

**PENGARUH PEMBERIAN BIOCHAR DAN KOMPOS TERHADAP
SIFAT KIMIA, BIOLOGI DAN EMISI GAS KARBONDIOKSIDA PADA
TANAH SAWAH**

Oleh

**FRITA AGNESIA
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**



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

**PENGARUH PEMBERIAN BIOCHAR DAN KOMPOS TERHADAP
SIFAT KIMIA, BIOLOGI DAN EMISI GAS KARBONDIOKSIDA PADA
TANAH SAWAH**

Oleh
FRITA AGNESIA
0810483061

**MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**

SKRIPSI

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

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

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : **Pengaruh Pemberian Biochar dan Kompos terhadap Sifat Kimia, Biologi dan Emisi Gas Karbondioksida pada Tanah Sawah**

Nama Mahasiswa : Frita Agnesia

NIM : 0810483061

Jurusan : Tanah

Program Studi : Agroekoteknologi

Minat : Manajemen Sumberdaya Lahan

Menyetujui : Dosen Pembimbing

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Prof. Ir. Eko Handayanto, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19520305 197903 1 004

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

Mengetahui,
Ketua Jurusan Tanah

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

Tanggal Persetujuan:

LEMBAR PENGESAHAN

**Mengesahkan
MAJELIS PENGUJI**

Penguji Pertama

Penguji Kedua

Dr. Ir. Sugeng Prijono, SU.
NIP.19580214198503 1 003

Prof. Ir. Eko Handayanto, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19520305 197903 1 004

Penguji Ketiga

Penguji Keempat

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

Lenny Sri Nopriani, SP. MP.
NIP.19741103 200312 2 001

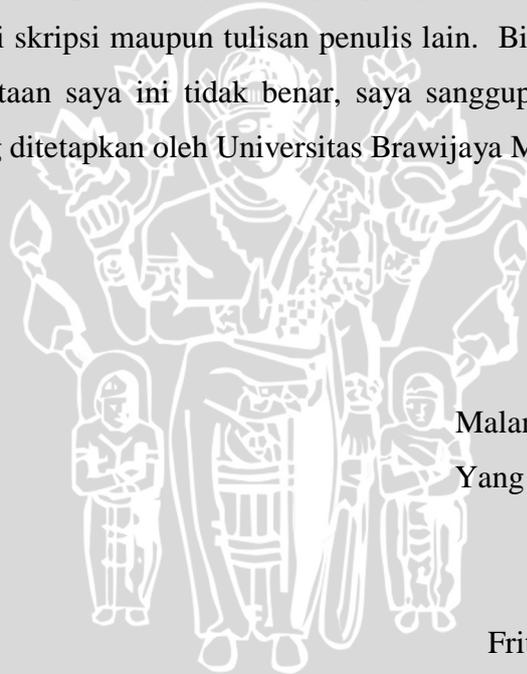
Tanggal Lulus:

LEMBAR PERNYATAAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Frita Agnesia
NIM : 0810483061
Jurusan / Program Studi : Tanah / Agroekoteknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Pengaruh Pemberian Biochar dan Kompos terhadap Sifat Kimia, Biologi dan Emisi Gas Karbondioksida pada Tanah Sawah”** merupakan karya tulis yang saya buat sendiri, dan bukan merupakan bagian dari skripsi maupun tulisan penulis lain. Bilamana ternyata di kemudian hari pernyataan saya ini tidak benar, saya sanggup menerima sanksi akademik apapun yang ditetapkan oleh Universitas Brawijaya Malang.



Malang, Juni 2014

Yang menyatakan,

Frita Agnesia

RINGKASAN

Frita Agnesia. 0810483061. **Pengaruh Pemberian Biochar dan Kompos terhadap Sifat Kimia, Biologi dan Emisi Gas Karbondioksida pada Tanah Sawah.** Dibawah bimbingan Eko Handayanto dan Yulia Nuraini.

Lahan sawah tergenang merupakan sumber beberapa gas rumah kaca seperti; CO₂, CH₄, N₂ dan NO yang merupakan salah satu penyebab pemanasan global. Tanaman padi memegang peranan penting dalam emisi gas CO₂ dari lahan sawah. Diduga CO₂ yang dilepas dari lahan sawah ke atmosfer dipancarkan melalui tanaman, dan sisanya melalui gelembung air. Penggenangan pada lahan sawah menyebabkan pH tanah mendekati netral, sehingga dekomposisi bahan organik dapat berlangsung dan menyebabkan terbentuknya gas CO₂. Penggunaan pupuk anorganik (urea) secara intensif untuk merangsang kenaikan produksi padi, berperan besar juga terhadap kenaikan emisi CO₂ dari lahan sawah. Penambahan bahan organik pada tanah dapat membantu mengurangi emisi CO₂. Penambahan biochar juga dapat mengurangi emisi CO₂ dari udara, dapat menambah kelembaban dan kesuburan tanah pertanian serta bisa bertahan ribuan tahun di dalam tanah. Penambahan kompos selain dapat mengurangi emisi CO₂ juga dapat membantu meningkatkan kandungan unsur hara dalam tanah.

Penelitian ini bertujuan antara lain 1). Mengetahui pengaruh pemberian biochar dan kompos terhadap sifat kimia tanah. 2). Mengetahui pengaruh pemberian biochar dan kompos terhadap penurunan emisi CO₂ pada hasil inkubasi tanah sawah. Hipotesis yang diajukan adalah 1). Adanya pengaruh penambahan biochar dan kompos pada sifat kimia tanah di tanah sawah. 2). Terdapat perbedaan antara penambahan biochar dan kompos pada penurunan emisi CO₂ pada hasil inkubasi tanah sawah.

Penelitian dilaksanakan dalam rumah kaca Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Ada 8 perlakuan (1 kontrol dan 7 kombinasi dosis biochar dan kompos), disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan 3 kali ulangan. Perlakuan P0 (kontrol); P1 (Tanah + Biochar 4 t/ha); P2 (Tanah + Biochar 8 t/ha), P3 (Tanah + Biochar 12 t/ha); P4 (Tanah + Kompos 10 t/ha); P5 (Tanah + Biochar 4 t/ha + Kompos 10 t/ha); P6 (Tanah + Biochar 8 t/ha + Kompos 10 t/ha); P7 (Tanah + Biochar 12 t/ha + Kompos 10 t/ha). Parameter pengamatan meliputi pH, C-Organik, N-total dan K-total, total kerapatan mikroba dan respirasi tanah. Pengamatan dilakukan pada 1, 2, 4, 6 dan 8 minggu setelah inkubasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa 8 minggu setelah inkubasi 1). Pemberian biochar, kompos maupun kombinasinya dapat memperbaiki sifat kimia tanah. Peningkatan unsur hara antara lain peningkatan C-Organik sebesar 0.68% - 2.22%, N-Total sebesar 0.19% - 0.34% dan K-Total sebesar 1.12% - 4.14%. Pemberian kombinasi biochar dan kompos dengan dosis tertinggi yaitu biochar 12 t/ha dan kompos 10 t/ha memberikan pengaruh peningkatan tertinggi terhadap N-total (0.34%), C-Organik (2.22%), dan K-total (4.14%). Selama waktu penelitian menghasilkan rata-rata nilai pH tanah yaitu 6.98 - 7.03. 2). Pemberian biochar, kompos maupun kombinasinya meningkatkan total kerapatan mikroba sebesar $10.6 \cdot 10^7$ CFU/ml - $264.3 \cdot 10^7$ CFU/ml. Total kerapatan mikroba tertinggi

pada perlakuan biochar 12 t/ha dan kompos 10 t/ha ($264.3 \cdot 10^7$ CFU/ml). Respirasi tanah selama penelitian menghasilkan 4.56 mg CO₂/minggu - 10.65 mg CO₂/minggu. Jumlah respirasi tanah tertinggi terdapat pada perlakuan biochar 12 t/ha dan kompos 10 t/ha (10.65 mg CO₂/minggu).



SUMMARY

Frita Agnesia. 0810483061. **Effects of Biochar and Compost Application on Chemical, Biological and Reduce Emission of Carbondioxide of Paddy Field.**
Advisory Committee: Eko Handayanto and Yulia Nuraini.

Flooded paddy fields are a source of greenhouse gases such as CO₂, CH₄, N₂ and NO, which is one cause of global warming. Rice plants play an important role in CO₂ emissions from paddy fields. Allegedly CO₂ released into the atmosphere from paddy fields emitted through the plant, and the rest through the water bubble. Causing inundation in wetland soil pH near neutral, so that the decomposition of organic matter can take place and lead to the formation of CO₂. The use of inorganic fertilizer (urea) intensively to stimulate the increase in rice production, also contributes greatly to the increase of CO₂ emissions from paddy fields. The addition of organic matter to the soil can help reduce CO₂ emissions. The addition of biochar can also reduce emissions of CO₂ from the air, can add moisture and fertility of agricultural land and can survive in the soil for thousands of years. The addition of organic matter in addition to reducing CO₂ emissions can also help improve the nutrient content in the soil.

The aim of this study include 1). Determine the effect of biochar and compost on soil chemical properties. 2). Determine the effect of biochar and compost to the reduction of CO₂ emissions in paddy soil incubation results . The hypothesis is 1). The effect of the addition of biochar and compost on soil chemical properties in paddy soil. 2). There are differences between the addition of biochar and compost on the reduction of CO₂ emissions in paddy soil incubation results.

The experiment was conducted in the greenhouse of the Faculty of Agriculture, Brawijaya University, Malang. There were 8 treatment (1 control and 7 dose combination of biochar and compost), arranged in a completely randomized design (RAL) with 3 replications. P0 treatment (control); P1 (Soil + Biochar 4 t/ha); P2 (Soil + Biochar 8 t/ha); P3 (Soil + Biochar 12 t/ha); P4 (Soil + Compost 10 t/ha); P5 (Soil + Biochar 4 t/ha + Compost 10 t/ha); P6 (Soil + Biochar 8 t/ha + Compost 10 t/ha); P7 (Soil + Biochar 12 t/ha + Compost 10 t/ha). Observation parameters include pH, C-Organic, N-Total, K-Total, total microbial density and soil respiration. Observations were made at 1, 2, 4, 6 and 8 weeks after incubation.

The results showed that 8 weeks after incubation 1). Giving biochar, compost or a combination there of can fix soil chemical properties. Increased nutrients among others an increase in C-Organic at 0.68% - 2.22%, N-Total of 0.19% - 0.34% and K-total of 1.12% - 4.14%. Giving a combination of biochar and compost with the highest dose of biochar 12 t/ha of compost and 10 t/ha gave the highest increase in the influence of the N-total (12.34%), C-Organic (2.22%), and K-total (4.14%). During the study period resulted in average soil pH value is 6.98 – 7.03. 2). Giving biochar, compost or a combination there of to increase the total microbial density of 10.6 10⁷ CFU/ml - 264.3 10⁷ CFU/ml. The highest total microbial density on biochar treatment 12 t/ha of compost and 10 t/ha (264.3

10^7 CFU/ml). Soil respiration during the study resulted in 4.56 mg CO₂/week - 10.65 mg CO₂/week. Total soil respiration was highest in the treatment of biochar 12 t/ha of compost and 10 t/ha (10.65 mg CO₂/week).



KATA PENGANTAR

Penulis panjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *“Pengaruh Pemberian Biochar dan Kompos terhadap Sifat Kimia, Biologi dan Emisi Gas Karbondioksida pada Tanah Sawah”*. Skripsi ini merupakan salah satu tugas akhir yang diajukan untuk memenuhi syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Pertanian pada Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya Skripsi ini tak lepas dari campur tangan berbagai pihak. Untuk itulah penulis ingin berterima kasih sebesar-besarnya dan memberikan penghargaan setinggi-tingginya kepada pihak-pihak terkait :

1. Bapak **Prof. Ir. Eko Handayanto, M.Sc. P.hD.**, dan Ibu **Dr. Ir. Yulia Nuraini, MS.**, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan dukungan, arahan dan bimbingannya selama penyusunan dan penulisan Skripsi.
2. Kepada segenap tim penguji yang menguji adrenalin, penulis ucapkan terima kasih yang luar biasa. Teruntuk Bapak **Dr. Ir. Sugeng Prijono, SU.**, dan Ibu **Lenny Sri Nopriani, SP. MP.**, terima kasih atas segala saran, kritikan dan koreksinya sebagai tim penguji dalam penyempurnaan penulisan Skripsi ini.
3. I just had The GREATEST TEAM *Emisi Karbon*: Maharani Subandriya, **Bramdita** Febriansyah, **GINANJAR** Ika S, Satya Purba **Wasesa**, **Deki** Budi R, **Nugroho** Hari P, M. Ali El **Mujahidin**, M. **Firstsyah** S. Atstsauri, **Chandra** Andri, **Firda** Puji U, **Ayu** Rahayu, dan **Tino** Prasetya terimakasih banyak atas bantuan kalian.
4. Our single mother, ibu **Ninik** Puspitaningtyas. Thank you for taking on both roles in my life don't know where I would be without you, I love you.
5. Hey our superman, bapak **Sigit** Winarno! Everything I'm doing is for you, I hope you're proud of me. We love you.

6. My family is awesome! Big thanks to **Edwin** Pradikta, **Edwi** Pradikta, **Ismi** A. Pranasari, **Kakung-Uti** dan seluruh **Keluarga Besar Soegito** yang telah memberikan dukungan material maupun moral dalam penyusunan tugas akhir ini, terimakasih atas seluruh doa dan dukungan.
7. Unlimited Friend (teman curhat, teman hedon, teman kuliner, teman nongkrong, teman galau) **Shabrina** Nafresia “Kakaaaaak~ I’m back, mari berhedonista (lagi)”.
8. Lovable **Hafidz** Yudha Trinata. Thanks for being my best partner, lover and best friend. You’ll always be my favourite one!
9. Moodbooster andalan **Candra** Sagita dan **Rizki** Wahyu P, thanks for always understanding and being there for me. Happy!
10. Shoutout to my gorgeous best friend ‘geng mehong’ **Dini** Kharisma, **Riza** Midyaningrum and **Shabrina** Nafresia. So blessed to have them in my life, I don’t know what I’d do without you guys. Thanks for being great best friends, love yall.
11. **Soiler 2008, SLR48!** Ayyu, Nita, Akma, Sabwe, Citra K, Citra D, Eiren, Firda, Rani, Nina, Miranti, Nova, Yeni, Tito, Nurike, Weny, Reza, Adit, Aji, Ali , Andik, Andre, Avian, Bram, Candra, Deki, Ichang, Daus, Dimas, Ari, Galang, Anjar, Yosi, Tino, Syamsul, Wases, Ryan, Anwar, Rey, Inugh, Arief, Didin, Maulana, Tohar, Fyan, Indra dan Himawan. Terimakasih telah memberikan arti kebersamaan yang luar biasa dalam sedetik kehidupan. Terimakasih masih ada yang mau mengakui saya sebagai anggota SLR48.
12. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang turut membantu dalam penyusunan laporan skripsi ini.

