

**PENGARUH WAKTU INKUBASI TERHADAP TOTAL FUNGI DAN  
BAKTERI PADA TANAH YANG DIINKUBASIKAN BIOCHAR  
BATANG SINGKONG BERBAGAI SUHU PIROLISIS**

(Skripsi)

Oleh

Dini Setia Efendi  
1714181007



**JURUSAN ILMU TANAH  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2024**

**PENGARUH WAKTU INKUBASI TERHADAP TOTAL FUNGI DAN  
BAKTERI PADA TANAH YANG DIINKUBASIKAN BIOCHAR  
BATANG SINGKONG BERBAGAI SUHU PIROLISIS**

**Oleh**

**Dini Setia Efendi**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA PERTANIAN**

**Pada**

**Jurusan Ilmu Tanah  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**JURUSAN ILMU TANAH  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDARLAMPUNG  
2024**

## **ABSTRAK**

### **PENGARUH WAKTU INKUBASI TERHADAP TOTAL FUNGI DAN BAKTERI PADA TANAH YANG DIINKUBASIKAN BIOCHAR BATANG SINGKONG BERBAGAI SUHU PIROLISIS**

**Oleh**

**Dini Setia Efendi**

Biochar merupakan senyawa organik yang resisten terhadap pelapukan didalam tanah. Oleh karena itu biochar mampu berfungsi sebagai bahan pembenah tanah dan menjadi habitat fungi dan bakteri tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari total fungi dan bakteri pada tanah yang diinkubasi biochar dengan suhu pirolisis yang berbeda. Penelitian dilakukan di Laboratorium Lapang Terpadu dan Laboratorium Ilmu Tanah, Universitas Lampung, pada bulan Januari 2022 – Desember 2023. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 5 perlakuan, yaitu B<sub>0</sub> (tanpa perlakuan), B<sub>1</sub> (250 °C), B<sub>2</sub> (300 °C), B<sub>3</sub> (350 °C) dan B<sub>4</sub> (400 °C) dengan 4 kali ulangan. Data dianalisis dengan menggunakan analisis ragam dan uji BNT pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu pirolis biochar yang paling baik dalam penelitian ini yaitu pada suhu 250 °C saat waktu pengamatan 2 BSI dengan total rata-rata populasi fungi 4,72 log CFU g<sup>-1</sup> dan total rata-rata populasi bakteri 6,19 log CFU g<sup>-1</sup>.

Kata kunci : biochar, suhu pirolisis, total bakteri, total fungi

## ***ABSTRACT***

### **EFFECT OF INCUBATION TIME ON TOTAL FUNGI AND BACTERIA IN SOIL INCUBATED WITH CASSAVA STEM BIOCHAR AT VARIOUS PYROLYSIS TEMPERATURES**

*By*

**Dini Setia Efendi**

Biochar is an organic compound that is resistant to weathering in the soil. Therefore biochar is able to function as a soil improver and habitat for soil fungi and bacteria. This research aims to study the total fungi and bacteria in soil incubated with biochar with different pyrolysis temperatures. The research was conducted at the Laboratory and Soil Science Laboratory, University of Lampung, in the months of January 2022 - December 2023. This study used a randomised group design group (RAK) with 5 treatments, namely B<sub>0</sub> (no treatment), B<sub>1</sub> (250 °C), B<sub>2</sub> (300°C), B<sub>3</sub> (350 °C) and B<sub>4</sub> (400 °C) with 4 replications. Data was analysed using analysis of variance and BNT test at 5% level. Research results showed that the best biochar pyrolysis temperature in this study is at 250 °C when the observation time is 2 BSI with an average total fungi population of 4,72 log CFU g<sup>-1</sup> and total average bacterial population of 6,19 log CFU g<sup>-1</sup>.

Keywords: biochar, pyrolysis temperature, total bacteria, total fungi

**Judul : PENGARUH WAKTU INKUBASI TERHADAP  
TOTAL FUNGI DAN BAKTERI PADA TANAH  
YANG DIINKUBASIKAN BIOCHAR BATANG  
SINGKONG BERBAGAI SUHU PIROLISIS**

**Nama Mahasiswa : Dini Setia Efendi**

**NPM : 1714181007**

**Program Studi : Ilmu Tanah**

**Fakultas : Pertanian**



**Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M. Si.**  
NIP 196305081988112001

**Liska Mutiara Septiana, S.P., M.Si.**  
NIP 198809192019032014

**2. Ketua Jurusan Ilmu Tanah**

**Ir. Hery Novpriansyah, M.Si.**  
NIP 196305091987032001

**MENGESAHKAN**

1. **Tim Penguji**

**Ketua : Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M. Si.**

**Sekretaris : Liska Mutiara Septiana, S.P., M.Si.**

**Penguji  
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. M. A. Syamsul Arif, M.Sc.**

2. **Dekan Fakultas Pertanian**



**Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.**

NIP. 196411181989021002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 30 Mei 2024**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Pengaruh Waktu Inkubasi Terhadap Total Fungi dan Bakteri pada Tanah Yang Diinkubasikan Biochar Batang Singkong Berbagai Suhu Pirolisis”** merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain.

Penelitian ini merupakan bagian dari hibah penelitian DIPA Fakultas Pertanian Universitas Lampung (DIPA FP) Tahun 2021 a.n Liska Mutiara Septiana, S.P., M.Si (ketua), Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si (anggota), Prof. Dr. Ir. Ainin Niswati, M.S., M.Agr.Sc. (anggota), Dr. Ir. M. A. Syamsul Arif, M.Sc. (anggota). Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Jika dikemudian hari terbukti skripsi ini merupakan hasil Salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 30 Mei 2024

Yang Membuat Pernyataan



Dini Setia Efendi

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lampung pada tanggal 30 Desember 1999, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, dari Alm. bapak Gustaf Efendi dan Ibu Dwi Rahayu. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SD N 1 Bandar Sribhawono pada tahun 2011, SMP N 1 Bandar Sribhawono pada tahun 2011, dan SMA N 1 Bandar Sribhawono pada tahun 2017.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswi Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada tahun 2017 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah mengikuti kegiatan organisasi kemahasiswaan, yaitu Badan Eksekutif Mahasiswa Universitas Lampung (BEM U KBM Unila) dan Gabungan Mahasiswa Ilmu Tanah Unila (Gamatala). Penulis pernah menjadi asisten dosen pada praktikum mata kuliah Dasar-Dasar Ilmu Tanah, Teknologi Pengelolaan Agen Biologis Hara dan Biologi Tanah.

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sribhawono, Kecamatan Bandar Sribhawono, Lampung Timur, Lampung pada bulan Februari-Maret 2021. Penulis juga melaksanakan Praktik Umum (PU) di Jaya Anggara Farm di Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung pada bulan Juli-Agustus 2020. Selanjutnya, pada tahun 2020 juga Penulis pernah menerima pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa Bidang Pengabdian Masyarakat (PKMM) dan Program Holistik Pembinaan dan Pemberdayaan Desa (PHP2D) dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.



“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(QS Al-Insyirah: 6)

“Cukuplah Allah menjadi pelindung dan cukuplah Allah menjadi penolong (bagimu).”

