($p < 0,05$); **)Sangat Berbeda Nyata ($p < 0,01$); ^{tn}) Tidak Berbeda Nyata; SK) Sumber Keragaman; JK) Jumlah Kwadrat; db) Derajat Bebas; KT) Kwadrat Tengah.

Lampiran 11. Hasil Analisis Sidik Ragam C Organik pada Inkubasi Minggu 4

No	SK	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
						1%	5%
1	Perlakuan	12	0.67	0.06	5.27**	2.96	2.15
2	Galat	26	0.28	0.01			
3	Total	38	0.95				

Keterangan: *) Berbeda nyata ($p < 0,05$); **)Sangat Berbeda Nyata ($p < 0,01$); SK) Sumber Keragaman; JK) Jumlah Kwadrat; db) Derajat Bebas; KT) Kwadrat Tengah.

Lampiran 12. Hasil Analisis Sidik Ragam C Organik pada Inkubasi Minggu 6

No	SK	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
						1%	5%
1	Perlakuan	12	0.45	0.04	2.77*	2.96	2.15
2	Galat	26	0.36	0.01			
3	Total	38	0.81				

Keterangan: *) Berbeda nyata ($p < 0,05$); **)Sangat Berbeda Nyata ($p < 0,01$); ^{u)} Tidak Berbeda Nyata; SK) Sumber Keragaman; JK) Jumlah Kwadrat; db) Derajat Bebas; KT) Kwadrat Tengah.

Lampiran 13. Hasil Analisis Sidik Ragam C Organik pada Inkubasi Minggu 8

No	SK	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
						1%	5%
1	Perlakuan	12	0.21	0.02	2.52*	2.96	2.15
2	Galat	26	0.18	0.01			
3	Total	38	0.39				

Keterangan: *) Berbeda nyata ($p < 0,05$); **)Sangat Berbeda Nyata ($p < 0,01$); ^{u)} Tidak Berbeda Nyata; SK) Sumber Keragaman; JK) Jumlah Kwadrat; db) Derajat Bebas; KT) Kwadrat Tengah.

Lampiran 14. Hasil Analisis Sidik Ragam N Total pada Inkubasi Minggu 1

No	SK	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
						1%	5%
1	Perlakuan	12	0.004	0.0003	25.41**	2.96	2.15
2	Galat	26	0.0003	0.00001			
3	Total	38	0.004				

Keterangan: *) Berbeda nyata ($p < 0,05$); **)Sangat Berbeda Nyata ($p < 0,01$); ^{u)} Tidak Berbeda Nyata; SK) Sumber Keragaman; JK) Jumlah Kwadrat; db) Derajat Bebas; KT) Kwadrat Tengah.

Lampiran 15. Hasil Analisis Sidik Ragam N Total pada Inkubasi Minggu 2

No	SK	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
						1%	5%
1	Perlakuan	12	0.0002	0.00001	2.44*	2.96	2.15
2	Galat	26	0.0001	0.00001			
3	Total	38	0.0003				

Keterangan: *) Berbeda nyata ($p < 0,05$); **)Sangat Berbeda Nyata ($p < 0,01$); ^{tn}) Tidak Berbeda Nyata; SK) Sumber Keragaman; JK) Jumlah Kwadrat; db) Derajat Bebas; KT) Kwadrat Tengah.

Lampiran 16. Hasil Analisis Sidik Ragam N Total pada Inkubasi Minggu 4

No	SK	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
						1%	5%
1	Perlakuan	12	0.0005	0.00004	4.05**	2.96	2.15
2	Galat	26	0.0003	0.00001			
3	Total	38	0.0007				

Keterangan: *) Berbeda nyata ($p < 0,05$); **)Sangat Berbeda Nyata ($p < 0,01$); SK) Sumber Keragaman; JK) Jumlah Kwadrat; db) Derajat Bebas; KT) Kwadrat Tengah.

Lampiran 17. Hasil Analisis Sidik Ragam N Total pada Inkubasi Minggu 6

No	SK	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
						1%	5%
1	Perlakuan	12	0.0008	0.00007	3.94**	2.96	2.15
2	Galat	26	0.0004	0.00002			
3	Total	38	0.0012				

Keterangan: *) Berbeda nyata ($p < 0,05$); **)Sangat Berbeda Nyata ($p < 0,01$); SK) Sumber Keragaman; JK) Jumlah Kwadrat; db) Derajat Bebas; KT) Kwadrat Tengah.