Dalam segala kekurangan dan keterbatasan, penulis berharap tulisan ini memberikan manfaat.

Malang, Juni 2014

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tulungagung, pada tanggal 03 Agustus 1990 dan merupakan putri ketiga dari tiga bersaudara dengan seorang ayah yang bernama Sigit Winarno dan seorang ibu bernama Ninik Puspitaningtyas.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 2 Kampungdalem Tulungagung 1996-2002, kemudian melanjutkan ke SMPN 3 Tulungagung pada tahun 2002–2005. Pada tahun 2005–2008 penulis melanjutkan pendidikan jenjang menengah di SMAN 1 Kedungwaru Tulungagung dan tercatat sebagai mahasiswa Universitas Brawijaya, Malang pada tahun 2008 di P.S Agroekoteknologi melalui jalur SPMK. Pada tahun 2010 penulis tercatat sebagai mahasiswa minat Manajemen Sumber Daya Lahan, Jurusan Tanah Universitas Brawijaya Malang.



DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	iii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	3
1.3. Hipotesis	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Kerangka Pikir Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Emisi CO ₂ di Tanah Sawah.....	5
2.1.1. Gas Karbondioksida (CO ₂).....	5
2.1.2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Emisi Karbondioksida (CO ₂).....	6
2.2. Karakteristik Tanah Sawah.....	7
2.3. Faktor yang Mempengaruhi Terjadinya Emisi CO ₂ di Tanah Sawah.....	8
2.4. Biochar.....	9
2.4.1. Pengertian Biochar.....	9
2.4.2. Manfaat Biochar.....	10
2.4.3. Pembuatan Biochar.....	11
2.4.4. Biochar Sekam Padi.....	12
2.5. Kompos.....	14
2.5.1. Pengertian Kompos.....	14
2.5.2. Sifat dan Karakterisasi Kompos.....	14
III. METODE PENELITIAN	17
3.1. Waktu dan Tempat.....	17
3.2. Alat dan Bahan.....	17
3.3. Pelaksanaan Penelitian.....	17
3.3.1. Pengambilan Contoh Tanah.....	17
3.3.2. Pembuatan Biochar.....	17
3.3.4. Inkubasi.....	18
3.3.5. Parameter Pengamatan.....	19
3.4. Analisis Statistik.....	19
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1. Pengaruh Pemberian Biochar dan Kompos terhadap Sifat Kimia dalam Tanah.....	22
4.1.1. C-Organik.....	22
4.1.2. N-Total.....	23
4.1.3. pH Tanah.....	24
4.1.4. K-Total.....	25
4.2. Pengaruh Pemberian Kompos dan Biochar terhadap Kerapatan Mikrobial dan Respirasi pada Tanah Sawah.....	27
4.2.1. Total Kerapatan Mikroba Tanah.....	27

4.2.2. Emisi Karbondioksida (CO ₂)	28
4.3 Hubungan Emisi Karbondioksida dengan Parameter Pengamatan.....	30
V. KESIMPULAN DAN SARAN	32
5.1. Kesimpulan	32
5.2. Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN.....	36



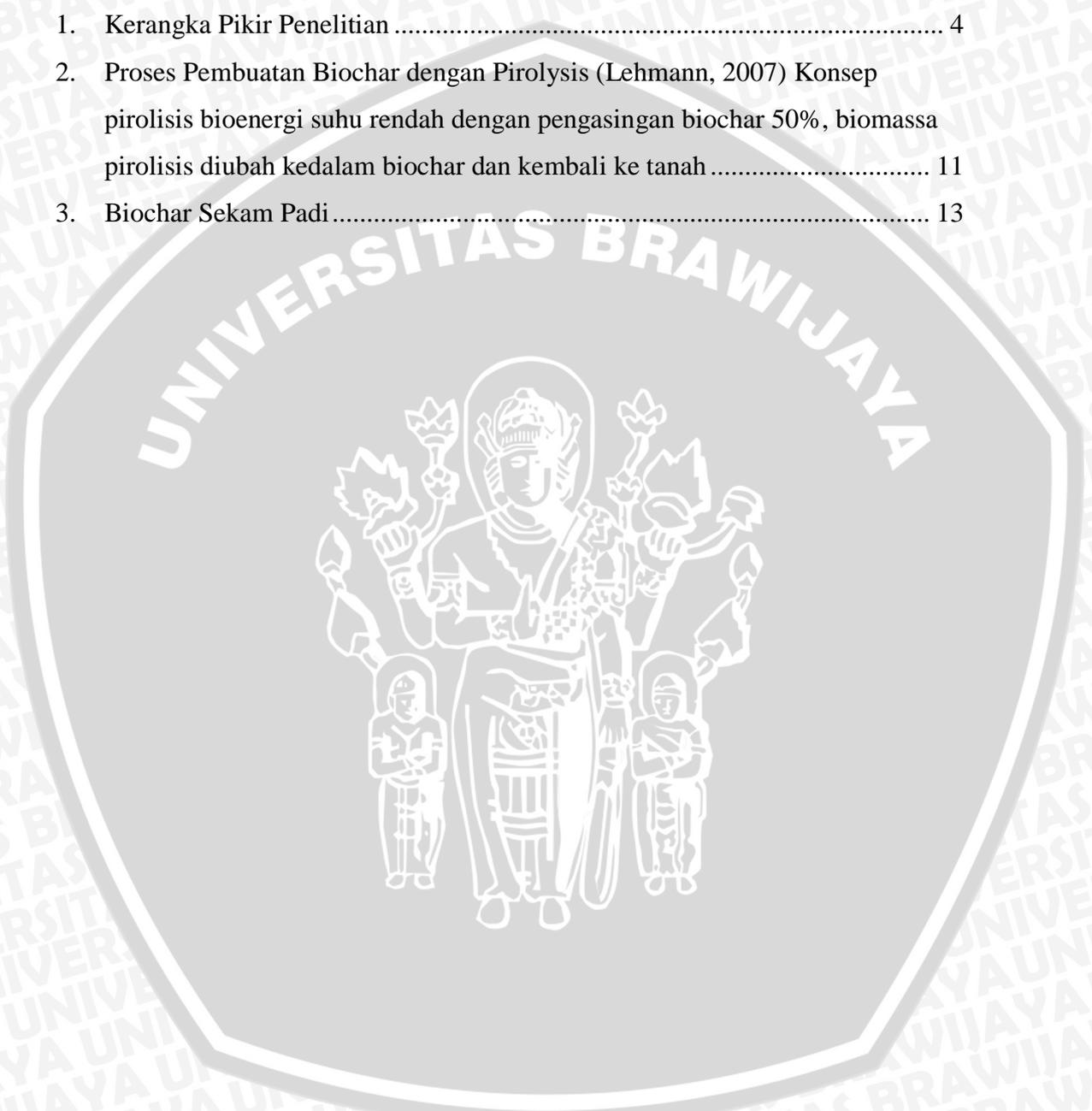
DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kandungan Unsur Hara Biochar Sekam Padi	13
2.	Macam Analisis Dasar Tanah, Biochar dan Kompos	18
3.	Perlakuan Percobaan	19
4.	Parameter Pengamatan dan Metode yang Digunakan serta Waktu Pengamatan	19
5.	Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar C-Organik Tanah pada Berbagai Waktu Inkubasi.	22
6.	Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar N-total Tanah pada Berbagai Waktu Inkubasi.	24
7.	Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar pH (H ₂ O) Tanah pada Berbagai Waktu Inkubasi.....	25
8.	Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar K-Total Tanah pada Berbagai Waktu Inkubasi.	26
9.	Hasil Rata - Rata Perlakuan Terhadap Total Kerapatan Mikroba dalam Tanah pada Berbagai Waktu Inkubasi.....	27
10.	Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar Respirasi dalam Tanah pada Berbagai Waktu Inkubasi.....	29
11.	Korelasi Antar Parameter Pengamatan.	30



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kerangka Pikir Penelitian	4
2.	Proses Pembuatan Biochar dengan Pirolisis (Lehmann, 2007) Konsep pirolisis bioenergi suhu rendah dengan pengasingan biochar 50%, biomassa pirolisis diubah kedalam biochar dan kembali ke tanah	11
3.	Biochar Sekam Padi	13



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Cara Pengamatan Respirasi Tanah.....	36
2.	Metode Menghitung Agar-Cawan untuk Menghitung Jumlah Total Kerapatan Mikroba Tanah.....	38
3.	Kebutuhan Biochar dan Kompos Tiap Pot	41
4.	Hasil Analisis Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar N-total Tanah pada 1, 2, 4, 6 dan 8 MSI	42
5.	Hasil Analisis Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar K-total Tanah pada 1, 2, 4, 6 dan 8 MSI	42
6.	Hasil Analisis Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar C-organik Tanah pada 1, 2, 4, 6 dan 8 MSI	43
7.	Hasil Analisis Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar pH (H ₂ O) Tanah pada 1, 2, 4, 6 dan 8 MSI	43
8.	Hasil Analisis Ragam dan Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar Respirasi dalam Tanah pada 1, 2, 4, 6 dan 8 MSI	44
9.	Hasil Analisis Ragam dan Pengaruh Perlakuan Terhadap Total Kerapatan Mikroba dalam Tanah pada 1, 2, 4, 6 dan 8 MSI.....	44
10.	Perlakuan Inkubasi dan Denah Percobaan.....	45



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Fenomena Pemanasan Global (*global warming*) yang terjadi belakangan ini menurut beberapa ahli tidak lagi bisa dianggap remeh, karena dampak yang ditimbulkan oleh fenomena ini sudah semakin serius dalam kehidupan manusia. Hal ini terjadi akibat peningkatan konsentrasi gas-gas pembentuk efek rumah kaca dilapisan atmosfer, dimana gas-gas pembentuk efek rumah kaca tersebut antara lain karbondioksida (CO_2), dinitrogen oksida (N_2O), metan (CH_4), nitrogen oksida (NO), sulfur hexaflorida (SF_6), chlore flour carbon (CFC), dan hydro flour carbon (HFC) (Setyanto, 2004).

Menurut Setyanto (2004), tanaman padi memegang peranan penting dalam emisi gas CO_2 dari lahan sawah. Diduga CO_2 yang dilepas dari lahan sawah ke atmosfer dipancarkan melalui tanaman, dan sisanya melalui gelembung air. Ruang udara pada jaringan aerenkim daun, batang dan akar yang berkembang dengan baik, menyebabkan pertukaran gas pada tanah tergenang berlangsung cepat. Pembuluh tersebut bertindak sebagai cerobong bagi pelepasan CO_2 ke atmosfer. Pola penggenangan terus menerus pada budidaya padi sawah membutuhkan air dalam jumlah yang besar. Selain sebagai suatu pemborosan pemakaian sumber daya air, penggenangan menyebabkan pH tanah mendekati netral, sehingga dekomposisi bahan organik dapat berlangsung dan menyebabkan terbentuknya gas CO_2 (Wihardjaka, 2001). Penggenangan diam di sawah merupakan lingkungan yang cocok untuk pembentukan CO_2 terutama di daerah tropis, karena penggenangan diam akan meningkatkan suhu tanah dan suhu air di lahan sawah.

Penggunaan pupuk anorganik (urea) secara intensif untuk merangsang kenaikan produksi padi, berperan besar juga terhadap kenaikan emisi CO_2 dari lahan sawah. Pupuk urea dengan rumus kimia ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) atau $\text{NH}_2 \text{CO NH}_2$ merupakan pupuk kimia yang mengandung N berkadar tinggi dan zat hara yang sangat diperlukan tanaman (Wihardjaka, 2001). H_2 , CO_2 dan asetat di dalam urea akan digunakan untuk pertumbuhan bakteri metanogenik dan selanjutnya urea

akan mengalami hidrolisis atau penguraian oleh bakteri metanogenik menghasilkan CH_4 dan CO_2 . Pemberian bahan organik tanpa melalui proses lanjutan (kompos) juga meningkatkan produksi CO_2 (Wihardjaka, 2001).

Bahan organik tanah berpengaruh terhadap sifat kimia dan biologi tanah. Fungsi bahan organik di dalam tanah sangat banyak, baik terhadap sifat kimia maupun biologi tanah. Bahan organik berupa kompos merupakan bahan-bahan yang dapat diperbaharui, didaur ulang, dirombak oleh bakteri-bakteri tanah menjadi unsur yang dapat digunakan oleh tanaman tanpa mencemari tanah dan air. Penambahan kompos pada tanah diduga dapat membantu mengurangi emisi CO_2 . Kompos mempunyai kekurangan yaitu tidak dapat bertahan lama di dalam tanah, karena mudah terlarut oleh air yang diberikan pada saat penyiraman.

Karbon hitam (C) atau yang disebut arang-hayati (biochar), merupakan butiran halus substansi arang kayu yang *porous*, bila digunakan sebagai suatu perbaikan lahan dapat mengurangi CO_2 dari udara. Dalam jangka waktu yang panjang biochar tidak mengganggu keseimbangan karbon-nitrogen, tapi bisa menahan dan menjadikan air dan nutrisi lebih tersedia bagi tanaman. Menurut hasil penelitian, diketahui bahwa biochar dapat menambah kelembaban dan kesuburan tanah pertanian serta bisa bertahan ribuan tahun di dalam tanah bila digunakan untuk pengurangan emisi CO_2 (Gani, 2009). Biochar dapat berfungsi sebagai pembenah tanah, meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan memasok sejumlah nutrisi yang berguna serta meningkatkan sifat kimia dan biologi tanah (Steiner, 2008).

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh pemberian biochar dan kompos terhadap penurunan emisi CO_2 pada hasil inkubasi tanah sawah, serta mengetahui pengaruh pemberian biochar dan kompos terhadap sifat kimia tanah. Hal ini disajikan pada Gambar 1.

1.2. Tujuan

Tujuan Penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh pemberian biochar dan kompos terhadap sifat kimia tanah.
2. Mengetahui pengaruh pemberian biochar dan kompos terhadap penurunan emisi CO₂ pada hasil inkubasi tanah sawah.