(QS An-Nisa: 45)

“Yang bisa menyelesaikan semua yang sudah dimulai adalah diri sendiri”

## **PERSEMBAHAN**

*Bismillahirrohmanirrohim*

*Alhamdullilahirobbil'alaamiin*

Dengan mengucapkan syukur Kahadirat Allah SWT, atas nikmat sehat serta Rahmat-Nya skripsi ini dapat terselesaikan.

Karya Sederhana ini Ku Persembahkan Untuk:

Kedua Orang Tuaku Tercinta Alm. Bapak Gustaf Efendi dan Ibu Dwi Rahayu Yang sudah memberikan dukungan moril maupun materil, mendidik, menjaga, memberikan kasih sayang, doa semangat, cinta dan segalanya, kasih sayang mu takkan bisa ku gantikan sampai kapan pun...

Adikku Berliana Efendi dan Daniela Ghaisani Efendi Yang selalu mendukung, memberi saran, semangat dan doa terbaik

Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si. dan Liska Mutiara Septiana, S.P., M.Si., yang telah membimbing selama di bangku perkuliahan

Serta,

Almamaterku tercinta, Ilmu Tanah Universitas Lampung

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta nikmat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Berbagai Suhu Pirolisis Biochar Batang Singkong Terhadap Total Fungi Dan Bakteri Pada Tanah Ultisol Yang Diinkubasi”.

Dalam penyusunan penulisan Skripsi penulis mendapatkan bantuan dari semua pihak terkait. Oleh karena itu pada kesempatan ini, dengan segenap rasa hormat, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. Selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Hery Novpriansyah, M.Si. Selaku Ketua Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M. Si. selaku Pembimbing Utama atas bimbingan arahan, saran, dan motivasi kepada penulis selama penelitian dan penulisan skripsi.
4. Ibu Liska Mutiara Septiana, S.P., M.Si. selaku Pembimbing Kedua atas bimbingan arahan, saran, dan motivasi kepada penulis selama penelitian dan penulisan skripsi.
5. Bapak Dr. Ir. M. A. Syamsul Arif, M.Sc. selaku penguji yang telah memberikan masukan, saran, dan kritik dalam penyempurnaan skripsi.

6. Bapak Prof. Dr. Ir. Abdul Kadir Salam, M.Sc.,Ph.D. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan saran dan motivasi dalam perkuliahan.
7. Kedua orang tuaku Alm. Bapak Gustaf Efendi dan Ibu Dwi Rahayu yang selalu mendoakan dan mendukung selama kuliah dan dalam penyusunan skripsi ini sampai dengan selesai.
8. Sahabatku, Indah Selviana Oktaviani atas kesabaran, semangat, bantuan, motivasi serta do'a yang tulus sehingga penulisan skripsi ini berjalan dengan lancar.
9. Kepada Tri Anti Permata Sari, Bening Sabrina Yuri dan Irna Wijaya yang telah memberikan semangat, motivasi untuk pembuatan Skripsi.
10. Sahabat-sahabat perjuangan Nikhen Santika, Devi Ushliyana Fauzi, Omita Mega Nurtyas, Fajar Pratiwi, Meri Fitriani Saipul, Abiza Robiul Abubakar, Galuh Novrillia, Wulandari, Ahmad Rizal Muhaimin, Vhico Cheysar Hermawan, yang sudah memberikan semangat, kebersamaan, kekeluargaan dan motivasi penulis hingga sekarang.
11. Ellen Aprilia Ananda, S. P selaku pengurus Laboratorium Biologi Tanah yang telah memberikan semangat, motivasi, arahan dan dukungan kepada penulis sehingga penelitian dapat berjalan dengan lancar.
12. Seluruh teman-teman angkatan Ilmu Tanah 2017 dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu, memberikan semangat, doa dan kebersamaan selama perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.

Semoga Allah SWT dapat membalas semua kebaikan yang diberikan kepada penulis dan semoga dapat bermanfaat bagi rekan-rekan yang membaca. Aamiin.

Bandar Lampung, 30 Mei 2024

Penulis

**Dini Setia Efendi**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xxiii</b>
<b>I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Kerangka Pemikiran.....	4
1.5 Hipotesis.....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Karakteristik Ultisol.....	7
2.2 Biochar.....	8
2.3 Mikroorganismen Tanah.....	10
2.4 Aktivitas Mikroorganismen Tanah.....	11
2.5 Faktor Yang Mempengaruhi Biomasa Organismen.....	12
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>15</b>
3.1 Waktu dan Tempat.....	15
3.2 Alat dan Bahan.....	15
3.3 Metode Penelitian.....	16
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	16
3.4.1 Proses Pembuatan Biochar.....	16
3.4.2 Pengambilan Sampel Tanah Inkubasi.....	17

3.4.3 Inkubasi.....	17
3.5 Variabel Pengamatan.....	18
3.5.1 Variabel Utama.....	18
3.5.2 Variabel Pendukung.....	20
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>23</b>
4.1 Hasil dan Pembahasan.....	23
4.1.1 Sifat Kimia Tanah dan Karakteristik Biochar.....	23
4.1.2 Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap Total Fungi Tanah .....	26
4.1.3 Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap Total Bakteri Tanah .....	30
4.1.4 Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Perbedaan Suhu Pirolisis terhadap Sifat Kimia Tanah 4 Bulan Setelah Inkubasi (BSI).....	33
4.1.5 Korelasi antara Sifat Kimia Tanah dengan Populasi Fungi dan Bakteri Tanah 4 Bulan Setelah Inkubasi (BSI).....	35
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>38</b>
5.1 Simpulan.....	38
5.2 Saran.....	38
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>39</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>44</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Analisis Tanah Awal Badan Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Natar.....	21
2. Karakteristik Biochar batang singkong dengan berbagai suhu pirolisis ( $^{\circ}\text{C}$ ).....	22
3. Hasil analisis ragam pengaruh suhu pirolisis biochar terhadap total populasi fungi pada pengamatan di 0 BSI, 2 BSI, dan 4 BSI.....	25
4. Pengaruh suhu pirolisis biochar terhadap populasi fungi tanah pada pengamatan 2 BSI dan 4 BSI.....	26
5. Hasil analisis ragam pengaruh suhu pirolisis biochar terhadap total populasi bakteri pada pengamatan di 0 BSI, 2 BSI, dan 4 BSI.....	29
6. Pengaruh suhu pirolisis biochar terhadap populasi fungi tanah pada pengamatan 0 BSI.....	29
7. Hasil analisis ragam pengaruh setiap perlakuan terhadap sifat kimia tanah pada pengamatan 4 BSI.....	32
8. Pengaruh suhu pirolisis biochar terhadap pH tanah pada pengamatan 4 BSI.....	33
9. Nilai rerata pH, C-org (%), populasi fungi ( $\text{Log CFU g}^{-1}$ ), dan populasi bakteri ( $\text{Log CFU g}^{-1}$ ) pada pengamatan 4 BSI.....	34
10. Uji korelasi antara pH, C-org, populasi fungi, dan populasi bakteri pada pengamatan 4 BSI.....	43

11. Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap Total Fungi Tanah pada Pengamatan 0 BSI.....	43
12. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap Total Fungi Tanah pada Pengamatan 0 BSI.....	44
13. Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap Total Fungi Tanah pada Pengamatan 0 BSI.....	44
14. Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap Total Fungi Tanah pada Pengamatan 2 BSI.....	45
15. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap Total Fungi Tanah pada Pengamatan 2 BSI.....	45
16. Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap Total Fungi Tanah pada Pengamatan 2 BSI.....	46
17. Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap Total Fungi Tanah pada Pengamatan 4 BSI.....	47
18. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap Total Fungi Tanah pada Pengamatan 4 BSI.....	47
19. Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap Total Fungi Tanah pada Pengamatan 4 BSI.....	48
20. Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap Total Bakteri Tanah pada Pengamatan 0 BSI.....	49



21. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap Bakteri Tanah Total pada Pengamatan 0 BSI.....	49
22. Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap Total Bakteri Tanah pada Pengamatan 0 BSI.....	50
23. Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap Total Bakteri Tanah pada Pengamatan 2 BSI.....	50
24. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap Total Bakteri Tanah pada Pengamatan 2 BSI.....	51
25. Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap Total Bakteri Tanah pada Pengamatan 2 BSI.....	51
26. Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap Total Bakteri Tanah pada Pengamatan 4 BSI.....	52
27. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap Total Bakteri Tanah pada Pengamatan 4 BSI.....	52
28. Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap Total Bakteri Tanah pada Pengamatan 4 BSI.....	53
29. Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap C-Organik Tanah pada Pengamatan 4 BSI.....	53
30. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap C-Organik Tanah pada Pengamatan 4 BSI.....	54

31. Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap C-Organik Tanah pada Pengamatan 4 BSI.....	54
32. Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap pH Tanah pada Pengamatan 4 BSI.....	55
33. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap pH Tanah pada Pengamatan 4 BSI.....	55
34. Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dengan Suhu Pirolisis Berbeda terhadap pH Tanah pada Pengamatan 4 BSI.....	56
35. Hasil Uji Korelasi antara pH dengan Populasi Fungi Tanah 4 Bulan Setelah Inkubasi (BSI).....	56
36. Hasil Uji Korelasi antara C-Organik dengan Populasi Fungi Tanah 4 Bulan Setelah Inkubasi (BSI).....	57
37. Hasil Uji Korelasi antara pH dengan Populasi Bakteri Tanah 4 Bulan Setelah Inkubasi (BSI).....	57
38. Hasil Uji Korelasi antara C-Organik dengan Populasi Bakteri Tanah 4 Bulan Setelah Inkubasi (BSI).....	57

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram alir kerangka pemikiran.....	6
2. Dinamika total populasi fungi tanah (Log CFU g <sup>-1</sup> ) pada setiap perlakuan pada pengamatan 0 BSI, 2 BSI, dan 4 BSI.....	28
3. Hasil isolasi fungi tanah yang diaplikasi biochar batang singkong dengan suhu pirolisis 250°C (B <sub>1</sub> ) pada 2 BSI.....	28
4. Dinamika total populasi bakteri (Log CFU g <sup>-1</sup> ) pada setiap perlakuan pada pengamatan 0 BSI, 2 BSI, dan 4 BSI.....	31
5. Hasil isolasi bakteri tanah yang diaplikasi biochar batang singkong dengan suhu pirolisis 350 °C (B <sub>3</sub> ) pada 2 BSI.....	31
6. Hubungan korelasi antara pH dan populasi fungi tanah pada 4 BSI .....	35

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tanah ultisol merupakan salah satu tanah marginal yang tersebar di Sumatra, Kalimantan, Sulawesi dan Irian Jaya (Hardjowigeno, 1993). Luas tanah Ultisol di Indonesia mencapai 24,3 % atau 45,8 juta ha dari luasan lahan Indonesia (Subagyo dkk., 2000). Di Sumatera, tanah ini banyak tersebar pada berbagai daerah seperti di provinsi Lampung. Ultisol adalah salah satu jenis tanah yang memiliki produktivitas rendah. Hal tersebut disebabkan karena sifat kimia, fisik, dan biologi yang kurang menguntungkan. Menurut Hardjowigeno (2007) tanah Ultisol memiliki pH yang masam, kandungan Al tinggi, unsur hara dan bahan organik rendah. Selain itu tanah ultisol memiliki tingkat kejenuhan basa (KB) yang tergolong rendah (Widayantika dan Priyono, 2019). Sedangkan menurut Adianingsih dan Mulyadi (1993) tanah Ultisol yang tidak diolah dengan tepat akan menyebabkan permasalahan seperti rendahnya kandungan hara P, kation-kation dapat ditukar seperti Ca, Mg, Na, dan K, dan kapasitas pertukaran kation (KTK).

Pada bidang pertanian terdapat permasalahan lain yaitu sifat biologi tanah salah satunya tingkat populasi mikroorganisme tanah yang rendah. Mikroorganisme tanah merupakan salah satu indikator dari sifat biologi tanah yang berperan dalam proses mineralisasi unsur hara sehingga, dapat tersedia bagi tanaman (Permana dkk., 2017). Menurut Purwaningsih (2005) populasi mikroorganisme berupa fungi dan bakteri dalam tanah akan menggambarkan tingkat kesuburan tanah. Menurut Purwaningsih (2009) tanah yang subur adalah yang mengandung lebih dari 100 juta mikroba. Mikroorganisme tanah berupa bakteri dan fungi merupakan

pemecah primer (Saridevi dkk., 2013) yang dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara didalam tanah.

Biochar merupakan senyawa organik yang mengandung karbon tinggi 40-60% dan resisten terhadap pelapukan di dalam tanah. Biochar berfungsi sebagai bahan pembenah tanah organik yang efektif dalam memperbaiki kesuburan tanah dan bertahan hingga ratusan tahun di dalam tanah. Pemberian biochar sebagai bahan pembenah tanah dapat memperbaiki sifat biologi tanah. Populasi mikroorganisme tanah di lahan sangat dipengaruhi oleh keberadaan bahan organik, semakin banyak bahan organik yang tersedia, maka semakin banyak pula sumber energi bagi organisme tanah (Izzudin, 2012). Penambahan biochar dapat meningkatkan total populasi bakteri dalam tanah, hal ini sejalan dengan pendapat Gani (2009), bahwa biochar tidak dikonsumsi bakteri tetapi sebagai habitat bagi mikroorganisme tanah, dan umumnya biochar yang diaplikasikan dapat tinggal dalam tanah selama bahkan ribuan tahun. Nurida dkk., (2012), menjelaskan bahwa persentase C-organik tanah meningkat dari 0,09% menjadi 1,025-1,07 setelah pengaplikasian bahan pembenah tanah berupa biochar sekam padi dan tempurung kelapa.

Bahan baku yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan biochar yaitu salah satunya limbah batang singkong. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Lampung (2017), pada tahun 2016 Provinsi Lampung merupakan salah satu daerah yang mendominasi potensi singkong di Indonesia dengan luasan lahan panen yang mencapai 342.100 ha. Produksi singkong di tahun 2017 meningkat mencapai 8,45 ton/ha serta dihasilkan limbah batang singkong yang cukup tinggi. Menurut Sumanda dkk., (2011) hanya sekitar 10% dari tinggi batang singkong yang dimanfaatkan petani untuk musim tanam selanjutnya dan hampir 90% tidak dimanfaatkan sehingga menjadi limbah pertanian. Sehingga, pemanfaatan limbah batang singkong akan efektif sebagai bahan baku biochar.