Lampiran 18. Hasil Analisis Sidik Ragam N Total pada Inkubasi Minggu 8

No	SK	db	JK	KT	F Hit	F tabel	
						1%	5%
1	Perlakuan	12	0.0005	0.00005	3.44	2.96	2.15
2	Galat	26	0.0003	0.00001			
3	Total	38	0.0009				

Keterangan: *) Berbeda nyata ($p < 0,05$); **)Sangat Berbeda Nyata ($p < 0,01$); ^{tn}) Tidak Berbeda Nyata; SK) Sumber Keragaman; JK) Jumlah Kwadrat; db) Derajat Bebas; KT) Kwadrat Tengah.



Lampiran 19. Hasil Analisis Duncan N Mineral

Perlakuan	Pengamatan Inkubasi				
	M1	M2	M4	M6	M8
Kontrol	34.18a	39.58a	50.38a	61.17a	71.97a
BO 1.1	57.57c	59.37d	62.97bc	199.71bc	241.09e
BO 1.2	34.18a	44.98a	64.77c	91.76e	206.90b
BO 2.1	43.18b	57.57d	70.17c	106.15b	242.89e
BO 2.2	55.77c	57.57d	70.17cd	201.51c	214.10c
Bi 1 BO 1.1	39.58a	41.38a	61.17b	205.10e	223.10d
Bi 1 BO 1.2	57.57c	61.17d	73.77d	215.90e	248.28ef
Bi 1 BO 2.1	37.78a	50.38bc	55.77ab	221.30f	206.90bc
Bi 1 BO 2.2	50.38c	39.58a	71.97d	205.10g	255.48f
Bi 2 BO 1.1	39.58ab	44.98ab	61.17b	142.13ef	226.69d
Bi 2 BO 1.2	55.77c	55.77c	66.57d	212.30d	205.10b
Bi 2 BO 2.1	53.97c	57.57d	91.76e	197.91f	215.90cd
Bi 2 BO 2.2	55.77c	55.77cd	93.56e	199.71e	203.31b

Keterangan : Angka pada huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 5%; Angka pada huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada taraf 5%.

Lampiran 20. Hasil Analisis Duncan C Organik

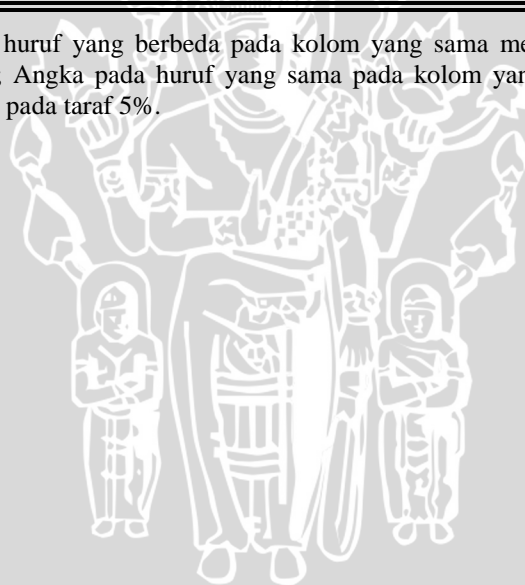
Perlakuan	Pengamatan Inkubasi				
	M1	M2	M4	M6	M8
Kontrol	2,42a	2,33a	1,67a	1,78a	1,59a
BO 1.1	2.69a	2.62b	1.91b	2.02b	1.62a
BO 1.2	2.56a	2.65b	1.96b	1.93ab	1.76b
BO 2.1	2.62a	2.69b	1.87b	2.16b	1.82b
BO 2.2	2.58a	2.65b	1.89b	1.84a	1.69a
Bi 1 BO 1.1	2.62a	2.65b	2.00c	2.02b	1.71a
Bi 1 BO 1.2	2.53a	2.56ab	1.78a	2.04b	1.69a
Bi 1 BO 2.1	2.58a	2.71b	1.80ab	2.02b	1.76a
Bi 1 BO 2.2	2.38a	2.60b	1.69a	1.89a	1.80b
Bi 2 BO 1.1	2.56a	2.69b	2.09c	1.91a	1.76b
Bi 2 BO 1.2	2.58a	2.53a	2.09c	2.16b	1.87b
Bi 2 BO 2.1	2.38a	2.47a	1.96bc	2.02b	1.71ab
Bi 2 BO 2.2	2.62a	2.65b	1.78a	1.84a	1.69a

Keterangan : Angka pada huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 5%; Angka pada huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada taraf 5%.