1.3. Hipotesis

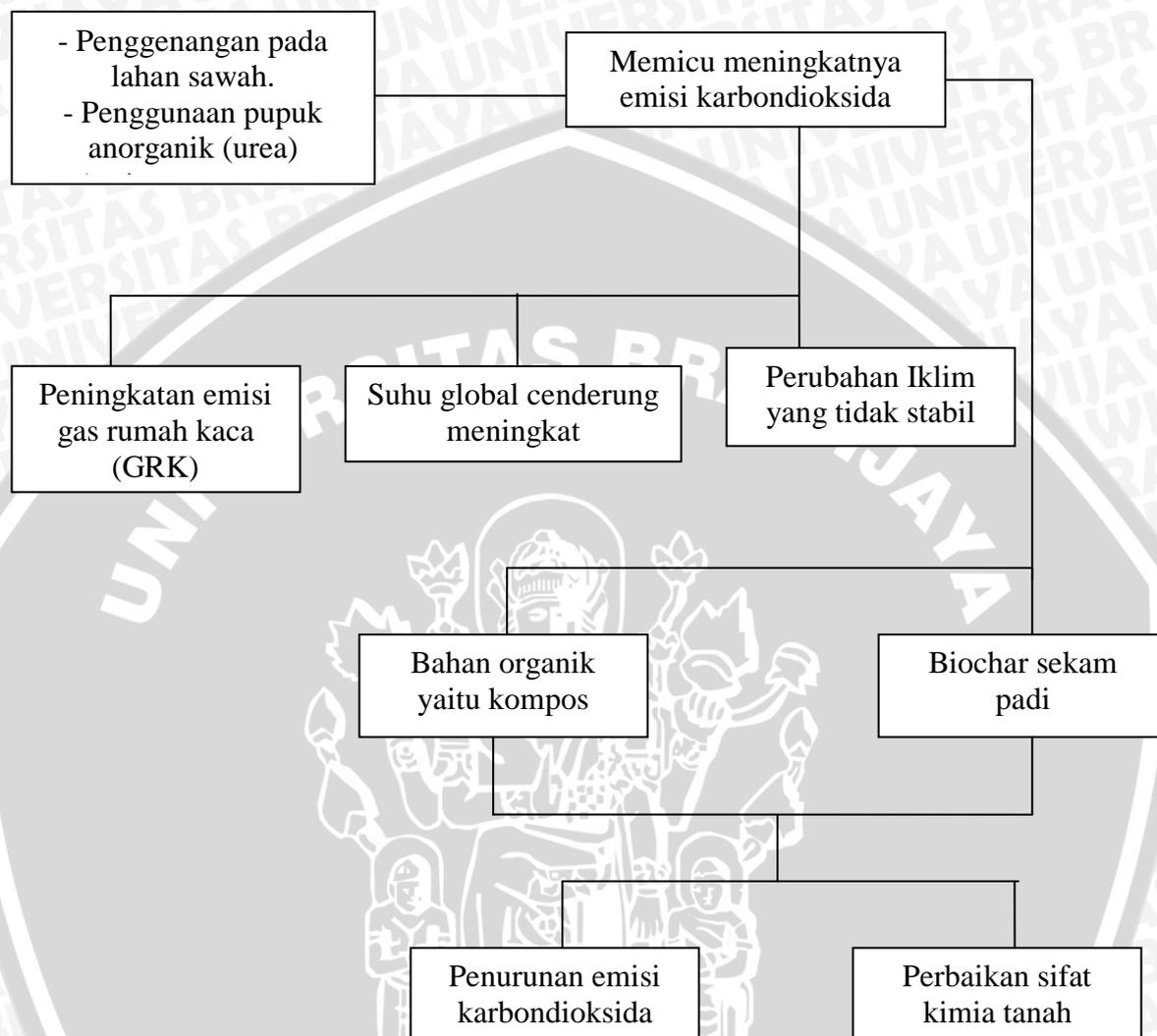
Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah :

1. Adanya pengaruh penambahan biochar dan kompos pada sifat kimia tanah di tanah sawah.
2. Terdapat perbedaan antara penambahan biochar dan kompos pada penurunan emisi CO₂ pada hasil inkubasi tanah sawah.

1.4. Manfaat Penelitian

Bertambahnya motivasi masyarakat pertanian terhadap penggunaan bahan organik menjadikan pembahasan dan evaluasi tentang biochar makin relevan, baik sebagai suatu komoditas ekonomi maupun sebagai pembenah tanah multi-fungsi. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi tindakan yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi CO₂ yang dihasilkan dari sektor pertanian terutama pada tanah sawah.

1.5. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 1. Kerangka Pikir Penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Emisi CO₂ di Tanah Sawah

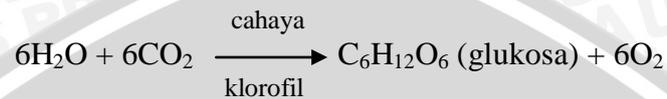
2.1.1. Gas Karbondioksida (CO₂)

Karbondioksida adalah gas rumah kaca yang paling besar kontribusinya terhadap pemanasan global. Konsentrasi alaminya kecil, hanya sekitar 0.03% di atmosfer, tetapi secara alamiah karbondioksida bisa diserap oleh tanaman dengan bantuan sinar matahari yang kemudian diuraikan untuk membentuk jaringan tanaman yang dikenal dengan proses fotosintesis. Bila tanaman atau hewan mati, kandungan karbon terlepas dalam bentuk karbondioksida, demikian pula kegiatan membakar kayu atau bahan bakar fosil juga melepaskan karbondioksida. Tanah secara alami juga mengandung karbon sampai 50%, dari berat keringnya, bisa berupa bahan organik yang membusuk sebagian. Jika tanah ini dibalik menggunakan cangkul maka sejumlah karbon terlepas ke atmosfer dalam bentuk karbondioksida. Hal ini bisa menyebabkan bertambahnya kadar karbon di atmosfer bumi dan akan menyebabkan pembentukan semacam perisai, kemudian panas yang seharusnya keluar dari atmosfer dipantulkan kembali ke bumi yang menyebabkan suhu bumi mengalami kenaikan. Hutan secara alamiah menyerap kadar karbon yang dilepas, tetapi apabila terjadi kerusakan hutan dan penimbunan kadar karbon yang semakin meningkat karena kegiatan manusia akan menyebabkan gas karbondioksida makin menumpuk (Nurmaini, 2001).

Penebangan hutan atau perladangan berpindah dengan membakar hutan, dituduh ikut menyumbang gas-gas pencemar karbondioksida (CO₂) dan hutan itu sendiri berfungsi secara alamiah untuk menyerap karbon monoksida (CO). Untuk negara maju hutan lebih berfungsi sebagai unsur konservasi. Selain itu, gas CO₂ dapat dihasilkan melalui proses dekomposisi bahan organik dalam keadaan aerob.

Menurut Powlson dan Oik (2000), tanah dapat berperan sebagai *sink* utama C (karbon) yang dapat digunakan sebagai upaya mitigasi peningkatan CO₂ di atmosfer. Mekanisme pelepasan CO₂ dan N₂O tidak sama dengan CH₄. Pelepasan CO₂ melalui difusi di air atau melalui gelembung-gelembung udara pada kondisi anaerobik. Oleh karena itu, pengambilan contoh gas untuk analisis

CO₂ dilakukan pada sela-sela tanaman padi. CO₂ adalah gas yang diperlukan dalam proses fotosintesis tanaman. Gas CO₂ terbentuk dari proses respirasi dan dekomposisi oleh mikroorganisme tanah. Fotosintesis adalah proses perubahan senyawa anorganik menjadi senyawa organik (karbohidrat, lemak, protein, dan lain sebagainya) di mana energi foton matahari diperlukan dalam proses tersebut. Proses fotosintesis dapat ditulis dengan reaksi berikut ini:



Gas CO₂ yang dilepas dari lahan sawah akan kembali ditranslokasikan tanaman padi melalui proses fotosintesis sebagai satu keseimbangan antara *source* dan *sink* emisi (*zero CO₂ net emission*).

2.1.2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Emisi Karbondioksida (CO₂)

1. pH tanah

Sifat reaksi tanah yang dinyatakan dengan pH didasarkan pada jumlah ion H⁺ atau OH⁻ dalam larutan tanah. Sebagian besar bakteri metanotrof bersifat netrofilik, yaitu hidup pada kisaran pH antar 6 - 8 (Setyanto, 2004). Pembentukan CO₂ maksimum terjadi pada pH 6,9 - 7,1 (Wang, 1993), sedangkan waktu yang dibutuhkan pada tiap jenis tanah berbeda. Pada tanah sawah di daerah tropis dimana suhu tanah berkisar 25° C - 30° C, pembentukan CO₂ dan NO terjadi paling cepat pada tanah alkali dan berkapur, yaitu beberapa jam hingga beberapa hari setelah penggenangan. Pada tanah netral setelah 2 - 3 minggu setelah penggenangan, sedangkan tanah masam setelah 5 minggu atau lebih (Neue, 1993).

2. Suhu Tanah

Suhu tanah berkaitan erat dengan aktifitas mikroba di dalam tanah. Sebagian besar bakteri metanotrof bersifat mesofolik yang beraktifitas optimal pada suhu 30° C - 40° C (Vogels *et al.*, 1988). Suhu tanah pada lapisan atas yaitu pada kedalaman antara 1 - 10 cm berkaitan erat dengan laju emisi CO₂ (Holzapfel Pschorn dan Seiler, 1986). Perubahan suhu akan mempengaruhi produksi karbon pada tanah sawah, peningkatan suhu dari 17° C ke 30° C menyebabkan peningkatan produksi karbon 2,5 - 3,5 kali lipat.

3. Varietas Tanaman

Tanaman bertindak sebagai media bagi pelepasan CO₂ yang dihasilkan dari dalam tanah ke atmosfer, melalui pembuluh aerenkim daun, batang dan akar. Selanjutnya CO₂ akan dilepas melalui pori-pori mikro pada pelepah daun bagian bawah. Pada varietas tanaman terutama padi, mempunyai bentuk, kerapatan dan jumlah pembuluh aerenkim yang berbeda. Biomass akar dan tanaman juga berpengaruh terhadap emisi karbondioksida terutama pada stadium awal. Pada fase awal pertumbuhan tanaman padi banyak eksudat akar yang dilepas ke rizosfir sebagai hasil samping metabolisme karbon oleh tanaman (Setyanto, 2004).

4. Bahan Organik Tanah

Bahan organik tanah memberikan sumbangan terhadap kesuburan pertumbuhan tanaman baik secara fisik, kimia dan biologis. Bahan organik merupakan penyedia unsur-unsur N, P dan S untuk tanaman. Ketersediaan substrat organik mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dalam tanah karena bertindak sebagai sumber energi. Secara fisik berperan dalam memperbaiki struktur tanah. Sumber bahan organik yang ditambahkan sangat menentukan pembentukan karbondioksida di lahan sawah. Penelitian Wihardjaka (2001) dengan menggunakan beberapa jenis bahan organik memberikan hasil bahwa emisi karbondioksida terbesar didapat dari penambahan pupuk kandang, diikuti berturut-turut jerami segar, kompos dan tanpa bahan organik. Berkaitan dengan bahan organik tanah, potensial redoks (Eh) tanah akan rendah jika tersedia karbon organik tanah dalam jumlah yang cukup dan memungkinkan terbentuknya CO₂ (Lestari, 2006).

2.2. Karakteristik Tanah Sawah

Tanah yang baik untuk pertumbuhan padi adalah tanah sawah yang kandungan fraksi pasir, debu dan lempung dalam perbandingan tertentu dengan diperlukan air dalam jumlah yang cukup. Padi dapat tumbuh dengan baik pada tanah yang ketebalan lapisan atasnya 18 - 22 cm dengan pH 4,0 – 7,0 (Anonim^a, 2013). Tidak semua jenis tanah cocok untuk areal persawahan. Hal ini dikarenakan tidak semua jenis tanah dapat dijadikan lahan tergenang air. Padahal dalam sistem tanah sawah, lahan harus tetap tergenang air agar kebutuhan air

tanaman padi tercukupi sepanjang musim tanam. Oleh karena itu, jenis tanah yang sulit menahan air (tanah dengan kandungan pasir tinggi) kurang cocok dijadikan lahan persawahan. Sebaliknya, tanah yang sulit dilewati air (tanah dengan kandungan lempung tinggi) cocok dijadikan lahan persawahan. Kondisi yang baik untuk pertumbuhan tanaman padi sangat ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu posisi topografi yang berkaitan dengan kondisi hidrologi, porositas tanah yang rendah dan tingkat keasaman tanah yang netral, sumber air alam, serta kanopinas modifikasi sistem alam oleh kegiatan manusia (Setyanto, 2004).

Padi sawah menghendaki tanah lumpur yang subur dengan ketebalan 18 - 22 cm. Keasaman tanah antara pH 4 - 7. Pada padi sawah, penggenangan akan mengubah pH tanah menjadi netral (7,0). Pada prinsipnya tanah berkapur dengan pH 8,1 - 8,2 tidak merusak tanaman padi. Karena mengalami penggenangan, tanah sawah memiliki lapisan reduksi yang tidak mengandung oksigen dan pH tanah sawah biasanya mendekati netral. Untuk mendapatkan tanah sawah yang memenuhi syarat diperlukan pengolahan tanah yang khusus (Anonim^a, 2013).

2.3. Faktor yang Mempengaruhi Terjadinya Emisi CO₂ di Tanah Sawah

Proses pembentukan CO₂ dari jerami adalah pada saat pembakaran jerami serta pada saat jerami diaplikasikan di lahan sawah pada kondisi aerob. Namun walaupun seperti demikian para petani masih saja menggunakan jerami karena jerami diduga mengandung unsur hara C, S, N, P dan K yang cukup tinggi. Salah satu alternatif pengelolaan lahan adalah pengolahan tanah, penurunan intensitas pengolahan tanah diharapkan menurunkan emisi CO₂. Pengolahan tanah mempercepat oksidasi bahan organik melalui peningkatan aerasi yang memacu respirasi mikroba, meningkatkan kontak antara tanah dengan residu sehingga mempercepat dekomposisi bahan organik yang semula terproteksi oleh agregat. Besarnya emisi CO₂ dari tanah dipengaruhi oleh tekstur tanah, tingkat kesuburan dan rotasi tanaman. Pada tanah sawah emisi CO₂ dipengaruhi oleh aktifitas respirasi tanaman padi. Selain itu, terjadi oksidasi bahan organik pada daerah rizosfer karena tanaman padi mampu mengalirkan oksigen dari atmosfer ke perakaran melalui jaringan aerenkim. Semakin tinggi akumulasi biomasa di atas tanah meningkat pula kemampuan respirasi dan daya oksidasi akar (Husin, 1994).

Bahan organik jerami segar yaitu jerami padi yang telah selesai di panen, selanjutnya langsung ditanami padi. Pemberian jerami sisa panen yang masih segar ke tanah sawah yang harus segera ditanami padi akan menyebabkan tanaman padi menguning karena terjadi persaingan unsur hara antara organisme (Husin, 1994). Bahan organik yang mudah terdekomposisi merupakan bahan baku utama bagi bakteri metanogenik dalam membentuk CO₂ di lahan sawah (Neue, 1993).