Teknologi pembuatan biochar yang beragam akan menghasilkan kualitas biochar yang beragam pula. Proses pembakaran bahan baku limbah batang singkong

dengan teknologi pirolisis akan mempengaruhi kandungan atau kualitas biochar yang dihasilkan. Pirolisis atau termolisis merupakan proses pemanasan pada suhu tinggi tanpa atau sedikit oksigen ( $O_2$ ), dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia sehingga akan mendekomposisi bahan organik (biomassa). Oleh karena itu diperlukan suhu pirolisis yang tepat untuk menghasilkan kualitas biochar yang baik dan dapat menciptakan habitat yang sesuai untuk populasi mikroorganisme (fungi dan bakteri) sehingga mampu meningkatkan kesuburan tanah Ultisol.

Pemberian bahan pembenah tanah berupa biochar dapat memperbaiki sifat biologi tanah. Biochar merupakan senyawa organik yang mengandung karbon tinggi 40 – 60% dan resisten terhadap pelapukan didalam tanah. Oleh karena itu biochar mampu berfungsi sebagai bahan pembenah tanah organik yang efektif dalam memperbaiki kesuburan tanah dan mampu bertahan hingga ratusan tahun di dalam tanah. Sifat biologi tanah yang akan berpengaruh salah satunya yaitu keberadaan mikroorganisme tanah berupa populasi fungi dan bakteri dalam tanah. Bahan baku yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan biochar yaitu salah satunya limbah batang singkong.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka penelitian ini dilakukan untuk menjawab rumusan masalah yaitu apakah suhu pirolisis biochar yang berbeda akan memengaruhi total populasi fungi dan bakteri pada tanah Ultisol?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mempelajari total fungi dan bakteri pada tanah yang diinkubasi biochar dengan suhu pirolisis yang berbeda.

#### 1.4 Kerangka Pemikiran

Tanah Ultisol merupakan salah satu jenis tanah mineral masam yang memiliki kesuburan tanah rendah. Kandungan hara dan bahan organik yang rendah pada ultisol disebabkan oleh proses pencucian basa berlangsung intensif atau terbawa erosi, dan proses dekomposisi yang berjalan cepat (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006). Rendahnya kandungan organik pada tanah ultisol menyebabkan agregasi tanah dan populasi mikroorganisme rendah. Pemberian bahan amelioran berupa biochar batang singkong berpotensi untuk memperbaiki sifat-sifat tanah ultisol. Biochar merupakan bahan padat berupa substansi arang berpori yang diperoleh dari hasil proses dekomposisi thermal (pirolisis). Biochar berperan sebagai habitat mikroorganisme tanah (Gani, 2009). Proses pirolisis pada suhu tinggi menghasilkan struktur biochar dengan luas permukaan yang lebih besar yang dapat meningkatkan penjerapan kation, meningkatkan porositas tanah, mengurangi kepadatan tanah dan menjaga kelembapan tanah (Endriani, 2018). Selain itu, pemberian biochar didalam tanah dapat meningkatkan kandungan bahan organik tanah, C-organik, pH, dan kapasitas retensi hara dan air (Sohi dkk., 2009).

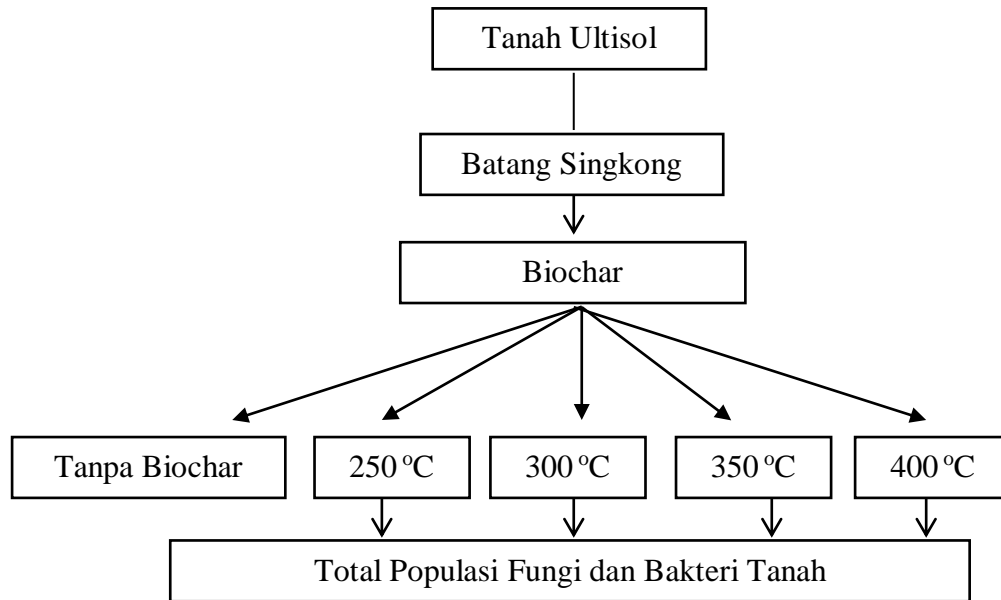
Lahan budidaya tanaman singkong yang luas menghasilkan banyak potensi limbah pertanian menguntungkan apabila diolah secara tepat khususnya limbah batang singkong. Petani pada umumnya hanya membiarkan limbah batang singkong menumpuk disekitar lahan pertaniannya yang dapat menyebabkan permasalahan lingkungan. Limbah batang singkong merupakan bahan organik dengan kandungan karbon (C) tinggi mencapai 49,5 % dan kandungan unsur utama lainnya seperti oksigen (O) 39,5 %; hidrogen (H) 10,4%; dan nitrogen (N) 0,6% sehingga dapat diolah menjadi bahan pembenah tanah (amelioran) berupa biochar. Selain itu, berdasarkan analisis proksimat batang singkong memiliki kandungan zat volatil 61,0 %; karbon tetap (*fixed carbon*) 27,0 %; kadar air dan abu yang rendah sebesar 8,0% dan 4,0 % (Foong dkk., 2020). Kandungan karbon dan *fixed carbon* yang tinggi pada batang singkong menunjukkan kesesuaiannya untuk dikonversi menjadi biochar.

Menurut Sohi dkk., (2009), jenis pirolisis lambat dengan penggunaan suhu sekitar 400 °C akan menghasilkan produk dominan padatan berupa biochar. Variasi penggunaan suhu pirolisis pada pembuatan biochar akan mempengaruhi karakteristik biochar yang terbentuk (Santi dan Goenadi, 2012). Shariff dkk., (2016) menyatakan variasi suhu pirolisis yang digunakan akan memberikan hasil yang signifikan pada persentase karbon tetap, semakin tinggi suhu pirolisis yang digunakan maka kandungan karbon tetap dalam biochar akan semakin tinggi pula. Pada penelitiannya juga menyatakan penggunaan suhu pirolisis sebesar 400 °C dapat menghasilkan biochar batang singkong dengan kandungan karbon hingga 78,39 wt.%. Selain itu perbedaan suhu pirolisis yang digunakan juga akan mempengaruhi luas permukaan biochar, batang singkong yang menerima panas lebih banyak akan menghasilkan jumlah pori yang lebih besar pula pada permukaan biochar (Foong dkk., 2020) yang dapat meningkatkan habitat yang cocok bagi fungi dan bakteri tanah. Fru dkk., 2017 dalam penelitiannya juga melaporkan kandungan unsur biochar batang singkong yang dihasilkan pada suhu pirolisis 500 °C memiliki pH (H<sub>2</sub>O) 10,22; nitrogen total (N) 18,15 g/kg, dan KTK tanah 39,53 cmol/kg.