Lampiran 21. Hasil Analisis Duncan N Total

Perlakuan	Pengamatan Inkubasi				
	M1	M2	M4	M6	M8
Kontrol	0.140a	0.170a	0.167a	0.167a	0.167a
BO 1.1	0.170b	0.171a	0.176c	0.175b	0.178b
BO 1.2	0.178b	0.176b	0.179c	0.177b	0.176b
BO 2.1	0.173b	0.176b	0.170ab	0.174a	0.174b
BO 2.2	0.178b	0.176b	0.173b	0.178b	0.178b
Bi 1 BO 1.1	0.176b	0.175b	0.175bc	0.179b	0.178b
Bi 1 BO 1.2	0.173b	0.176b	0.168a	0.180b	0.179b
Bi 1 BO 2.1	0.176b	0.178b	0.174b	0.184c	0.179b
Bi 1 BO 2.2	0.176bc	0.174b	0.178c	0.182c	0.180b
Bi 2 BO 1.1	0.173b	0.176b	0.176c	0.170a	0.178b
Bi 2 BO 1.2	0.173b	0.174ab	0.174b	0.174ab	0.176b
Bi 2 BO 2.1	0.175b	0.177b	0.173b	0.178b	0.178b
Bi 2 BO 2.2	0.177b	0.178b	0.169a	0.180bc	0.178b

Keterangan : Angka pada huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 5%; Angka pada huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada taraf 5%.



Lampiran 22. Perhitungan Kadar Air

Kadar Air Kapasitas Lapang (KAKL)