2.4. Biochar

2.4.1. Pengertian Biochar

Biochar adalah arang yang halus dan sangat porous yang berbeda dengan arang biasa yang digunakan sebagai bahan bakar. Biochar sengaja dibuat untuk digunakan sebagai bahan pembenah tanah-tanah pertanian. Oleh karena itu, biochar dibuat pada kondisi yang dapat mengoptimalkan karakter yang berguna untuk tanah pertanian, seperti mempunyai luas permukaan yang tinggi dalam satu unit volume dan kandungan residu yang rendah. Pembakaran biomassa organik pada kondisi tertentu digunakan untuk menghasilkan biochar yang mempunyai luas permukaan yang tinggi dan kemampuannya untuk bertahan di dalam tanah dengan tingkat pelapukan biologi yang rendah (Lehmann dan Rondon, 2006). Jika bahan organik mentah dapat memasok unsur hara untuk tanaman dan mikroorganisme tanah, biochar berperan sebagai katalisator yang memacu serapan hara dan air oleh tanaman. Dibandingkan dengan bahan pembenah tanah lainnya, tingginya luas permukaan dan porositas biochar menyebabkan biochar mampu menyerap atau meretensi unsur hara dan air dan juga berperan sebagai habitat untuk pertumbuhan mikroorganisme yang bermanfaat (Warnock *et al.*, 2007).

Meskipun biochar mirip dengan arang, tetapi berbeda dengan arang tradisional yang umumnya berasal dari kayu yang digunakan untuk bahan bakar. Dibandingkan dengan arang tradisional, biochar lebih banyak mengandung karbon yang sangat stabil. Oleh karena itu, biochar yang ditambahkan ke tanah dapat berperan sebagai pengikat dan dapat menjadi salah satu alternatif pemecahan masalah pemanasan global melalui penurunan konsentrasi karbon dioksida (CO₂) dalam atmosfer. Selain berperan sebagai pengikat karbon, biochar mempunyai

berbagai pengaruh menguntungkan pada sifat tanah, seperti meningkatkan kapasitas menahan air (Karhu, 2011), memacu KTK (Yuan dan Xu, 2011), maupun menambahkan unsur hara untuk memperbaiki serapan hara oleh tanaman (Lehmann dan Joseph, 2009). Bahan baku biochar adalah biomasa, yaitubahan organik yang tumbuh pada media tanah atau pada media air, termasuk produksi ternak dan kotorannya, produksi dan limbah industri pangan, hasil samping dan limbah industri hutan, dan sampah kota.

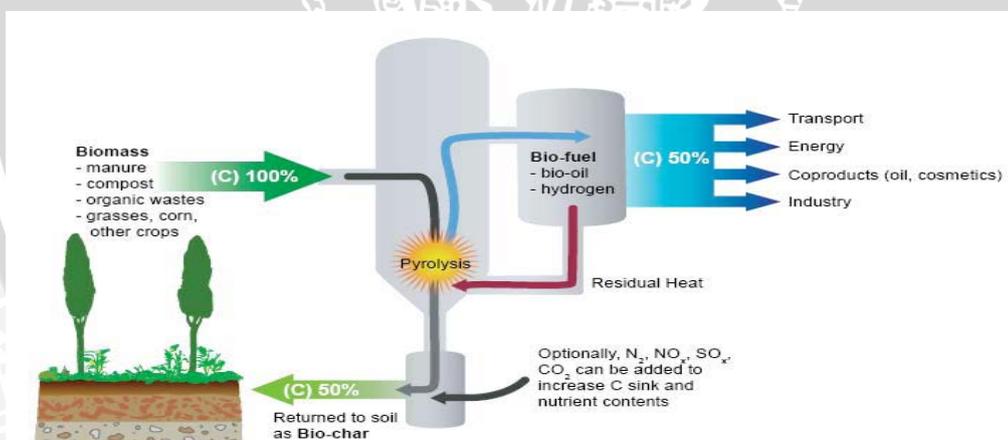
2.4.2. Manfaat Biochar

Biochar dapat meningkatkan kesuburan tanah dan efisiensi penggunaan hara dengan menggunakan bahan lokal yang tersedia dan terbarukan dengan cara berkelanjutan. Di banyak daerah, penurunan produktivitas tanah terjadi meskipun menggunakan masukan agrokimia yang intensif, bersamaan pula dengan dampak yang merugikan bagi lingkungan sumberdaya tanah dan air (Robertson *et al.*, 2000). Biochar mampu meningkatkan produktivitas tanah dan menurunkan dampak lingkungan terhadap tanah dan sumber daya air. Penelitian menunjukkan bahwa biochar saat diaplikasikan ke tanah memiliki banyak manfaat, antaralain :

- 1) Penambahan biochar pada lapisan atas tanah pertanian akan memberikan manfaat yang cukup besar. Sebagai deposit karbon dalam tanah biochar bekerja dengan cara mengikat dan menyimpan CO₂ dari udara untuk mencegahnya terlepas ke atmosfer. Kandungan karbon yang terikat dalam tanah jumlahnya besar dan tersimpan hingga waktu yang lama.
- 2) Di samping mengurangi emisi dan menambah pengikatan gas rumah kaca, biochar memberi banyak manfaat dalam usaha pertanian. Biochar dapat memperbaiki kondisi tanah dan meningkatkan produksi tanaman, terutama pada tanah-tanah yang kurang subur.
- 3) Kemampuan biochar untuk memegang air dan hara dalam tanah membantu mencegah terjadinya kehilangan pupuk akibat aliran permukaan (*runoff*) dan pencucian (*leaching*), sehingga memungkinkan penghematan pupuk dan mengurangi polusi pada lingkungan sekitar.

2.4.3. Pembuatan Biochar

Biochar adalah produk dari destilasi kering (pirolisis) dengan menggunakan bahan baku biomassa organik (Lehmann, 2007). Pirolisis merupakan proses thermokimia dimana biomassa dibakar dalam kondisi oksigen terbatas, atau bahkan tanpa oksigen untuk menghasilkan bentuk karbon stabil (Gambar 2). Proses pirolisis dilakukan di dalam suatu tungku yang terbuat dari bata, logam, atau tanah liat. Pirolisis berasal dari bahasa Yunani, yaitu *pyro* yang artinya api dan *lysis* yang artinya dekomposisi. Pirolisis menghasilkan fraksi padat dan fraksi gas. Fraksi padat disebut sebagai arang. Fraksi padat adalah atom-atom karbon yang terikat secara kovalen membentuk kisi-kisi heksagonal datar, menyerupai susunan atom karbon dalam grafit. Fraksi gas dibagi menjadi dua yaitu fraksi gas yang terkondensasi dan yang tidak terkondensasi. Fraksi gas yang tidak terkondensasi berupa gas CO_2 , CO , CH_4 , H_2 , N_2 dan *particulate matter* (penyebab gas berwarna hitam). Fraksi gas yang terkondensasi (berupa destilat) terbagi dalam dua fase yaitu fase berair dan fase minyak. Fase berair disebut sebagai cairan piroglinat dan fase minyak disebut *ter* (tar).



Gambar 2. Proses Pembuatan Biochar dengan Pirolisis (Lehmann, 2007) Konsep pirolisis bioenergi suhu rendah dengan pengasinan biochar 50%, biomassa pirolisis diubah kedalam biochar dan kembali ke tanah.

Terdapat berbagai cara untuk memproduksi biochar, faktor kualitas biochar yang paling penting adalah kapasitas jerapan dan pertukaran kation yang tinggi, serta kandungan bahan bergerak (tar, resin) yang rendah (Glaser *et al.*,

2002). Faktor utama yang menentukan kualitas biochar adalah jenis bahan organik yang digunakan dan kondisi (suhu) produksi biochar (Gaskin *et al.*, 2008). Komponen bahan organik yang berbeda seperti lignin, hemiselulosa, selulosa terdegradasi pada suhu produksi yang juga berbeda. Karena setiap jenis bahanorganik mempunyai komposisi yang berbeda maka kecepatan dekomposisinya juga bervariasi.

Kandungan abu penting untuk sifat fisik biochar. Kandungan abu yang tinggi dapat mengacaukan struktur sehingga menghasilkan biochar yang kurang stabil (Lehmann dan Joseph, 2009). Biochar yang diproduksi pada kondisi suhu rendah (<300-400°C) memiliki luas permukaan yang rendah dan hanya sebagian terkarbonisasi, sedangkan suhu yang lebih tinggi (400-600°C) meningkatkan porositas (Lehmann dan Joseph, 2009). Luas permukaan aktif ditingkatkan dengan kondisi suhu tinggi, tetapi suhu tinggi menurunkan KTK karena hilangnya gugus fungsional. Beberapa peneliti menyatakan bahwa suhu tinggi menyebabkan hilangnya unsur hara melalui volatilisasi (Jensen *et al.*, 2000). Jika suhu melampaui 500°C, unsur N yang hilang bisa mencapai 50% (Gaskin *et al.*, 2008). Selain itu, konsentrasi P menurun pada suhu yang tinggi. Faktor lain yang mempengaruhi sifat biochar adalah laju pemanasan, transfer panas dalam tabung dan tekanan selama proses produksi (Lehmann dan Joseph, 2009). Keuntungan dari proses biochar adalah mencontoh kondisi alam pada siklus karbon diterapkan pada skala global dapat menangkap secara signifikan proporsi emisi karbondioksida, menyediakan bahan bakar dalam jumlah besar.

2.4.4. Biochar Sekam Padi

Sekam padi merupakan produk samping yang melimpah dari hasil penggilingan padi, selama ini hanya digunakan sebagai bahan bakar untuk pembakaran batu merah, pembakaran untuk memasak atau dibuang begitu saja. Penanganan sekam padi yang kurang tepat akan menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan. Sekam padi mengandung 78% - 80% bahan organik yang mudah menguap (lignin, selulosa, gula) jika sekam dibakar dan dihasilkan sisa pembakaran 20% - 22% abu sekam padi. Sekam padi dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuat biochar dengan menggunakan proses pirolisis.

Hasil penelitian Masulili *et al.* (2010), biochar sekam padi mengandung berbagai unsur hara. Biochar sekam padi (Gambar 3) berfungsi untuk mengemburkan tanah sehingga bisa mempermudah akar tanaman menyerap unsur hara di dalamnya. Kandungan unsur hara biochar sekam padi tidak sebanyak yang ada di pupuk buatan, maka penggunaan yang terbaik adalah dengan mencampur antara kompos (misalnya sekam padi) dan pupuk buatan, dengan intensitas sesuai kebutuhan tanah. Ternyata biochar sekam padi ini sangat kaya akan silikon (Si) yang dalam osidasinya dikenal dengan *silicon dioxide*.

Tabel 1. Kandungan Unsur Hara Biochar Sekam Padi

Unsur	Nilai
C (%)	8,72
N (%)	0,95
P (%)	0,12
KTK (c mol/kg ⁻¹)	17,57
K (%)	0,2
Ca (%)	0,41
Mg (%)	0,42
Na (%)	1,4
Si (%)	43,52
Kadar Air (%)	4,96

(Masulili *et al.*, 2010).



Gambar 3. Biochar Sekam Padi

2.5. Kompos

2.5.1. Pengertian Kompos

Kompos adalah hasil penguraian parsial dan non parsial lengkap dari campuran bahan-bahan organik yang dapat dipercepat secara artifisial oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab dan aerobik atau anaerobik (Crawford, 2003). Pengomposan merupakan proses dimana bahan organik mengalami penguraian secara biologis, khususnya oleh mikroba-mikroba yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi. Secara alami bahan organik akan mengalami penguraian di alam dengan bantuan mikroba maupun biota tanah lainnya. Proses pengomposan yang terjadi secara alami berlangsung lama dan lambat. Untuk mempercepat proses pengomposan bahan organik telah banyak dikembangkan teknologinya, baik dalam teknologi sederhana, teknologi sedang, maupun teknologi tinggi. Pada prinsipnya pengembangan teknologi pengomposan didasarkan pada proses penguraian bahan organik yang terjadi secara alami. Proses pengomposan harus dioptimalkan sedemikian rupa, sehingga akan berjalan dengan efektif dan efisien.

2.5.2. Sifat dan Karakterisasi Kompos

Penggunaan kompos sebagai bahan pembenah tanah dapat meningkatkan kandungan bahan organik tanah sehingga mempertahankan dan menambah kesuburan tanah pertanian. Karakteristik umum yang dimiliki kompos antara lain: 1). Mengandung unsur hara dalam jenis dan jumlah bervariasi tergantung bahan asal; 2). Menyediakan unsur hara secara lambat dan dalam jumlah terbatas; dan 3). Mempunyai fungsi utama memperbaiki kesuburan dan kesehatan tanah. Berikut ini diuraikan fungsi kompos dalam memperbaiki kualitas kesuburan fisik, kimia, dan biologi tanah.

1. Sifat Fisika Tanah

Kompos memperbaiki struktur tanah yang semula padat menjadi gembur sehingga mempermudah pengolahan tanah. Tanah berpasir menjadi lebih merekat dan tanah lempung menjadi lebih gembur. Penyebab merekat dan gemburnya tanah ini adalah senyawa-senyawa polisakarida yang dihasilkan oleh mikroorganisme pengurai serta miselium atau hifa yang berfungsi sebagai perekat

partikel tanah. Dengan struktur yang baik ini berarti difusi O_2 atau aerasi akan lebih banyak sehingga proses fisiologis di akar akan lancar. Perbaikan agregat tanah menjadi lebih remah akan mempermudah penyerapan air ke dalam tanah sehingga proses erosi dapat dicegah. Kadar bahan organik yang tinggi di dalam tanah memberikan warna tanah yang lebih gelap (warna humus coklat kehitaman), sehingga penyerapan energi sinar matahari lebih banyak dan fluktuasi suhu di dalam tanah dapat dihindarkan. Institut Pertanian Bogor (IPB) melaporkan bahwa takaran kompos sebanyak 5 t/ha meningkatkan kandungan air tanah pada tanah-tanah yang subur (CPIS, 1991).

2. Sifat Kimia Tanah

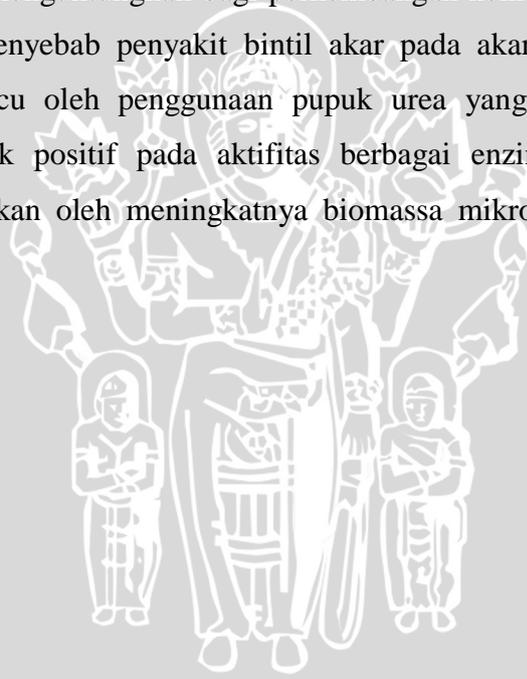
Kompos merupakan sumber hara makro dan mikromineral secara lengkap meskipun dalam jumlah yang relatif kecil (N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, B, Zn, Mo, dan Si). Dalam jangka panjang, pemberian kompos dapat memperbaiki pH dan meningkatkan hasil tanaman pertanian pada tanah-tanah masam. Pada tanah-tanah yang kandungan P-tersedia rendah, bentuk fosfat organik mempunyai peranan penting dalam penyediaan hara tanaman karena hampir sebagian besar P yang diperlukan tanaman terdapat pada senyawa P-organik. Sebagian besar P-organik dalam organ tanaman terdapat sebagai fitin, fosfolipid, dan asam nukleat.