Kandungan C-organik dalam tanah akan meningkat bila diaplikasikan biochar dengan kandungan karbon yang tinggi (Lopez dkk., 2013). Kandungan karbon dan C-organik yang tinggi akan berasosiasi dengan meningkatnya jumlah mikroorganisme pada tanah khususnya fungi dan bakteri tanah (Li dkk., 2018). Biochar yang diberikan dengan dosis yang tepat pada tanah akan menciptakan habitat yang cocok bagi mikroorganisme dan meningkatkan produktivitas tanah. Pakpahan (2018) dalam penelitiannya melaporkan pemberian biochar dengan dosis 20 ton/ha pada tanah memberikan peningkatan kandungan C-organik, pH, KTK, KB, dan unsur N, P, K dalam tanah. Liang dkk., (2014) dalam penelitiannya juga menyatakan bahwa pemberian biochar pada media tanam yang di inkubasi selama 1 bulan dapat meningkatkan pH, KTK, total karbon dan nitrogen tanah serta biomasa bakteri dan fungi dalam tanah. Pengaplikasian biochar 20 ton ha<sup>-1</sup> yang dihasilkan dari modifikasi suhu pirolisis yang berbeda-beda (250 °C, 300 °C, 350 °C, dan 400 °C) diduga akan berpengaruh pada total fungi dan bakteri dalam



tanah. Keberadaan mikroorganisme tanah berupa fungi dan bakteri memegang peranan penting dalam siklus hara dan penyerapan karbon dalam tanah. Alur kerangka pemikiran pada penelitian ini digambarkan pada diagram di bawah ini:



Gambar 1. Diagram alir kerangka pemikiran.

### 1.5 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah dikemukakan, maka hipotesis pada penelitian ini yaitu aplikasi biochar dengan suhu pirolisis yang berbeda akan mempengaruhi total fungi dan bakteri pada tanah Ultisol.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Karakteristik Ultisol

Ultisol merupakan tanah yang mempunyai tingkat perkembangan yang cukup lanjut, dicirikan oleh penampang tanah yang dalam, peningkatan fraksi lempung seiring dengan kedalaman tanah (horison argilik) atau adanya horison kandik, reaksi tanah masam (pH 3,10–5,00), dan kejenuhan basa rendah (< 35%). Ultisol diklasifikasikan sebagai Podsolik Merah Kuning. Pada umumnya Ultisol berwarna kuning kecoklatan hingga merah, warna tanah pada horison argilik sangat bervariasi dengan hue dari 10 YR–10R, nilai 3–6 dan kroma 4–8. Ultisol merupakan tanah yang mengalami pelindian hara yang tinggi, sehingga dapat melindian kation-kation basa dan bahan organik (Hanafiah dkk., 2009).

Ultisol mempunyai sebaran yang sangat luas, meliputi hampir 25% dari total daratan Indonesia dan mempunyai potensi yang besar untuk digunakan sebagai lahan pertanian. Bahan induk Ultisol berkembang dari bahan induk tua.

Darmawijaya (1997), menyebutkan bahwa Ultisol merupakan tanah masam yang telah mengalami pelindian hebat (*highly leached*) sehingga memiliki tingkat kesuburan yang rendah dengan warna kelabu cerah sampai kekuningan. Kendala umum yang dihadapi pada Ultisol adalah pH tanah rendah, unsur N dan P kurang tersedia, kekurangan unsur Ca, Mg, K, dan Mo, kandungan Mn dan Fe berlebih, serta kelarutan Al tinggi, merupakan faktor penghambat utama dalam pertumbuhan tanaman.

Ultisol merupakan tanah yang miskin kandungan hara terutama P dan kation-kation dapat ditukar seperti Ca, Mg, Na, dan K, kadar Al tinggi, kapasitas pertukaran kation rendah, berpotensi keracunan Al dan miskin kandungan bahan organik serta peka terhadap erosi (Adiningsih dan Mulyadi, 1993).

## **2.2 Biochar**

Biochar merupakan bentuk karbon stabil yang dihasilkan dari proses pirolisis bahan-bahan organik. Saat ini biochar sangat diminati karena sangat berpotensi untuk meningkatkan kesuburan tanah, meningkatkan hasil panen dan mampu menyerap serta menyimpan karbon (C) dalam tanah. Biochar terbukti stabil dan efektif sebagai cadangan karbon. Dalam biochar, karbon terbentuk dari proses pirolisis sehingga tidak mudah terdegradasi oleh aktifitas mikroba seperti biomassa lain yang mengandung karbon tingkat rendah. Kualitas biochar tergantung dari jenis bahan dan karakteristik bahan yang digunakan (Shenbagavalli dan Mahimairaja, 2012).

Nilai kadar air pada produk biochar juga dapat dipengaruhi oleh terjadinya kontak langsung antara biochar yang bersifat higroskopis sebagai akibat temperatur yang tinggi dengan udara sekitar dan biochar pun banyak menyerap uap air. Nilai kadar air pada biochar yang tinggi akan bermasalah pada penggunaannya sebagai energi karena panas yang tersimpan dalam biochar akan digunakan terlebih dahulu untuk mengeluarkan air yang ada sebelum kemudian menghasilkan panas yang dapat digunakan sebagai panas pembakaran (Hartanto dkk., 2010).

Salah satu keuntungan biochar di bidang pertanian yaitu sebagai amelioran atau pembenah tanah. Fungsinya bukan sebagai pupuk, namun dapat digunakan sebagai pendamping pupuk untuk meningkatkan efisiensi pupuk bagi tanaman. Biasanya bahan pembenah tanah yang sering digunakan oleh petani adalah bahan organik, namun karena cepatnya proses dekomposisi, dan biasanya mengalami mineralisasi menjadi karbondioksida (CO<sub>2</sub>), bahan organik harus ditambahkan 2 setiap musim tanam untuk tetap dapat mempertahankan produktivitas tanah (Gani, 2009).

Aplikasi biochar sebagai pembenah tanah telah banyak diteliti, baik di Indonesia maupun di dunia internasional. Berbagai hasil penelitian telah membuktikan bahwa biochar sangat bermanfaat bagi pertanian terutama untuk perbaikan kualitas lahan (sifat fisik, kimia dan biologi tanah). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan biochar dapat meningkatkan kesuburan tanah dan mampu memulihkan kualitas tanah yang telah terdegradasi. Penambahan charcoal/biochar pada tanah-tanah pertanian berfungsi untuk:

1. Meningkatkan ketersediaan hara, retensi hara, dan retensi air
2. Menciptakan habitat yang baik untuk mikroorganisma simbiotik. Selain berpengaruh positif terhadap sifat tanah, pemberian biochar juga berpengaruh terhadap peningkatan produktivitas tanaman (Glaser dkk., 2002).