Berat Basa (BB) = 153,68 g

Berat Oven (BO) = 104,69 g

KAKL = BB – BO

$$= 153,68 \text{ g} - 104,69 \text{ g}$$

$$= 46,79 \text{ g}$$

Berat Kering Udara (BKU) = 26,18 g

Berat Kering Oven (BKO) = 22,87 g

$$\text{KAKU} = \frac{\text{BKU} - \text{BKO}}{\text{BKO}} \times 100\%$$

$$= \frac{26,18 - 22,87}{22,87} \times 100\%$$

$$= \frac{3,31}{22,87} \times 100\%$$

$$= 0,1447 \%$$

$$= 14,47 \%$$

$$\text{fKA} = \frac{\% \text{KA} - 100}{100}$$

$$= \frac{14,47 - 100}{100}$$

$$= \frac{114,47}{100}$$

$$= 1,1447 \%$$

Kebutuhan Air per 100 g

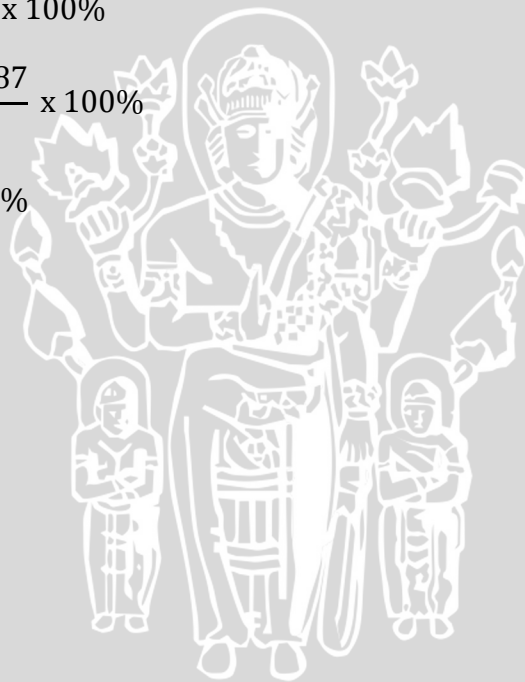
KA = (KAKL x KA) x 100 g

$$= (0,4679 \times 0,1147) \times 100 \text{ g}$$

$$= 0,3232 \times 100 \text{ g}$$

$$= 32,32 \text{ g}$$

$$= 32 \text{ ml}$$



Lampiran 23. Perhitungan Dosis Perlakuan

Bahan organik yang diberikan per 100 g tanah

Kedalaman tanah = 20 cm

Volume tanah 1 ha = Luas x kedalaman tanah

$$= 10.000 \text{ m}^2 \times 20 \text{ cm}$$

BI = 1,2 g cm⁻³

1 HLO = Volume tanah x BI

$$= 10.000 \text{ m}^2 \times 20 \text{ cm} \times 1,2 \text{ g cm}^{-3}$$

$$= 10^4 \times 10^4 \text{ cm}^2 \times 20 \text{ cm} \times 1,2 \text{ g cm}^{-3}$$

$$= 20 \times 10^8 \text{ cm}^3 \times 1,2 \text{ g cm}^{-3}$$

$$= 2 \times 10^9 \text{ cm}^3 \times 1,2 \text{ g cm}^{-3}$$

$$= 2 \times 10^9 \text{ g} \times 1,2 \text{ g}$$

$$= 2,4 \times 10^9 \text{ g}$$

Dosis 10 ton ha⁻¹ biochar dan bahan organik dalam 100 g tanah

$$\text{Dosis 100\% biochar} = \frac{100 \text{ g}}{2,4 \times 10^6 \text{ kg ha}^{-1}} \times 10^4 \text{ kg ha}^{-1}$$

$$= \frac{100 \text{ g}}{2,4 \times 100}$$

$$= \frac{100 \times 10^3 \text{ mg}}{2,4 \times 100}$$

$$= 416 \text{ mg}$$

$$= 0,4 \text{ g}$$

$$\text{Dosis 50\% biochar} = \frac{100 \text{ g}}{2,4 \times 10^6 \text{ kg ha}^{-1}} \times 5000 \text{ kg ha}^{-1}$$