Selain itu kompos juga mengandung humus yang sangat dibutuhkan tanaman untuk peningkatan hara makro dan mikro. Misel humus mempunyai Kapasitas Tukar Kation (KTK) yang lebih besar daripada misel lempung (3-10 kali) sehingga penyediaan asam-asam organik dari kompos lebih tinggi bila dibandingkan dengan mineral liat, namun lebih peka terhadap perubahan pH. Oleh karena itu penambahan kompos ke dalam tanah dapat meningkatkan nilai KTK tanah (Tan, 1991).

3. Sifat Biologi Tanah

Kompos banyak mengandung mikroorganisme (fungi, aktinomisetes, bakteri, dan alga). Dengan ditambahkan kompos ke dalam tanah tidak hanya jutaan mikroorganisme yang ditambahkan, akan tetapi mikroorganisme yang ada dalam tanah juga terpacu untuk berkembang. Proses dekomposisi lanjut oleh mikroorganisme akan tetap terus berlangsung tetapi tidak mengganggu tanaman.

Gas CO₂ yang dihasilkan mikroorganisme tanah akan dipergunakan untuk fotosintesis tanaman, sehingga pertumbuhan tanaman akan lebih cepat. Amonifikasi, nitrifikasi, dan fiksasi nitrogen juga meningkat karena pemberian bahan organik sebagai sumber kation juga meningkat karena pemberian bahan organik sebagai sumber karbon yang terkandung di dalam kompos. Aktifitas berbagai mikroorganisme di dalam kompos menghasilkan hormon-hormon pertumbuhan, misalnya auksin, giberelin dan sitokinin yang memacu pertumbuhan dan perkembangan akar-akar rambut sehingga daerah pencarian sumber makanan bisa lebih luas. Pemberian kompos pada lahan sawah akan membantu mengendalikan nematoda, karena bahan organik memacu perkembangan musuh alami nematoda, yaitu cendawan dan bakteri serta member kondisi yang kurang menguntungkan bagi perkembangan nematoda. Munculnya serangan nematoda penyebab penyakit bintil akar pada akar tanaman padi di beberapa daerah dipicu oleh penggunaan pupuk urea yang intensif. Bahan organik memberi efek positif pada aktifitas berbagai enzim hidrolase yang kemungkinan disebabkan oleh meningkatnya biomassa mikroba (Gracia *et al.*, 1994).



III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan dalam rumah kaca Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Penelitian dimulai pada bulan Mei 2013 hingga Juli 2013. Analisis dasar tanah, analisis fisika dan kimia tanah dilakukan di Laboratorium Fisika dan Kimia Tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkul, *scop*, ring sampel, alat tulis kantor (ATK), kamera digital, ayakan untuk mengayak biochar, dan timbangan analitik (alat-alat laboratorium).

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah tanah, biochar, kompos. Tanah yang digunakan sebagai media inkubasi ialah tanah sawah yang diperoleh dari Desa Karangploso, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang. Biochar didapatkan dari pembuatan biochar dengan bahan baku sekam padi. Kompos yang digunakan menggunakan kompos yang dibuat UPT kompos.

3.3. Pelaksanaan Penelitian

3.3.1. Pengambilan Contoh Tanah

Tanah sawah diambil pada kedalaman 0-20 cm dan dikering udarakan selama 3 hari. Setelah kering udara (kadar air sekitar 15%), contoh tanah diayak, lolos ayakan ukuran 2 mm.

3.3.2. Pembuatan Biochar

Sebelum percobaan dimulai, terlebih dahulu dilakukan pembuatan biochar sebagai bahan percobaan. Bahan percobaan tersebut berasal dari bahan organik berupa sekam padi. Proses pembuatan biochar menggunakan proses dasar pirolisis, dimana pirolisis merupakan dekomposisi kimia suatu bahan organik sehingga dihasilkan bahan yang stabil dengan suhu tinggi dan hampa udara. Pembakaran dilakukan selama 4 jam dengan suhu 400⁰C untuk menjadi bentuk arang (charcoal), Pirolisis dengan menggunakan tabung reaktor yang

dilaksanakan di laboratorium Bioenergi Pedesaan Universitas Tribhuwana Tunggaladewi. Setelah melalui proses pembakaran pirolisis, arang sekam padi dihaluskan dengan cara ditumbuk secara manual hingga menjadi bentuk serbuk agar saat pengaplikasian biochar lebih maksimal dan homogen dengan tanah.

3.3.3. Analisis Tanah, Biochar dan Kompos

Analisis dasar yang dilakukan pada contoh tanah, biochar, dan kompos meliputi: berat isi, kadar air, C-Organik, pH (H₂O), serta N-Total, K-Total dan C/N Rasio. Rincian metode dan hasil analisis diajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Macam Analisis Dasar Tanah, Biochar dan Kompos

No	Parameter	Metode	Hasil		
			Tanah	Kompos	Biochar
1	Berat Isi	Silinder	1.28		
2	pH (H ₂ O)	Glass Elektrode	6.94	6.80	7.43
3	C-organik (%)	Walkey-Black	0.35	1.84	2.05
4	N-total (%)	Kjeldahl	0.14	0.25	0.23
5	K-total (%)	NH ₄ O AC pH 7	1.13	2.10	1.61
6	C/N Rasio	Perhitungan	35	1.53	3.53

3.3.4. Inkubasi

Perlakuan yang diuji dalam penelitian ini adalah pengaruh kombinasi berbagai dosis biochar (4 t/ha, 8 t/ha, 12 t/ha), dan kompos (10 t/ha) (Tabel 2) terhadap emisi CO₂ pada tanah sawah. Proses percobaan yang dilakukan merupakan percobaan inkubasi kondisi tidak tercuci selama 8 minggu. Untuk masing-masing perlakuan digunakan 2,5 kg tanah sawah kering udara ukuran < 2 mm ditempat dalam pot (ukuran tinggi 20 cm, diameter 10 cm). Tanah dalam pot dibasahi dengan aquades hingga sampai kapasitas lapangan, kemudian dicampur dengan biochar dan atau kompos sesuai dosis yang disajikan pada Tabel 2 (Lampiran 10). Campuran tanah, biochar dan kompos diinkubasi selama 8 minggu pada suhu kamar (27°C). Delapan perlakuan (1 kontrol dan 7 kombinasi dosis biochar dan kompos), disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan 3 kali ulangan (Lampiran 10).

Tabel 3. Perlakuan Percobaan

No.	Simbol	Perlakuan
1.	P0	Tanah (Kontrol)
2.	P1	Tanah + Biochar 4 t/ha
3.	P2	Tanah + Biochar 8 t/ha
4.	P3	Tanah + Biochar 12 t/ha
5.	P4	Tanah + Kompos 10 t/ha
6.	P5	Tanah + Biochar 4 t/ha + Kompos 10 t/ha
7.	P6	Tanah + Biochar 8 t/ha + Kompos 10 t/ha
8.	P7	Tanah + Biochar 12 t/ha + Kompos 10 t/ha

3.3.5. Parameter Pengamatan

Pengamatan pH, C-Organik, N-Total, K-Total, respirasi tanah dan total kerapatan mikroba dilakukan pada 1, 2, 4, 6 dan 8 minggu setelah inkubasi (Tabel 4). Respirasi tanah diamati dengan metode titrasi (Verstraete, 1981 dalam Iswandi, 1989), yaitu CO₂ yang dihasilkan dari tanah ditangkap oleh KOH dan kemudian jumlahnya dititrasi dengan HCl. Cara kerja analisis respirasi tanah disajikan pada Lampiran 1.

Tabel 4. Parameter Pengamatan dan Metode yang Digunakan serta Waktu Pengamatan

Parameter	Metode	Waktu Pengamatan
Kimia Tanah		
- pH tanah	- Elektrode	- 1, 2, 4, 6 dan 8 MSI
- C-organik (%)	- Walkey and Black	- 1, 2, 4, 6 dan 8 MSI
- N total (%)	- Kjeldahl	- 1, 2, 4, 6 dan 8 MSI
- K total (%)	- NH ₄ O AC pH 7	- 1, 2, 4, 6 dan 8 MSI
- C/N	- Perhitungan	- 1, 2, 4, 6 dan 8 MSI
Biologi Tanah		
- Total Kerapatan Mikroba	- Cawan Petri	- 1, 2, 4, 6 dan 8 MSI
- Respirasi	- Titrasi	- 1, 2, 4, 6 dan 8 MSI

Keterangan: MSI = Minggu Setelah Inkubasi

3.4. Analisis Statistik

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diteliti dilakukan analisis ragam (ANOVA). Apabila terdapat perbedaan dilanjutkan dengan uji Duncan taraf 5%. Untuk melihat keerataan hubungan antara parameter dilakukan uji korelasi, dengan bantuan software computer program SPSS dan Microsoft Office Excel.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh Pemberian Biochar dan Kompos terhadap Sifat Kimia dalam Tanah

4.1.1. C-Organik

Pemberian biochar, kompos dan kombinasi antara biochar dengan kompos selama penelitian menghasilkan nilai rata-rata C-Organik berbeda. Kandungan C-Organik rata-rata setelah pemberian biochar ialah 1.65% - 1.78%, hal ini disebabkan biochar termasuk dalam bahan organik yang relatif sukar didekomposisi karena disusun oleh senyawa siklik yang sukar diputus atau dirombak menjadi senyawa yang lebih sederhana (Brady dan Buckman, 1990). Kandungan C-Organik rata-rata setelah pemberian kompos ialah sebesar 1.84% karena kompos bersifat hidrofilik sehingga dapat meningkatkan kemampuan tanah dalam memegang air dan mengandung unsur C yang relatif tinggi sehingga dapat menjadi sumber energi mikroba (Paul dan Clark, 1989). Kombinasi antara biochar dengan kompos menghasilkan nilai rata-rata C-Organik 1.92% - 2.22%. Hasil perlakuan terhadap kadar C-organik disajikan pada Tabel 5.

Perlakuan perpengaruh nyata terhadap C-Organik pada berbagai waktu inkubasi (Lampiran 6). Tiap perlakuan pada proses inkubasi mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap kadar C-Organik dalam tanah (Tabel 5).

Tabel 5. Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar C-Organik Tanah pada Berbagai Waktu Inkubasi.

Perlakuan *)	C-Organik (%)									
	minggu 1		minggu 2		minggu 4		minggu 6		minggu 8	
P0	1.02	a	0.90	a	0.85	a	0.47	a	0.20	a
P1	2.20	b	2.00	b	1.61	b	1.30	b	1.12	b
P2	2.24	b	2.06	bc	1.69	bc	1.38	bc	1.20	c
P3	2.30	b	2.12	cd	1.75	bcd	1.43	cd	1.28	d
P4	2.42	c	2.18	de	1.81	cd	1.51	d	1.30	D
P5	2.55	d	2.24	e	1.89	de	1.63	e	1.31	D
P6	2.59	d	2.41	f	2.04	e	1.75	f	1.43	E
P7	2.65	d	2.55	g	2.28	f	2.04	g	1.57	F

Keterangan: Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak menunjukkan beda nyata berdasarkan uji Duncan 5%. *): P0 (kontrol), P1 (Tanah + Biochar 4 t/ha), P2 (Tanah + Biochar 8 t/ha), P3 (Tanah + Biochar 12 t/ha), P4 (Tanah + Kompos 10 t/ha), P5 (Tanah + Biochar 4 t/ha + Kompos 10 t/ha), P6 (Tanah + Biochar 8 t/ha + Kompos 10 t/ha), P7 (Tanah + Biochar 12 t/ha + Kompos 10 t/ha).

Kandungan unsur C yang tersedia dalam tanah selama 8 minggu waktu inkubasi pada setiap perlakuan mengalami penurunan setiap minggunya. Penurunan yang terjadi pada P7 sebesar 40.75%, sedangkan pada kontrol (P0) sebesar 49%. Hal ini disebabkan karena C-Organik mengalami masa inkubasi selama proses dekomposisi sehingga karbon dibebaskan oleh mikroorganisme dalam bentuk CO₂, CH₄ dan bentuk lain yang mudah menguap (Brady dan Buckman, 1990). Menurut Subowo (2010), proses dekomposisi bahan organik C banyak hilang yang disebabkan oleh respirasi mikroba tanah. Proses dekomposisi bahan organik melepaskan CO₂ sebagai hasil samping oksidasi bahan organik untuk menghasilkan energi.



4.1.2. N-Total

Kadar N-Total menunjukkan jumlah keseluruhan nitrogen di dalam tanah, termasuk di dalamnya protein, asam amino, amina dan N mineral. Pemberian biochar, kompos dan kombinasi antara biochar dengan kompos selama penelitian menghasilkan nilai rata-rata N-Total berbeda. Kandungan N-Total rata-rata setelah pemberian biochar ialah 0.29% - 0.30% karena biochar dapat meningkatkan kandungan nitrogen di dalam tanah karena memiliki nilai KTK (Kapasitas Tukar Kation) yang tinggi. Kandungan N-Total rata-rata setelah pemberian kompos ialah sebesar 0.31% karena kompos mudah terurai sehingga meningkatkan kadar N-Total. Kombinasi antara biochar dengan kompos menghasilkan nilai rata-rata N-Total 0.32% - 0.34%. Hasil perlakuan terhadap kadar N-Total disajikan pada Tabel 6.

Perlakuan perpengaruh nyata terhadap N-Total pada berbagai waktu inkubasi (Lampiran 4). Hal ini dikarenakan proses dekomposisi berjalan cepat sehingga asimilasi nitrogen oleh mikroorganisme meningkat. Tiap perlakuan pada proses inkubasi mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap kadar N-Total dalam tanah (Tabel 6).

Tabel 6. Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar N-total Tanah pada Berbagai Waktu Inkubasi.

Perlakuan *)	N-Total (%)				
	minggu 1	minggu 2	minggu 4	minggu 6	minggu 8
P0	0.18 a	0.19 a	0.20 a	0.20 a	0.22 a
P1	0.26 b	0.28 b	0.29 bc	0.30 b	0.31 b
P2	0.27 c	0.29 bc	0.29 bc	0.31 c	0.32 b
P3	0.28 d	0.29 bc	0.30 c	0.31 c	0.32 b
P4	0.28 e	0.30 bc	0.30 d	0.31 c	0.33 b
P5	0.28 e	0.30 de	0.30 d	0.31 d	0.34 b
P6	0.29 f	0.30 ef	0.30 e	0.32 e	0.40 c
P7	0.29 g	0.31 f	0.31 f	0.33 f	0.46 c

Keterangan: Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak menunjukkan beda nyata berdasarkan uji Duncan 5%. *): P0 (kontrol), P1 (Tanah + Biochar 4 t/ha), P2 (Tanah + Biochar 8 t/ha), P3 (Tanah + Biochar 12 t/ha), P4 (Tanah + Kompos 10 t/ha), P5 (Tanah + Biochar 4 t/ha + Kompos 10 t/ha), P6 (Tanah + Biochar 8 t/ha + Kompos 10 t/ha), P7 (Tanah + Biochar 12 t/ha + Kompos 10 t/ha).