Biochar merupakan salah satu hasil dari proses pirolisis (Mehmood dkk., 2017). Pirolisis adalah teknologi modifikasi biomassa menggunakan perlakuan termal (panas) dengan proses pembakaran tidak sempurna (oksigen yang dibatasi) (Hidayat dkk., 2017). Penggunaan suhu yang berbeda akan menghasilkan karakteristik biochar yang berbeda pula (Goenadi dan Santi, 2017). Mazlan dkk. (2015) menjelaskan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan dalam proses pirolisis maka semakin tinggi pula kandungan karbon pada biochar (Febriyanti dkk., 2019; Zhang dkk., 2017). Kandungan C-organik dalam tanah akan meningkat bila diaplikasikan biochar dengan kandungan C yang tinggi (Lopez dkk., 2013). Kandungan C-organik yang tinggi akan berasosiasi dengan meningkatnya jumlah mikro fauna pada tanah, sehingga kualitas fisik dan kimia tanah akan meningkat secara alami (Ippolito dkk., 2016; Li dkk., 2018; Putri dkk., 2020). Biochar yang diberikan dengan dosis yang tepat pada tempat tumbuh akan meningkatkan kemampuan dalam penyediaan air tersedia bagi tumbuhan (Herath dkk., 2013). Selain itu, pemberian biochar juga dapat meningkatkan sifat fisik tanah seperti pH (Nurida, 2017) dan KTK (Nurida dan Rachman, 2012).

Karakteristik biochar juga dipengaruhi oleh jenis bahan yang digunakan (Nurida, 2017). Biochar batang singkong akan berpengaruh pada total mikroorganisme tanah, hal tersebut disebabkan biochar kayu memiliki kandungan Karbon (C) yang lebih tinggi dibandingkan bahan lainnya (Ippolito dkk., 2016). Sri dkk (2023),

melaporkan bahwa kandungan pada ubi kayu yang di pirolisis selama 90 menit dengan suhu 250 menghasilkan C sebanyak 62,76 %, kadar abu 7,32%, kadar air 3,20 % dan Volatile Matter 26,70 %. Suhu pirolisis 300 menghasilkan C sebanyak 67,81%, kadar abu 7,48 %, kadar air 2,15 % dan Volatile Matter 22,54 %. Suhu pirolisis 350 menghasilkan C sebanyak 66,91 %, kadar abu 8,76 %, kadar air 1,78 % dan Volatile Matter 22,52 %. Sedangkan pada suhu pirolisis 400 menghasilkan C sebanyak 71,58 %, kadar abu 9,17 %, kadar air 1,56 % dan Volatile Matter 17,66 %. Semakin tinggi suhu dan lama pembakaran akan meningkatkan kadar karbon sebab kandungan berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin telah terkonversi menjadi karbon terikat. Pada kadar abu, semakin tinggi temperatur dan waktu pada proses pirolisis memuat nilai kadar abu pada biochar semakin tinggi. Hal ini disebabkan semakin banyak residu sisa pembakaran yang dihasilkan (Puspita, 2021). Semakin tinggi suhu dan lama pembakaran, air yang terkandung akan menguap sehingga kadar air semakin kecil (Iskandar, 2017). Semakin besar suhu maka kadar volatile matternya semakin rendah sebab zat mudah menguap ikut terbang (Siswati, 2022).

### **2.3 Mikroorganisme Tanah**

Tanah merupakan tempat bermukimnya berbagai kehidupan tumbuhan, hewan, dan jasad renik yang tidak terhitung banyaknya. Kehidupan di dalam tanah sangat beranekaragam, berkisar dari organisme bersel tunggal yang mikroskopis sampai hewan besar yang menggali liang. Masing masing ekosistem mempunyai kombinasi makhluk hidup dan sumberdaya abiotik yang unik yang berfungsi mempertahankan aliran energi dan hara yang berkesinambungan (Foth dkk., 1994).

Tanah dihuni oleh bermacam - macam mikroorganisme, mikroorganisme tanah seperti bakteri dan jamur sangat mempengaruhi kesuburan tanah, oleh karena itu mikroorganisme merupakan salah satu aspek penting yang berperan dalam suatu pembentukan ekosistem. Mikroorganisme tanah juga bertanggung jawab atas pelapukan bahan organik dan pendaauran unsur hara, dengan demikian

mikroorganisme mempunyai pengaruh terhadap sifat fisik, biologi dan sifat kimia tanah (Anas, 1989).

Mikroba atau mikroorganisme atau jasad renik merupakan jasad hidup yang ukurannya kecil. Jasad renik disebut sebagai mikroba bukan hanya karena ukurannya yang kecil, sehingga sukar dilihat dengan mata, tetapi juga pengaturan kehidupannya yang lebih sederhana dibandingkan dengan jasad tingkat tinggi. Mata biasa tidak dapat melihat jasad yang ukurannya kurang dari 0,1 mm. Ukuran mikroba biasanya dinyatakan dalam mikron ( $\mu$ ), 1 mikron adalah 0,001 mm. Sel mikroba umumnya hanya dapat dilihat dengan alat pembesar atau mikroskop, walaupun demikian ada mikroba yang berukuran besar sehingga dapat dilihat tanpa alat pembesar (Sumarsih, 2003).

Mikroorganisme ditemukan dalam jumlah besar di tanah, biasanya antara satu hingga sepuluh juta mikroorganisme yang hadir per gram tanah dengan bakteri dan jamur yang paling umum. Namun ketersediaan nutrisi sering membatasi pertumbuhan mikroba dalam tanah dan sebagian besar ketersediaan nutrisi yang dibutuhkan mikroorganisme berupa air, sumber nitrogen, mineral dan sumber energi. Jika ketersediaan ini mengalami keterhambatan aktivitas mikroorganisme dalam tanah akan tidak aktif secara fisiologis sampai kebutuhan akan nutrisi dapat terpenuhi.

#### **2.4 Aktivitas Mikroorganisme Tanah**

Dalam suatu ekosistem tanah, sifat mikrobial tanahnya sangat bervariasi, tergantung pada kondisi pH suatu tanah. Seperti halnya pada jamur, jamur mampu hidup dan toleran terhadap pH tanah berkisar antara pH 4-6,5 sedangkan untuk bakteri sendiri menyukai kondisi tanah yang ber pH netral yakni berkisar antara pH 6,0-7,0 (Hanafiah dkk, 2009).

Aktivitas biota tanah sangat erat hubungannya dengan tanah-tumbuhan baik secara langsung terhadap unsur hara tumbuhan, penambat N, pelarut unsur P, atau secara tidak langsung terhadap penguraian bahan organik, dan transformasi

biokimia di dalam tanah yang berhubungan dengan unsur hara tumbuhan dan perbaikan struktur tanah (Hanafiah dkk, 2009).

Jumlah dan aktivitas mikroba tanah dipengaruhi oleh jenis tanah, pertumbuhan tanaman, perlakuan yang diberikan kepada tanah, penanaman, iklim makro maupun iklim mikro dari setiap lokasi. Daerah rizosfer mendapat perhatian utama, karena kondisi ekologi di daerah tersebut dipengaruhi oleh eksudat akar. Jumlah mikroba tanah dan aktivitas metaboliknya lebih tinggi di daerah rizosfer dibandingkan daerah sekitarnya (Hanafiah dkk, 2009).