$$= \frac{100 \text{ g}}{2,4 \times 10^3} \times 5$$

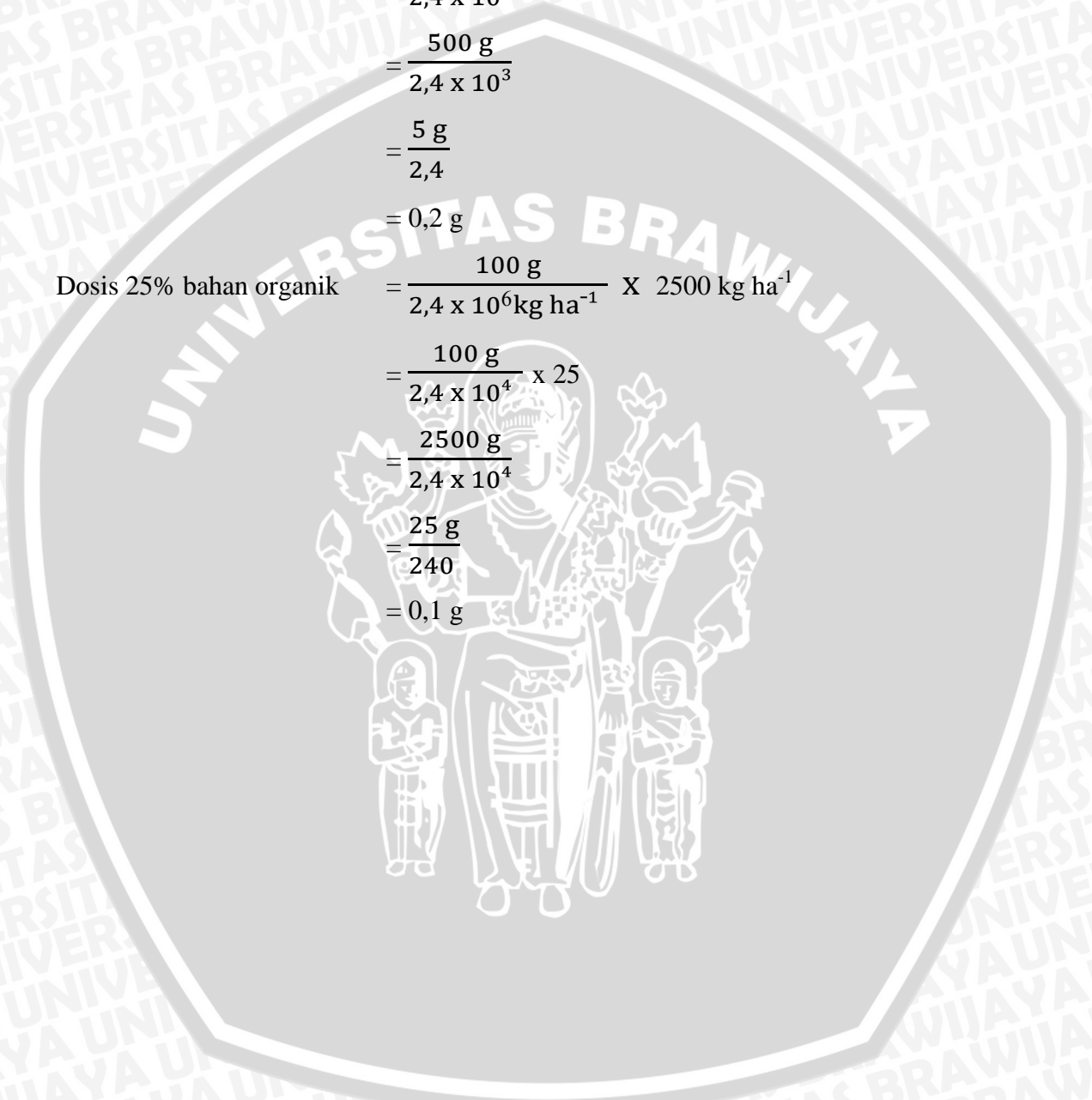
$$= \frac{500 \text{ g}}{2,4 \times 10^3}$$

$$= \frac{5 \text{ g}}{2,4}$$

$$= 0,2 \text{ g}$$

$$\begin{aligned}\text{Dosis 50\% bahan organik} &= \frac{100 \text{ g}}{2,4 \times 10^6 \text{ kg ha}^{-1}} \times 5000 \text{ kg ha}^{-1} \\ &= \frac{100 \text{ g}}{2,4 \times 10^3} \times 5 \\ &= \frac{500 \text{ g}}{2,4 \times 10^3} \\ &= \frac{5 \text{ g}}{2,4}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Dosis 25\% bahan organik} &= \frac{100 \text{ g}}{2,4 \times 10^6 \text{ kg ha}^{-1}} \times 2500 \text{ kg ha}^{-1} \\ &= \frac{100 \text{ g}}{2,4 \times 10^4} \times 25 \\ &= \frac{2500 \text{ g}}{2,4 \times 10^4} \\ &= \frac{25 \text{ g}}{240} \\ &= 0,1 \text{ g}\end{aligned}$$



Lampiran 24. Media Inkubasi yang digunakan dalam pengamatan selama 8 minggu

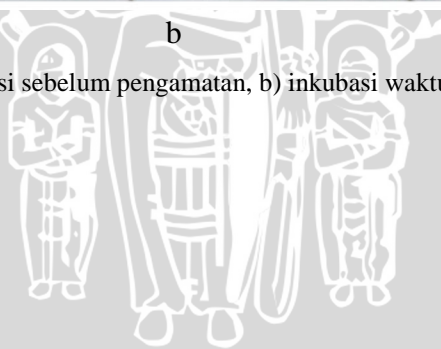


a



b

Keterangan : a) inkubasi sebelum pengamatan, b) inkubasi waktu pengamatan.