Menurut Rosmarkam dan Yuwono (2002), peningkatan kadar N-Total dalam tanah yang terjadi di setiap minggu inkubasi dikarenakan dalam proses dekomposisi bahan organik, mikroorganisme akan membantu proses asimilasi unsur hara salah satunya nitrogen. Proses asimilasi dapat ditulis dengan reaksi berikut ini:



Sedangkan penurunan kadar N-Total diduga karena terjadi penguapan, karena pada penelitian ini hanya inkubasi sehingga N-Total yang dihasilkan tidak langsung digunakan pada tanaman dan menguap yang menyebabkan kadar N menurun. Selain itu penurunan kadar N total diduga karena N dalam bentuk NO_3^- (Nitrat) mudah mengalami pencucian (*Leaching*). Proses nitrifikasi dapat ditulis dengan reaksi berikut ini:



4.1.3. pH Tanah

Pemberian biochar, kompos dan kombinasi antara biochar dengan kompos selama penelitian menghasilkan nilai rata-rata pH berbeda. Kandungan pH rata-rata setelah pemberian biochar ialah 6.87 - 6.81. Kandungan pH rata-rata setelah pemberian kompos ialah sebesar 7.03. Kombinasi antara biochar dengan kompos menghasilkan nilai rata-rata pH 7.03 - 6.96.

Perlakuan berpengaruh nyata terhadap pH pada berbagai waktu inkubasi (Lampiran 7). Tiap perlakuan pada proses inkubasi mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap kadar pH dalam tanah (Tabel 7).

Tabel 7. Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar pH (H₂O) Tanah pada Berbagai Waktu Inkubasi.

Perlakuan *)	pH (H ₂ O)									
	minggu 1		minggu 2		minggu 4		minggu 6		minggu 8	
P0	7.12	b	7.06	cd	6.99	cd	6.94	c	6.82	cde
P1	7.10	ab	6.89	ab	6.86	b	6.81	b	6.67	ab
P2	7.08	ab	6.85	a	6.79	ab	6.76	ab	6.69	abc
P3	7.05	a	6.88	ab	6.78	a	6.71	a	6.63	a
P4	7.17	c	7.04	cd	7.00	cd	6.98	c	6.95	e
P5	7.21	cd	7.07	d	7.00	cd	6.96	c	6.91	de
P6	7.24	d	7.11	d	7.05	d	6.91	c	6.78	bcd
P7	7.16	c	6.97	bc	6.95	c	6.92	c	6.79	bcd

Keterangan: Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak menunjukkan beda nyata berdasarkan uji Duncan 5%. *): P0 (kontrol), P1 (Tanah + Biochar 4 t/ha), P2 (Tanah + Biochar 8 t/ha), P3 (Tanah + Biochar 12 t/ha), P4 (Tanah + Kompos 10 t/ha), P5 (Tanah + Biochar 4 t/ha + Kompos 10 t/ha), P6 (Tanah + Biochar 8 t/ha + Kompos 10 t/ha), P7 (Tanah + Biochar 12 t/ha + Kompos 10 t/ha).

Penurunan pH tanah dapat diduga karena adanya pelepasan asam-asam organik hasil proses dekomposisi. Asam organik yang dilepaskan bereaksi dengan air menghasilkan HCO₃⁻ dan H⁺. Sehingga semakin banyak asam organik, maka pH tanah akan semakin rendah.

4.1.4. K-Total

K-Total merupakan jumlah keseluruhan Kalium (K) di dalam tanah. Pemberian biochar, kompos dan kombinasi antara biochar dengan kompos selama penelitian menghasilkan nilai rata-rata K-Total berbeda. Kandungan K-Total rata-rata setelah pemberian biochar ialah 2.32% - 2.67%. Kandungan K-Total rata-rata setelah pemberian kompos ialah sebesar 2.89%. Kombinasi antara biochar dengan kompos menghasilkan nilai rata-rata K-Total 3.41% - 4.14%. Hasil perlakuan terhadap kadar K-Total disajikan pada Tabel 8.

Perlakuan berpengaruh nyata terhadap kadar K-Total pada awal inkubasi (0 MSI) sampai pada akhir inkubasi (8 MSI) (Lampiran 5). Tiap perlakuan mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap kadar K-Total pada berbagai waktu inkubasi (Tabel 8).

Tabel 8. Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar K-Total Tanah pada Berbagai Waktu Inkubasi.

Perlakuan *)	K-total (%)									
	Minggu 1		Minggu 2		Minggu 4		Minggu 6		Minggu 8	
P0	1.10	a	1.12	a	1.14	a	1.14	a	1.15	a
P1	1.59	b	1.97	b	2.13	b	2.73	b	3.20	b
P2	1.69	bc	2.15	bc	2.42	c	2.84	b	3.45	b
P3	1.89	c	2.29	cd	2.58	cd	2.95	bc	3.62	b
P4	2.12	d	2.47	d	2.71	d	3.19	c	3.96	c
P5	2.57	e	3.03	e	3.16	e	3.81	d	4.46	d
P6	2.80	f	3.19	e	3.60	f	4.07	d	4.85	e
P7	3.52	g	3.57	f	3.91	g	4.64	e	5.07	e

Keterangan: Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak menunjukkan beda nyata berdasarkan uji Duncan 5% (*): P0 (kontrol), P1 (Tanah + Biochar 4 t/ha), P2 (Tanah + Biochar 8 t/ha), P3 (Tanah + Biochar 12 t/ha), P4 (Tanah + Kompos 10 t/ha), P5 (Tanah + Biochar 4 t/ha + Kompos 10 t/ha), P6 (Tanah + Biochar 8 t/ha + Kompos 10 t/ha), P7 (Tanah + Biochar 12 t/ha + Kompos 10 t/ha).

Peningkatan K-Total pada awal inkubasi sampai pada akhir inkubasi diduga karena kadar K di dalam tanah ditemukan dalam jumlah banyak dan hanya digunakan sebagian kecil oleh tanaman. Dalam percobaan ini hanya melakukan inkubasi tanpa menanam, maka kadar K dalam tanah juga akan selalu meningkat. Selain itu faktor kehilangan K salah satunya adalah adanya pencucian, dalam penelitian inkubasi seminimal mungkin tidak ada pencucian. Sehingga kadar K-Total cenderung meningkat.

4.2. Pengaruh Pemberian Biochar dan Kompos terhadap Kerapatan Mikrobia dan Respirasi pada Tanah Sawah

4.2.1. Total Kerapatan Mikroba Tanah

Pemberian biochar, kompos dan kombinasi antara biochar dengan kompos selama penelitian menghasilkan nilai rata-rata total kerapatan mikroba dalam tanah berbeda. Total kerapatan mikroba rata-rata setelah pemberian biochar ialah $26.89 \cdot 10^7$ CFU/ml - $82.52 \cdot 10^7$ CFU/ml karena biochar mempengaruhi kesuburan biologi tanah terjadi melalui peningkatan aktivitas jasad mikro tanah sehingga meningkatkan komposisi dan biomassa jasad mikro tanah (Steiner *et al.*, 2008). Total kerapatan mikroba rata-rata setelah pemberian kompos ialah sebesar $124.09 \cdot 10^7$ CFU/ml hal ini terjadi karena pemberian kompos dapat meningkatkan jumlah mikroorganisme tanah. Aktifitas mikroorganisme tersebut masih berlangsung untuk mendekomposisi bahan organik karena didalamnya terjadi penambahan sumber makanan untuk mikroorganisme (Anonim^b, 2013). Kombinasi antara biochar dengan kompos menghasilkan jumlah total kerapatan mikroba $176.66 \cdot 10^7$ CFU/ml - $264.36 \cdot 10^7$ CFU/ml (Tabel 9).

Perlakuan berpengaruh tidak nyata terhadap total kerapatan mikroba dalam tanah pada awal inkubasi (M1) hingga pada akhir inkubasi (M8) (Lampiran 9).

Tabel 9. Hasil Rata - Rata Perlakuan Terhadap Total Kerapatan Mikroba dalam Tanah pada Berbagai Waktu Inkubasi.

Perlakuan *)	Total Kerapatan Mikroba (10^7 CFU/ml)				
	minggu 1	minggu 2	minggu 4	minggu 6	minggu 8
P0	7.40	15.33	14.05	11.19	5.13
P1	21.08	40.16	37.31	25.34	10.55
P2	47.53	95.99	74.05	50.62	15.75
P3	69.84	117.8	94.65	88.7	41.6
P4	89.16	199.2	143.2	120.8	68.1
P5	96.73	253.9	231.2	211.7	89.77
P6	140.3	260.4	255.7	217.6	110.8
P7	231.5	343.2	273.2	269.8	204.1

Keterangan: *): P0 (kontrol), P1 (Tanah + Biochar 4 t/ha), P2 (Tanah + Biochar 8 t/ha), P3 (Tanah + Biochar 12 t/ha), P4 (Tanah + Kompos 10 t/ha), P5 (Tanah + Biochar 4 t/ha + Kompos 10 t/ha), P6 (Tanah + Biochar 8 t/ha + Kompos 10 t/ha), P7 (Tanah + Biochar 12 t/ha + Kompos 10 t/ha).

Pada awal masa inkubasi, tiap perlakuan masih menghasilkan total kerapatan mikroba yang sangat rendah, dalam masa ini mikroorganisme berada pada fase adaptasi (*lag phase*), dimana mikroorganisme masih menyesuaikan dirinya dengan keadaan tiap perlakuan. Pada minggu berikutnya terjadi kenaikan total kerapatan mikroba pada beberapa perlakuan yang menandakan mikroorganisme pada fase logaritmik (*eksponensial phase*), dimana massa sel mikroorganisme menjadi dua kali lipat dan keadaan pertumbuhan menjadi seimbang. Inilah yang sering disebut waktu optimal inkubasi. Setelah mencapai titik tertinggi, total kerapatan mikroba cenderung tetap yang menandakan mikroorganisme memasuki fase stasioner (*stasioner phase*), yang rata-rata terjadi pada minggu keempat. Fase ini terjadi karena nutrien dalam media sudah mulai berkurang, sehingga tidak mencukupi untuk pertumbuhan sel. Fase terakhir adalah fase kematian (*dead phase*), terjadi penurunan jumlah mikroorganisme yang dapat dilihat mulai minggu keenam hingga minggu kedelapan masa inkubasi (Iswandi, 1989).

4.2.2. Emisi Karbondioksida (CO₂).

Hasil analisis total emisi gas karbondioksida (CO₂) yang dihitung dengan menjumlahkan gas karbondioksida tiap minggu (pengamatan) selama masa inkubasi. Analisis ini digunakan untuk mengetahui besarnya gas karbondioksida yang dihasilkan oleh tiap perlakuan selama masa inkubasi. Proses respirasi dapat ditulis dengan reaksi berikut ini:



Perlakuan berpengaruh nyata terhadap respirasi tanah pada awal inkubasi (0 MSI) sampai pada akhir inkubasi (8 MSI) (Lampiran 8). Tiap perlakuan mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap kadar respirasi tanah pada berbagai waktu inkubasi (Tabel 10).

Tabel 10. Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar Respirasi dalam Tanah pada Berbagai Waktu Inkubasi.

Perlakuan *)	Respirasi (mg CO ₂ /minggu)									
	minggu 1		minggu 2		minggu 4		minggu 6		minggu 8	
P0	2.48	a	7.79	a	5.66	a	3.93	a	2.96	a
P1	6.66	b	15.74	b	11.43	b	8.04	b	6.14	b
P2	7.08	c	15.89	b	11.51	bc	8.08	bc	6.16	b
P3	7.48	cd	16.14	bc	11.58	cd	8.14	cd	6.22	bc
P4	7.70	de	16.33	cd	11.65	d	8.17	de	6.24	bcd
P5	8.09	ef	16.62	d	11.76	e	8.23	ef	6.28	cde
P6	8.29	fg	17.06	e	11.83	e	8.28	fg	6.34	de
P7	8.54	g	17.97	f	12.03	f	8.31	g	6.39	e

Keterangan: Angka yang didampangi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak menunjukkan beda nyata berdasarkan uji Duncan 5% *): P0 (kontrol), P1 (Tanah + Biochar 4 t/ha), P2 (Tanah + Biochar 8 t/ha), P3 (Tanah + Biochar 12 t/ha), P4 (Tanah + Kompos 10 t/ha), P5 (Tanah + Biochar 4 t/ha + Kompos 10 t/ha), P6 (Tanah + Biochar 8 t/ha + Kompos 10 t/ha), P7 (Tanah + Biochar 12 t/ha + Kompos 10 t/ha).

Pemberian biochar, kompos dan kombinasi antara biochar dengan kompos selama penelitian menghasilkan nilai rata-rata CO₂ yg dikeluarkan tanah berbeda. Nilai respirasi tanah rata-rata setelah pemberian biochar ialah 9.60 mg CO₂/minggu - 9.91 mg CO₂/minggu. Nilai respirasi tanah rata-rata setelah pemberian kompos ialah sebesar 10.02 mg CO₂/minggu. Kombinasi antara biochar dengan kompos menghasilkan nilai rata-rata respirasi tanah sebesar 10.20 mg CO₂/minggu - 10.65 mg CO₂/minggu. Rendahnya nilai CO₂ mengindikasikan jumlah populasi dan aktivitas mikroorganisme yang sedikit, sedangkan CO₂ yang tinggi mengindikasikan bahwa tanah tersebut memiliki populasi mikroorganisme yang banyak. Pada kondisi lembab dan temperatur yang baik 1 kg tanah dapat mengeluarkan atau membebaskan sekitar 1 - 20 mg karbon sebagai CO₂.

Biochar mempunyai stabilitas yang tinggi karena biochar merupakan penyimpan karbon yang sangat baik sehingga dapat membantu mengurangi laju pemanasan global (Badlock dan Smernik, 2002). Selain itu, dekomposisi dan mineralisasi bahan organik yang cepat akan meningkatkan emisi CO₂ dan gas rumah kaca lain, yang berarti mempercepat pemanasan global (Diels *et al.*, 2004).

4.3 Hubungan Emisi Karbondioksida dengan Parameter Pengamatan.

Hasil analisis korelasi antar pH, respirasi, kerapatan mikrobia, C/N Rasio, N-total, K-Total dan C-Organik setelah 8 minggu inkubasi campuran tanah, biochar dan kompos disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Korelasi Antar Parameter Pengamatan.

Perlakuan	pH	C-Organik	N-Total	K-Total	Mikroba	Respirasi
pH	1					
C-organik	0.36	1				
N-total	0.29	0.99*	1			
K-total	0.45	0.99*	0.97*	1		
Mikroba	0.50	0.98*	0.96*	0.99*	1	
Respirasi	0.30	0.98*	0.96*	0.97*	0.95*	1

Keterangan: *) Berpengaruh Erat, **) Berpengaruh Sangat Erat.