Keberadaan mikroba di dalam tanah terutama dipengaruhi oleh sifat kimia dan fisika tanah. Komponen penyusun tanah yang terdiri atas pasir, debu, lempung dan bahan organik akan membentuk struktur tanah. Mikroba akan membentuk mikro koloni dalam struktur tanah tersebut, dengan tempat pertumbuhan yang sesuai dengan sifat mikroba dan lingkungan yang diperlukan. Dalam suatu struktur tanah dapat dijumpai berbagai mikro koloni seperti mikroba heterotrof pengguna bahan organik maupun bakteri autotrof, dan bakteri aerob maupun anaerob (Sumarsih, 2003).

Jumlah dan aktifitas mikroba tanah dipengaruhi oleh jenis tanah, pertumbuhan tanaman (komposisi species, penutup tanah, penetrasi akar ke tanah, serasah dan lainnya), perlakuan yang diberikan kepada tanah, penanaman, iklim makro dan mikro dari setiap lokasi. Daerah rizosfer mendapat perhatian utama, karena kondisi ekologi di daerah itu dipengaruhi oleh eksudat akar. Jumlah mikrobia tanah dan aktifitas metaboliknya lebih tinggi di daerah rizosfer dibandingkan daerah sekitarnya (Hanafiah dkk., 2009).

## **2.5 Faktor yang mempengaruhi Biomassa Mikroorganisme**

Biomassa mikroorganisme merupakan indeks kesuburan tanah. Tanah yang banyak mengandung berbagai macam mikroorganisme secara umum dapat dikatakan bahwa tanah tersebut adalah tanah yang baik sifat fisik, kimia dan biologinya. Tingginya populasi mikroorganisme dan beragamnya mikroorganisme

hanya mungkin ditemukan pada tanah yang memiliki sifat untuk berkembang aktif. Tersedianya unsur hara yang cukup, pH tanah yang sesuai, aerasi dan drainase yang baik, air yang cukup dan sumber energi (bahan organik) yang cukup adalah beberapa faktor yang harus dipenuhi agar mikroorganisme tanah dapat tumbuh dan berkembang (Iswandi dkk.,1995).

Pembentukan biomassa juga dipengaruhi sejumlah faktor yang lainnya, yaitu suhu, kelembaban (Joergensen dkk.,1990). Selain itu faktor-faktor yang mempengaruhi kuantitas dan kualitas bahan organik tanah seperti iklim, tanaman, dan praktik pengelolaan tanah seperti rotasi tanaman, penggunaan pupuk, pengelolaan limbah tanaman dan pengelolaan tanah juga ikut mempengaruhi pembentukan biomassa mikroorganisme. Biomassa mikroorganisme secara nyata lebih tinggi dilapisan permukaan tanah yang tidak diolah yang mempunyai residu tanaman yang cukup banyak, karena input bahan organik lebih tinggi di lapisan tersebut (Granatstein dkk.,1987).

Faktor yang mempengaruhi aktivitas mikroorganisme tanah adalah pH tanah, bahan organik tanah, kapasitas tukar kation (KTK), dan total mikroorganisme. Jika pH tanah masam, bahan organik ditanah rendah, kapasitas tukar kation tanah rendah dan total mikroorganisme tanah sedikit maka aktivitas mikroorganisme tanah mengalami penurunan. Berdasarkan penelitian Susilawati (2013), mengatakan bahwa total mikroorganisme yang tinggi ini dikarenakan adanya akumulasi bahan organik dari lahan yang ada di atasnya. Lahan-lahan yang memiliki persentase bahan organik yang tinggi akan mempunyai jumlah mikroorganisme tanah yang lebih besar.

Faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri yakni: bakteri membutuhkan kelembaban untuk membawa makanan dalam bentuk larutan masuk ke dalam sel, dan membawa larutan sisa metabolisme keluar dari sel. Selain itu air juga merupakan komponen utama dari protoplasma sel. Suhu optimum untuk pertumbuhan bakteri berkisar antara 21,1°C sampai 37,7°C. Suhu di dalam tanah biasanya tidak mematikan bakteri. Menurut Hanafiah dkk (2009), Jumlah populasi bakteri tanah tergantung pada tiga faktor utama yaitu: cuaca



terutama curah hujan dan kelembaban, kondisi/sifat tanah terutama kemasaman, kelembaban dan suhunya, serta ketersediaan hara, dan tipe vegetasi penutup lahan.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2022 – Desember 2023. Penelitian meliputi pembuatan biochar, analisis karakteristik biochar batang singkong dan perhitungan total fungi dan bakteri pada tanah yang diinkubasi biochar batang singkong. Pembuatan biochar dan perhitungan total fungi dan bakteri dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

#### 3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah reaktor pirolisis berupa *furnace*, cawan porselin, timbangan analitik dan sejumlah peralatan laboratorium lainnya untuk analisis dan pengukuran seperti autoklaf, *laminar flow cabinet* (LAF), cawan petri, batang pengaduk, botol aquades, gelas ukur, jarum ose, lampu bunsen, mikro pipet, oven, pinset, rak tabung reaksi, tabung reaksi, gunting, *vortex shaker* dan *colony counter*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah batang singkong, aquades, kapas, tisu, kain flannel, pot, kertas label, *aluminium foil*, media *Potato Dextrose Agar* (PDA), media *Nutrien Agar* (NA), NaCl untuk membuat larutan fisiologis dan tanah Ultisol sebagai media inkubasi biochar yang diperoleh dari Kebun Percobaan Badan Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Natar. Bahan lainnya meliputi sejumlah bahan kimia seperti  $K_2Cr_2O_7$ ,  $H_2SO_4$  pekat dan bahan kimia lainnya yang digunakan untuk analisis kimia biochar di Laboratorium.

### 3.3. Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian di laboratorium. Penelitian ini dirancang dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Dengan perlakuan, yang terdiri dari yaitu:

B<sub>0</sub> = Tanpa perlakuan biochar

B<sub>1</sub> = Biochar batang singkong suhu 250 °C

B<sub>2</sub> = Biochar batang singkong suhu 300 °C

B<sub>3</sub> = Biochar batang singkong suhu 350 °C

B<sub>4</sub> = Biochar batang singkong suhu 400 °C

Kemudian setiap satuan percobaan diulang sebanyak 4 kali sehingga didapatkan 20 satuan percobaan. Data yang telah didapatkan, diuji homogenitas ragam antar perlakuannya dengan menggunakan uji Bartlett dilanjutkan dengan uji additivitas data yang diuji dengan uji Tukey. Setelah itu, data dianalisis dengan menggunakan sidik ragam. Perbedaan nilai tengah perlakuan, diuji dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%.

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu pembuatan biochar batang singkong, persiapan media inkubasi fungi dan bakteri, kemudian isolasi fungi dan bakteri serta perhitungan populasinya.

#### 3.4.1 Proses Pembuatan Biochar

Limbah batang singkong dicacah berukuran 1-2 cm dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 110 °C selama 1 jam, kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselin sebanyak 20 gram + kadar air lalu tutup rapat. Sebelumnya timbang bobot awal dan bobot akhir limbah batang singkong sebelum dimasukan ke dalam

*furnace* untuk mengetahui bobotnya. Masukkan cawan-cawan tersebut ke dalam *furnace* kemudian atur suhu pirolisisnya. Suhu pirolisis yang digunakan yaitu 250 °C, 300 °C, 350 °C dan 400 °C selama 90 menit. Setelah itu, *furnace* dimatikan dan limbah batang singkong yang telah menjadi biochar didiamkan selama 24 jam hingga panasnya hilang. Selanjutnya biochar dikeluarkan dari *furnace* kemudian ditimbang rendemen yang telah dihasilkan, selanjutnya biochar dihaluskan dan diayak menggunakan *sieve* dengan ukuran 2 mm untuk menyeragamkan ukuran arang tersebut (Artamevia, 2021).