Lampiran 25. Gambar tanaman yang digunakan dalam Perlakuan (Biochar, Pahitan dan Lamtoro).



a



b



c

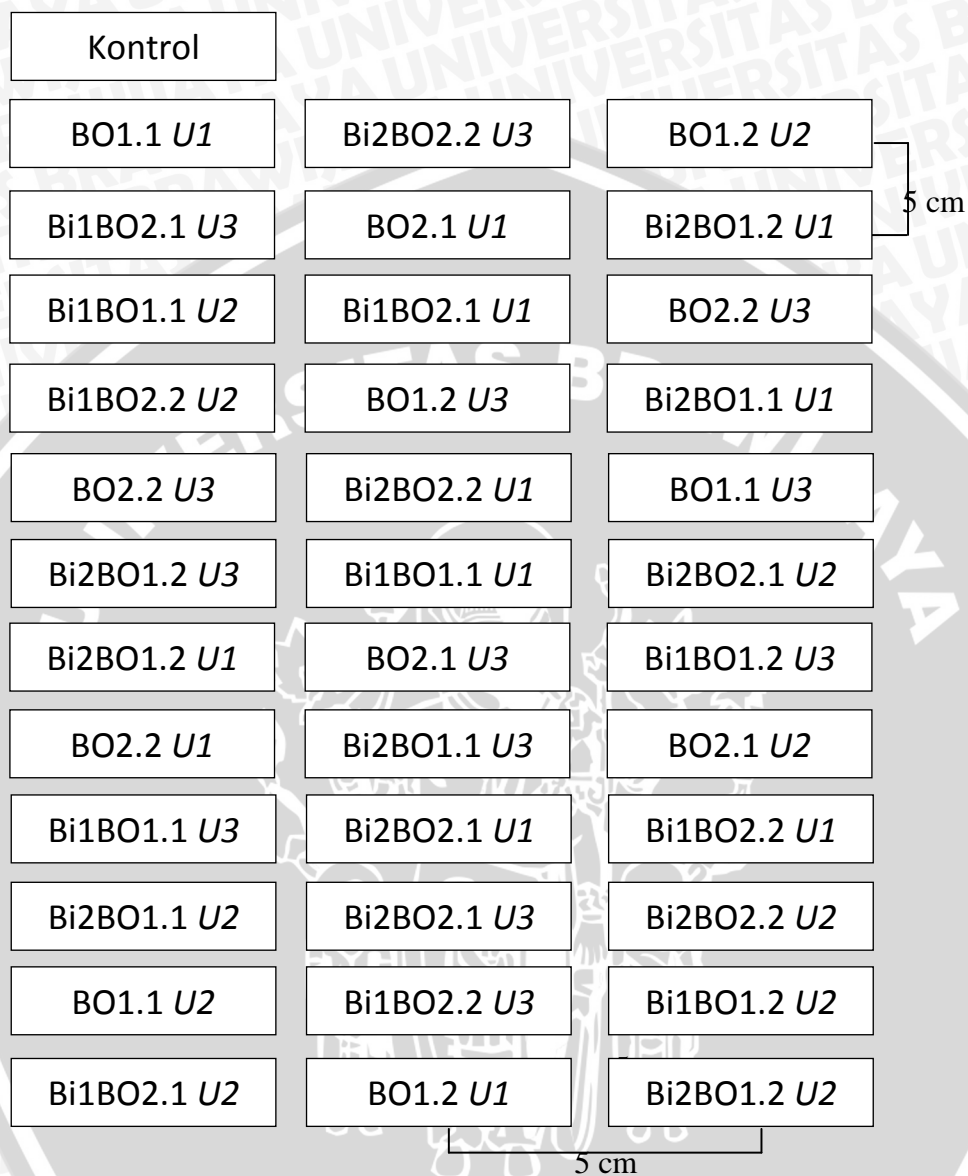
Keterangan: a) tanaman melinjo, b) tanaman pahitan, c) tanaman lamtoro.

Lampiran 26. Proses Pembuatan Biochar





Lampiran 27. Denah awal plot percobaan untuk media inkubasi



*Keterangan: Bi1 = Biochar (dosis 0,2 g/100 g); Bi2 = Biochar (dosis 0,4 g/100 g); BO1.1 = paitan (dosis 0,1 g/100 g); BO1.2 = paitan (dosis 0,2 g/100 g); BO2.1 = lamtoro (dosis 0,1 g/100 g); BO2.2 = lamtoro (dosis 0,2 g/100 g); U1, U2, U3 (Ulangan).