Korelasi antara pH dan total kerapatan mikroba adalah nyata ($r = 0.499$). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan pH diikuti kenaikan terhadap total kerapatan mikroba. pH tanah mempengaruhi perkembangan mikroorganisme tanah yang hidup didalamnya. pH tanah mempengaruhi perkembangan mikroorganisme tanah pada kondisi tanah yang berbeda. Berdasarkan klasifikasi pH oleh Pusat Penelitian Tanah (1983), dapat dilihat bahwa pH tanah dikategorikan sebagai pH masam hingga agak asam dengan kisaran pH 4,5 – 5,5 (masam) dan pH 5,6 – 6,5 (agak masam). pH tanah yang diperoleh dari hasil penelitian berada pada kisaran pH 6.8 – 7.0. Mikroorganisme tanah umumnya dapat hidup dengan baik pada tanah dengan pH yang netral. Menurut Brady dan Buckman (1990), tanah dengan kisaran pH sedang antara 6 - 7 menyajikan keadaan yang paling baik untuk hidup mikroorganisme tanah, akan tetapi ada beberapa mikroorganisme yang dapat hidup dengan baik pada tanah dengan keadaan pH masam misalnya fungi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Lay (1994), fungi dapat tumbuh pada kisaran pH yang luas, kelompok ini dapat tumbuh pada pH masam.

Korelasi antara C-Organik tanah dan respirasi tanah adalah nyata ($r = 0.98^*$). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan hasil C-Organik tanah diikuti kenaikan respirasi tanah. Respirasi dan aktivitas mikroorganisme sangat erat kaitannya dengan jumlah karbon dalam tanah. Dimana tingginya bahan

organik (karbon) akan dapat meningkatkan populasi mikroorganisme dan aktivitasnya, karena bahan organik digunakan oleh mikroorganisme tanah sebagai penyusun tubuh dan sumber energinya.

Korelasi antara respirasi tanah dan total kerapatan mikroba adalah nyata ($r = 0.95^*$). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan total kerapatan mikroba dalam tanah diikuti kenaikan respirasi tanah. Respirasi tanah merupakan suatu proses yang terjadi karena adanya kehidupan mikrobia yang melakukan aktifitas hidup dan berkembang biak dalam suatu masa tanah. Mikrobia dalam setiap aktifitasnya membutuhkan O_2 atau mengeluarkan CO_2 yang dijadikan dasar untuk pengukuran respirasi tanah. Laju respirasi maksimum terjadi setelah beberapa hari atau beberapa minggu populasi maksimum mikrobia dalam tanah, karena banyaknya populasi mikrobia mempengaruhi keluaran CO_2 atau jumlah O_2 yang dibutuhkan mikrobia. Oleh karena itu, pengukuran respirasi tanah lebih mencerminkan aktifitas metabolik mikrobia daripada jumlah, tipe, mikrobia tanah.

Korelasi antara C-Organik tanah dan total kerapatan mikroba adalah nyata ($r = 0.98^*$). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan C-Organik diikuti kenaikan total kerapatan mikroba. Menurut Alexander (1977) pada tanah yang mempunyai bahan organik yang banyak, mikroorganisme seperti bakteri dan fungi sangat dominan.

Korelasi antara N-Total dan total kerapatan mikroba adalah nyata ($r = 0.96^*$). Beberapa bakteri membantu tanaman mendapatkan N dengan mengubah N di atmosfer menjadi bentuk N yang dapat digunakan oleh tanaman. Bakteri ini hidup di dalam nodule akar tanaman legume (seperti alfalfa dan kedelai) dan berfungsi secara baik dimana bakteri tersebut hidup pada tanah dengan kisaran pH yang sesuai.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian pengaruh pemberian biochar dan kompos pada sifat kimia dan biologi tanah sawah terhadap emisi gas karbondioksida (CO₂), dapat disimpulkan bahwa :

1. Pemberian biochar, kompos maupun kombinasi antara biochar dan kompos dalam berbagai dosis mempunyai pengaruh nyata terhadap sifat kimia pada tanah sawah. Menghasilkan pH; biochar sebesar 6.87 - 6.81, kompos sebesar 7.03, kombinasi sebesar 7.03 - 6.96. C-Organik; biochar sebesar 1.646% - 1.776%, kompos sebesar 1.842%, kombinasi sebesar 1.921% - 2.22%. N-Total; biochar sebesar 0.29% - 0.30%, kompos sebesar 0.31%, kombinasi sebesar 0.32% - 0.33%. K-Total; biochar sebesar 2.32% - 2.67%, kompos sebesar 2.89%, kombinasi sebesar 3.41% - 4.14%.
2. Pemberian biochar, kompos maupun campuran antara biochar dan kompos pengaruh nyata terhadap emisi karbondioksida (respirasi); biochar sebesar 9.60 mg CO₂/minggu - 9.91mg CO₂/minggu, kompos sebesar 10.02 mg CO₂/minggu, kombinasi sebesar 10.19 mg CO₂/minggu - 10.65 mg CO₂/minggu.
3. Emisi CO₂ (respirasi) berkorelasi nyata terhadap sifat kimia dan biologi tanah yang diteliti. Sifat kimia tanah antara lain C-Organik ($r = 0.98^*$), N-Total ($r = 0.96^*$), K-Total ($r = 0.97^*$). Sifat biologi tanah yaitu total kerapatan mikroba ($r = 0.95^*$), pemberian biochar, kompos maupun campuran antara biochar dan kompos pengaruh nyata terhadap total kerapatan mikroba; biochar sebesar $26.89 \cdot 10^7$ CFU/ml - $82.52 \cdot 10^7$ CFU/ml, kompos sebesar $124.09 \cdot 10^7$ CFU/ml, kombinasi sebesar $176.66 \cdot 10^7$ CFU/ml - $264.36 \cdot 10^7$ CFU/ml.

5.2. Saran

Saran yang diajukan dari penelitian ini adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh pemberian biochar dan kompos tidak hanya dengan menggunakan metode inkubasi namun diaplikasikan ke tanah sawah yang sedang digunakan untuk produksi tanaman padi, sehingga dapat diketahui emisi karbondioksida yang keluar ke udara setelah diserap oleh tanaman padi pada saat melakukan fotosintesis.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, M. 1977. Introduction to soil microbiology. 2nd ed. John Wiley and Sons, Inc., New York
- Anonim^a. 2013. Karakteristik Tanah Sawah di [http://repository.usu.ac.id/ bitstream/ChapterII.html](http://repository.usu.ac.id/bitstream/ChapterII.html) (Diakses tanggal 13 Januari 2013).
- Anonim^b. 2013. Biologi Tanah di <http://cahtanah.blogspot.com/20090216archive.html> (Diakses tanggal 28 Desember 2013).
- Baldock, J.A. and Smernik, R.J. 2002. Chemical Composition and Bioavailability of Thermally Altered Pinus Resinosa (Red Pine) Wood. *Organic Geochemistry* 33:1093-1109.
- Buckman, H.O dan B.C, Brady. 1990. Ilmu Tanah. *Terjemahan* Soegiman. Bhatara Aksara. Jakarta.
- CPIS (Centre for Policy and Implementation Studies) dan Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1991. Penelitian dan Pengembangan Pupuk Kompas Sampah Kota. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian.
- Crawford, J.H. 2003. Composting of Agricultural Waste.in *Biotechnology Applications and Research*, Paul N, Cheremisinoff and R. P.Ouellette (ed). p. 6877.<http://www.isroi.org>.
- Diels, J., Vanlauwe, B., van der Meersh, M.K., Sanginga. N. and Merck, R.J. 2004. Long Term Soil Organic Carbon Dynamics in a Subhumid Tropical Climate: 13C Data and Modeling With RothC. *Soil Biology and Biochemistry* 36: 1739–1750.
- Gani, Anischan. 2009. Arang Hayati “Biochar” sebagai Komponen Perbaikan Produktivitas Lahan. *Iptek Tanaman Pangan* Vol. 4 No. 1
- Gaskin, J.W., Steiner, C., Harris, K., Das, K.C. and Bibens, B. 2008. Effect of Low-Temperature Pyrolysis Conditions on Biochar for Agricultural Use. *Trans. ASABE* 51: 2061–2069.
- 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.
- Garcia C, Hernandez T, Costa F, Ceccanti B. 1994. Biochemical Parameters in Soils Regenerated by the Addition of Organic Wastes. *Wastes Management and Res.* 12: 457-466.
- Holzappel-Pschorn, A. and W. Seiler. 1986. Methane Emission During a Cultivation Period from an Italian Rice Paddy. *Journal of Geophysical Research* 91:11.803- 11.814. In Husin, Y.A. 1994. Methane Flux from Indonesian Wetland Rice: the Effects of Water Management and Rice Variety [dissertation]. Bogor: Post Graduate Program, Bogor Agricultural University.

- Husin, Y.A. 1994. Methane Flux from Indonesian Wetland Rice: the Effects of Water Management and Rice Variety [dissertation]. Bogor: Post Graduate Program, Bogor Agricultural University.
- Iswandi, A. 1989. Biologi Tanah Dalam Praktek. IPB, Bogor.
- Jensen, J.R. 2000. Remote Sensing of The Environment: An Earth Resources Perspective. USA: Prentice Hall.
- Karhu, O. 2011. Observing Working Posture in Industry Example of Owas Application. *Applied* 13-17.
- Lay BW. 1994. Analisis Mikroba di Laboratorium. Rajawali Pers. Jakarta.
- Lehmann, J. 2007. A Handful of Carbon. *Nature* 447: 143-144.
- Lehmann, J. and Joseph, S. 2009. Biochar for Environmental Management. UK: Earthscan.
- Lehmann, J. and Rondon, M. 2006. Biochar Soil Management on Highly Weathered Soils in the Humid Tropics. In: Uphoff N (Ed). Biological approaches to sustainable soil systems. Boca Ratont, FL: CRC Press
- Lestari, Yulin. 2006. The Potential of Microbes in Minimizing the Risk of Global Warming. Final Report of International Symposium (Food and Environmental Preservation in Asian Agriculture).
- Masulili, A., Utomo, W.H. and Syekhfani. 2010. Rice Husk Biochar for Rice Based Cropping System in Acid Soil 1. The Characteristics of Rice Husk Biochar and its Influence on the Properties of Acid Sulfate Soils and Rice Growth in West Kalimantan, Indonesia. *Journal of Agriculture Science*. <http://www.csenet.org/jas>.
- Neue, H. 1993. Methane Emission from Rice Fields: Wetland Rice Fields May Make a Major Contribution to Global Warming. *BioScience* 43 (7): 466-73.
- Nurmaini. 2001. Pencemaran Makanan Secara Kimia dan Biologis. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara
- Powelson, K. G. And Olk, D. C. 2000. Reduction of Potassium Fixation by Two Humic Acid Factions in Vermiculitic Soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59:1250-1258.
- Pusat Penelitian Tanah. 1983. Kriteria Sifat Kimia Tanah. Bogor: Departemen Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Robertson, P.A.W., C.O. Dowd, C. Burrells, P. Williams & B. Austin. 2000. Use of *Carnobacterium* sp. as a Probiotic for Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) and Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum). *Aquaculture* 185:235-243.
- Rosmarkam, A. dan NW. Yuwono. 2002. Ilmu Kesuburan Tanah. Kanisius, Yogyakarta.

- Subowo G. 2010. Penambangan Sistem Terbuka Ramah Lingkungan dan Upaya Reklamasi Pasca Tambang Untuk Meperbaiki Kualitas Sumberdaya Lahan dan Hayati Tanah. *Jurnal Sumberdaya Lahan Vol. 5 No. 2, Desember 2011*. ISSN 1907-0799
- Setyanto, Prihasto. 2004. Mitigasi Gas Metan dari Lahan Sawah. Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Steiner, C., Glaser, B., Teixeira, W.G., Lehmann, J., Blum, W.E.H. and Zech, W. 2008. Nitrogen Retention and Plant Uptake on a Highly Weathered Central Amazonian Ferralsol Amended With Compost and Charcoal. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 171: 893-899.
- Tan, K.H. 1991. Dasar-dasar Kimia Tanah. Didiek, H.G (penerjemah). Edisi I. Gadjah Mada University Press.
- Vogels, G.D., J.T. Keltjens, and C. Van der Drift. 1988. Biochemistry of Methane Production Biology of and Aerobic Microorganism. *Nature* 350:406-409.
- Wang, Z.P., R.D. DeLaune, P.H. Masscheley, and W.H. Patrick. 1993. Soil Redox and pH Effects on Methane Production in a Flooded Rice Soil. *Journal Soil Science Society America* 57:382-385.
- Warnock, D.D., Lehmann, J., Kuyper, T.W. and Rillig, M.C. 2007. Mycorrhizal Responses to Biochar in Soil – Concepts and Mechanisms. *Plant and Soil* 300: 9-20.
- Wihardjaka, A. 2001. Emisi Gas Metan di Tanah Sawah Irigasi dengan Pemberian Beberapa Bahan Organik. *Agrivita* 23(1):43-51.
- Yuan, J.H. and Xu, R.K. 2011. The Amelioration Effects of Low Temperature Biochar Generated from Nine Crop Residues on an Acidic Ultisol. *Soil Use and Management* 27: 110–115.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Cara Pengamatan Respirasi Tanah.

Cara kerja :

- a. Sampel tanah sawah diambil sebanyak ± 2 kg. Terdiri atas 8 perlakuan x 3 ulangan.
- b. Sebanyak 2 kg tanah ditimbang dan dimasukkan ke dalam pot (ukuran tinggi 20 cm, diameter 10 cm).
- c. Pada pot diletakkan 5 botol yang masing-masing berisi KOH sebanyak 100 ml.
- d. Kemudian pot ditutup dengan plastik, dan dilakban dengan rapat.
- e. Tanah dalam pot tersebut diinkubasi dalam ruangan selama 8 minggu.
- f. Pada minggu ke 1, 2, 4, 6 dan 8 dilakukan titrasi untuk mencari berapa CO₂ yang terbentuk. Caranya:
 1. Ditambahkan 2 tetes Penolptalin (pp) ke dalam fial film yang berisi KOH. Ditambahkan 0,1 HCl sampai warna merah menghilang.

$$\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} \longrightarrow \text{KCl} + \text{KHCO}_3$$
 2. Ditambahkan 2 tetes Metil Orange (mo). Titrasi lagi dengan HCl 0,1 N sampai warna kuning berubah menjadi pink. Dicatat volume HCl yang dibutuhkan.

$$\text{KHCO}_3 + \text{HCl} \longrightarrow \text{KCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$$
- g. Perlakuan yang sama juga dilakukan untuk semua perlakuan.

Jumlah CO₂ yang terbentuk dalam perlakuan berhubungan dengan jumlah CO₂ yang dihasilkan dari tanah. Jumlah CO₂ yang dihasilkan per kilogram tanah lembab per hari (r) dapat dihitung dengan rumus :

$$r = \frac{(a - b) \times t \times 120}{n}$$

dimana :

a = ml HCl sampel gas,

t = normalitas HCl,

b = ml HCl blanko,

n = jumlah hari inkubasi.

Lampiran 2. Metode Menghitung Agar-Cawan untuk Menghitung Jumlah Total Kerapatan Mikroba Tanah.

1. Bahan yang Perlu Disiapkan

a) Pembuatan Seri Pengenceran (Dilution Series).

Erlenmeyer 250 ml yang berisi 90 ml larutan fisiologi (8.5 g NaCl per liter aquades), tabung reaksi yang berisi 9 ml larutan fisiologi. Tutup semua erlenmeyer dan tabung reaksi dengan memakai penutup gabus atau kapas. Hati-hati membuat penutup ini agar jangan sampai basah sewaktu diautoklaf. Autoklaf selama 20 menit pada temperature 120° C. Dinginkan larutan fisiologi sebelum digunakan lebih lanjut. Untuk penetapan jumlah mikroorganisme total, biasanya digunakan pengenceran seper 10⁴ sampai seper 10⁷ (biasanya ditulis 10⁻⁴ dan 10⁻⁷).

Bila bahan yang akan ditentukan jumlah mikroorganismenya adalah tanah atau bahan padat lainnya, maka untuk mendapatkan larutan 10⁻¹ dapat dilakukan dengan memasukkan 10 g tanah ke dalam 90 ml larutan fisiologi yang ditempatkan dalam erlenmeyer 250 ml. kadangkala, larutan 10⁻¹ juga diperoleh dari pengocokan 20 g tanah di dalam 180 ml di dalam erlenmeyer 500 ml. cara ini lebih disukai karena contoh tanah yang digunakan lebih banyak sehingga data yang diperoleh akan lebih akurat.

b) Pembuatan media agar nutrien (nutrient agar).

Nutrien agar (NA) ini termasuk media buatan yang cukup kaya sehingga mikroorganisme seperti bakteri, kapang, aktinomisetes dapat tumbuh bervariasi.

Keuntungan menggunakan NA ini adalah penyimpanannya yang sangat praktis. Caranya adalah dengan menimbang 10 g NA dan dilarutkan di dalam 1 liter aquades (1% NA). autoklaf media tersebut selama 20 menit pada temperatur 120° C. media tersebut siap dipakai.

2. Prosedur
 - a. Buat suatu seri pengenceran seperti yang telah dijelaskan diatas. Idealnya untuk memindahkan 1 ml larutan 10^{-1} dalam pembuatan 10^{-2} dan dari 10^{-2} untuk membuat larutan 10^{-3} dan seterusnya digunakan pipet yang steril, dan pengocokan suspensi tanah atau bahan yang lain yang sempurna seperti terlihat pada gambar 1.
 - b. Pipet 1 ml dari suspensi yang paling encer pindahkan ke dalam cawan petri yang steril (gambar 1). Bila contoh tanah berasal dari tanah yang cukup subur, maka pengenceran yang tertinggi adalah 10^{-7} untuk penetapan bakteri dan 10^{-4} untuk fungi. Bila tanah kurang subur, cukup dimulai dari 10^{-5} untuk bakteri dan 10^{-3} untuk fungi. Lanjutkan pemindahan 1 ml suspensi dari pengenceran yang kurang (seperti $10^{-6}, 10^{-5}$) ke cawan petri dengan menggunakan pipet yang sama.
 - c. Media yang telah disiapkan didinginkan sampai temperatur media tersebut sekitar $40-45^{\circ}$ C. Cara yang praktis untuk mengetahui hal ini adalah dengan menempelkan Erlenmeyer ke pipi. Kalau terasa tidak begitu panas berarti temperature media sudah cukup dingin untuk digunakan. Penuangan media yang masih panas harus dihindari karena akan membunuh organism yang diteliti. Sebaliknya bila media terlalu dingin, maka agar memadat dan membentuk gumpalan-gumpalan. Jumlah media yang dituangkan ke cawan petri berkisar antara 10-15 ml. oleh karena umumnya media sangat mahal, maka dianjurkan untuk memakai hanya 10 ml media saja. Sebelum media dituangkan, maka mulut wadah medium (umumnya yang dipakai erlenmeyer), diseterilkan terlebih dulu dengan melewatkannya pada api bunsen. Supaya suspensi mikroorganisme dapat tersebar dengan merata pada cawan agar, maka setelah media dituangkan, secara pelan-pelan cawan petri yang telah berisi media, diputar ke arah kanan sebanyak 3 kali dan ke arah kiri 3 kali. Hal ini dilakukan dengan hati-hati dan harus dijaga agar media tidak menyentuh penutup cawan petri
 - d. Setelah media benar-benar padat, inkubasi pada temperatur yang diinginkan apakah 28° , 37° , 41° C, tergantung pada jenis mikroorganisme yang diteliti.

Letakkan cawan petri terbalik dalam incubator, agak uap air tidak menempel pada penutup cawan petri.

- e. Pengamatan dapat dilakukan setelah 3 hari inkubasi untuk bakteri dan fungi yang tumbuhnya cepat. Kadangkala bila bakteri atau fungi tersebut sangat cepat tumbuhnya, inkubasi selama 24 jam telah menghasilkan koloni yang jelas terlihat. Di lain pihak untuk mikroorganismenya yang tumbuhnya lambat, inkubasi dapat mencapai 10-14 hari. Jumlah koloni di dua cawan petri yang beturut-turut pengencerannya dari contoh yang sama, harus merupakan kelipatan 10 yang sama dengan pengenceran. Bila tidak, ada dua kemungkinan yaitu: (1) pembuatan seri pengenceran yang tidak teliti atau (2) telah terjadi kontaminasi. Bila dari pengenceran yang paling tinggi jumlah koloni melebihi 300 koloni per cawan petri berarti bahwa pengenceran terlalu rendah. Sebaliknya bila pengenceran yang paling rendah, jumlah koloni kurang dari 30, ini berarti bahwa pengenceran terlalu tinggi. Jika semua cawan petri menghasilkan jumlah koloni yang memuaskan, pilih cawan petri yang berisi 30 sampai 300 koloni per cawan petri. Lakukan penghitungan pada cawan petri yang jumlah koloninya 30-300 koloni per cawan petri. Untuk memudahkan perhitungan dapat menggunakan *Quebec Colony Counter*.
- f. Perhitungan dari hasil kalikan rata-rata jumlah koloni per cawan petri dengan factor pengenceran untuk mendapatkan jumlah mikroorganismenya total per gram contoh (tanah) kering udara. Hasil ini dikonversikan ke jumlah mikroorganismenya di dalam 1 gram tanah kering mutlak dengan perhitungan kadar air tanah.

Lampiran 3. Kebutuhan Biochar dan Kompos Tiap Pot

$$\text{Dosis pupuk /pot} = \frac{\text{Bobot tanah}}{\text{HLO}} \times \text{kebutuhan pupuk}$$

$$\begin{aligned} \text{Bobot 1 HLO} &= \text{luasan (hektar)} \times \text{kedalaman olah} \times \text{BI tanah} \\ &= 800 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ g/cm}^3 \\ &= 800 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m} \times 1,2 \times 10^{-3} \text{ kg/ } 10^{-6} \text{ m}^3 \\ &= 192.000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Bobot tanah dalam pot} = 2 \text{ kg}$$

- Dosis biochar : 4 ton/ha, 8 ton/ha, 12 ton/ha
Kebutuhan biochar per pot :

$$\begin{aligned} 4 \text{ ton/ha} &= \frac{2 \text{ kg}}{192.000 \text{ kg}} \times 4.000 \text{ kg/ha} \times 1.000 \text{ g} \\ &= 41,66 \text{ gram/pot} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 8 \text{ ton/ha} &= \frac{2 \text{ kg}}{192.000 \text{ kg}} \times 8.000 \text{ kg/ha} \times 1.000 \text{ g} \\ &= 83,33 \text{ gram/pot} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 12 \text{ ton/ha} &= \frac{2 \text{ kg}}{192.000 \text{ kg}} \times 12.000 \text{ kg/ha} \times 1.000 \text{ g} \\ &= 125 \text{ gram/pot} \end{aligned}$$

- Dosis kompos : 10 ton/ha
Kebutuhan kompos per pot :

$$\begin{aligned} 10 \text{ ton/ha} &= \frac{2 \text{ kg}}{192.000 \text{ kg}} \times 10.000 \text{ kg/ha} \times 1.000 \text{ g} \\ &= 104,16 \text{ gram/pot} \end{aligned}$$

Lampiran 4. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar N-total Tanah pada 1, 2, 4, 6 dan 8 MSI.

Waktu	Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel5%
M1	Perlakuan	7	0.004	0.001	172.361*	2.657
	Galat	16	4.867	3.042		
	Total	24	1.841			
M2	Perlakuan	7	0.003	0.000	31.071*	2.657
	Galat	16	0.000	1.524		
	Total	24	2.062			
M4	Perlakuan	7	0.002	0.000	87.320*	2.657
	Galat	16	4.219	2.637		
	Total	24	2.115			
M6	Perlakuan	7	0.003	0.000	99.604*	2.657
	Galat	16	7.581	4.738		
	Total	24	2.293			
M8	Perlakuan	7	0.057	0.008	31.173*	2.657
	Galat	16	0.004	0.000		
	Total	24	2.976			

Keterangan: * Berbeda Nyata.

Lampiran 5. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar K-total Tanah pada 1, 2, 4, 6 dan 8 MSI.

Waktu	Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel5%
M1	Perlakuan	7	11.610	1.659	128.679*	2.657
	Galat	16	0.206	0.013		
	Total	24	125.717			
M2	Perlakuan	7	9.537	1.362	80.613*	2.657
	Galat	16	0.270	0.017		
	Total	24	163.333			
M4	Perlakuan	7	10.124	1.446	134.999*	2.657
	Galat	16	0.171	0.011		
	Total	24	199.178			
M6	Perlakuan	7	12.209	1.744	49.907*	2.657
	Galat	16	0.559	0.035		
	Total	24	279.361			
M8	Perlakuan	7	12.492	1.785	94.250*	2.657
	Galat	16	0.303	0.019		
	Total	24	387.484			

Keterangan: * Berbeda Nyata.

Lampiran 6. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar C-organik Tanah pada 1, 2, 4, 6 dan 8 MSI.

Waktu	Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel5%
M1	Perlakuan	7	1.053	0.150	45.348*	2.657
	Galat	16	0.053	0.003		
	Total	24	135.856			
M2	Perlakuan	7	1.077	0.154	76.790*	2.657
	Galat	16	0.032	0.002		
	Total	24	114.956			
M4	Perlakuan	7	1.354	0.193	22.289*	2.657
	Galat	16	0.139	0.009		
	Total	24	80.732			
M6	Perlakuan	7	1.559	0.223	54.918*	2.657
	Galat	16	0.065	0.004		
	Total	24	57.787			
M8	Perlakuan	7	0.626	0.089	77.512*	2.657
	Galat	16	0.018	0.001		
	Total	24	39.772			

Keterangan: * Berbeda Nyata.

Lampiran 7. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar pH (H₂O) Tanah pada 1, 2, 4, 6 dan 8 MSI.

Waktu	Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel5%
M1	Perlakuan	7	0.089	0.013	16.063*	2.657
	Galat	16	0.013	0.001		
	Total	24	1224.469			
M2	Perlakuan	7	0.208	0.030	9.002*	2.657
	Galat	16	0.053	0.003		
	Total	24	1171.226			
M4	Perlakuan	7	0.226	0.032	16.696*	2.657
	Galat	16	0.031	0.002		
	Total	24	1152.148			
M6	Perlakuan	7	0.201	0.029	10.528*	2.657
	Galat	16	0.044	0.003		
	Total	24	1134.043			
M8	Perlakuan	7	0.265	0.038	6.490*	2.657
	Galat	16	0.093	0.006		
	Total	24	1103.830			

Keterangan: * Berbeda Nyata.

Lampiran 8. Hasil Analisis Ragam dan Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar Respirasi dalam Tanah pada 1, 2, 4, 6 dan 8 MSI.

Waktu	Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel 5%
M1	Perlakuan	7	27.763	3.966	70.418*	2.657
	Galat	16	0.901	0.056		
	Total	24	1325.234			
M2	Perlakuan	7	13.191	1.884	52.009*	2.657
	Galat	16	0.580	0.036		
	Total	24	6482.003			
M4	Perlakuan	7	1.119	0.160	36.926*	2.657
	Galat	16	0.069	0.004		
	Total	24	3252.170			
M6	Perlakuan	7	0.442	0.063	50.686*	2.657
	Galat	16	0.020	0.001		
	Total	24	1589.944			
M8	Perlakuan	7	0.416	0.059	15.304*	2.657
	Galat	16	0.062	0.004		
	Total	24	926.228			

Keterangan: * Berbeda Nyata.

Lampiran 9. Hasil Analisis Ragam dan Pengaruh Perlakuan Terhadap Total Kerapatan Mikroba dalam Tanah pada 1, 2, 4, 6 dan 8 MSI.

Waktu	Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel 5%
M1	Perlakuan	7	105293.420	15041.917	0.631	2.657
	Galat	16	381699.260	23856.204		
	Total	24	676865.314			
M2	Perlakuan	7	280494.124	40070.589	0.898	2.657
	Galat	16	713687.963	44605.498		
	Total	24	1658538.825			
M4	Perlakuan	7	169382.513	24197.502	1.359	2.657
	Galat	16	284812.498	17800.781		
	Total	24	844551.838			
M6	Perlakuan	7	197037.507	28148.215	0.608	2.657
	Galat	16	740851.769	46303.236		
	Total	24	1313271.773			
M8	Perlakuan	7	93647.692	13378.242	1.718	2.657
	Galat	16	124572.371	7785.773		
	Total	24	330908.611			

Keterangan: * Berbeda Nyata.

Lampiran 10. Perlakuan Inkubasi dan Denah Percobaan



Ulangan I	Ulangan II	Ulangan III
P0 ₁	P0 ₂	P0 ₃
P1 ₁	P1 ₂	P1 ₃
P2 ₁	P2 ₂	P2 ₃
P3 ₁	P3 ₂	P3 ₃
P4 ₁	P4 ₂	P4 ₃
P5 ₁	P5 ₂	P5 ₃
P6 ₁	P6 ₂	P6 ₃
P7 ₁	P7 ₂	P7 ₃

Keterangan: P0 (kontrol), P1 (Tanah + Biochar 4 t/ha), P2 (Tanah + Biochar 8 t/ha), P3 (Tanah + Biochar 12t/ha), P4 (Tanah + Kompos 10 t/ha), P5 (Tanah + Biochar 4 t/ha + Kompos 10 t/ha), P6 (Tanah + Biochar 8 t/ha + Kompos 10 t/ha), P7 (Tanah + Biochar 12t/ha + Kompos 10 t/ha).