### **3.4.2 Pegambilan Sampel Tanah Inkubasi**

Sampel tanah yang akan digunakan dalam tahap inkubasi yaitu tanah Ultisol yang berasal dari Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Natar, Lampung. Pengambilan sampel tanah yang dikomposit ditujukan untuk mendapatkan sampel tanah yang akurat dan waktu, tenaga, dan biaya yang dicurahkan lebih efektif dan efisien. Titik-titik pengambilan sampel tanah tiap areal atau petak tanah diwakili oleh satu hamparan tanah yang sama (homogen/mendekati sama) yang tidak mencirikan perbedaan-perbedaan yang nyata. Sampel tanah komposit diambil pada petak yang berukuran 20 m x 100 m (Sahara, 2019).

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada kedalaman 10 cm. Karena kedalaman 0 – 10 cm termasuk kedalam zona perakaran, dimana pada zona perakaran mikroorganisme dapat hidup dengan baik. Hal ini seperti pernyataan Winarso (2005) mikroorganisme di dalam tanah banyak ditemukan di daerah perakaran (Rhizosphere).

### **3.4.3 Inkubasi**

Persiapan sampel tanah inkubasi fungi dan bakteri dilakukan dengan cara mengayak sampel tanah Ultisol dengan ukuran 2 mm yang berasal dari Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Natar, Lampung. Kemudian sampel tanah ditimbang 500 gram Bobot Kering Oven (BKO) + kadar air, lalu ditambahkan biochar limbah batang singkong hasil suhu pirolisis 250 °C, 300 °C,

350 °C dan 400 °C dengan dosis 20 ton/ha atau 5 gram + kadar air ke dalam pot dengan jumlah ulangan empat kali. Campuran tanah dan biochar tersebut diinkubasi selama 4 bulan (Jatmiko, 2016) dalam keadaan tanah kapasitas lapang dengan sistem air kapiler. Setelah masa inkubasi berakhir dilakukan pengambilan sampel tanah sebanyak 10 gram pada masing-masing perlakuan untuk dilanjutkan pada tahapan isolasi dan perhitungan populasi fungi dan bakteri.

### **3.7 Variable Pengamatan**

#### **3.7.1 Variabel Utama**

Variabel utama yang akan diamati dalam penelitian ini yaitu:

##### **3.7.1.1 Total Fungi dan Bakteri**

###### **3.7.1.1.1 Isolasi Fungi dan Bakteri**

Isolasi fungi dan bakteri bertujuan untuk menumbuhkan fungi dan bakteri pada media dari sampel yang telah diencerkan, pengenceran ini dilakukan secara bertingkat yang bertujuan untuk mengurangi jumlah mikroba dalam cairan (Wasteson dan Hornes (2009) dalam Yunita dkk., (2015). Metode yang akan digunakan untuk menghitung total mikroba tanah adalah metode agar cawan. Metode agar cawan disebut juga cawan pengenceran (*dilution-plate* atau *dilution-count*), Tahapan awal dalam isolasi fungi dan bakteri dilakukan dengan pengenceran sampel tanah yaitu dengan memasukkan 10 gram sampel tanah + kadar air ke dalam 90 ml larutan fisiologis (0,85% NaCl) yang telah disterilkan kedalam erlenmeyer, kemudian dihomogenkan menggunakan *vortex* selama 2 menit lalu diberi label pada erlenmeyer sebagai pengenceran  $10^{-1}$ . Setelah itu, untuk mendapatkan pengenceran  $10^{-2}$ , dipipet 1 ml larutan tanah pengenceran  $10^{-1}$  ke tabung reaksi yang berisi 9 ml larutan NaCl steril kemudian dikocok dengan *vortex* dan di beri label pengenceran  $10^{-2}$ . Pada setiap pemindahan 1 ml larutan menggunakan pipet yang baru. Pengenceran dilakukan sampai pada pengenceran  $10^{-8}$  (Hastuti, 2007).

Teknik cawan pengenceran adalah suatu cara yang biasa digunakan untuk menghitung dan mempelajari populasi bakteri tanah yang beragam dan perubahan

kerapatan populasinya dengan medium *nutrient agar* (NA). Metode agar cawan merupakan cara yang biasa digunakan untuk menghitung total fungi karena baik untuk mikroorganisme berspora dan fungi lebih cepat tumbuh dengan medium *potatos dextrose agar* (PDA). Untuk menumbuhkan mikroba hasil pengenceran di dalam cawan petri dilakukan dengan metode sebar (*spread plate count*).

Penyebaran (*plating*) dilakukan dengan cara memipet 0,1 ml larutan tanah pada pengenceran serial  $10^{-4}$ - $10^{-8}$  (bakteri),  $10^{-2}$ - $10^{-5}$  (fungi) dan teteskan di bagian tengah cawan petri pada permukaan NA (bakteri) atau PDA (Fungi), setiap pengenceran diulang empat kali. Setelah itu disebar dengan batang penyebar yang terlebih dahulu disterilisasi dengan alkohol 96% dan dibakar dengan api bunsen, batang penyebar digunakan setelah diperkirakan dingin. Kemudian diberi label kode sampel dan faktor pengenceran pada cawan petri. Proses inkubasi cawan petri dengan posisi terbalik selama 3-4 hari (bakteri) dan 5-7 hari (fungi) pada suhu ruang. Proses pengenceran dan penyebaran dilakukan secara aseptis untuk meminimalisir kontaminasi dan kegagalan lainnya (Hastuti, 2007).

Perhitungan jumlah koloni fungi dan bakteri dilakukan secara makrokopis menggunakan *colony counter* dengan ketentuan bakteri dihitung hanya dari cawan petri yang mempunyai 30-300 koloni dan fungi 10-100 koloni. Penetapan total populasi fungi dan bakteri dengan cara (Hidayah dkk., 2016):

$$\begin{aligned} & \text{Total populasi fungi dan bakteri log (CFU) g}^{-1} \\ & = \frac{\text{(jumlah rata-rata koloni)} \times (\text{fp})}{\text{ml (volume yang ditanam)}} \end{aligned}$$

Keterangan:

fp = faktor pengenceran pada cawan petri yang koloninya dihitung

ml (volume yang ditanam) = 0,1

### 3.7.2 Variabel Pendukung

Variabel pendukung yang diamati sebagai berikut:

#### 3.7.2.1 Karakteristik Biochar

##### a. Kemasaman biochar (pH) (Metode Elektrometrik)

Pengukuran derajat keasaman (pH) dilakukan menggunakan pH meter dengan perbandingan tanah dan aquades 1:2,5. Tahapan pengukuran ini yaitu ditimbang tanah kering udara sebanyak 5 gram kemudian dimasukkan kedalam botol sampel dan ditambah 12,5 ml air destilata (larutan pereaksi), setelah itu dikocok menggunakan *shakeer* selama 30 menit kemudian dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring agar larutan tidak keruh dan dilakukan pengukuran dengan pH meter yang sudah dikalibrasi menggunakan larutan sangga pH 7,0 dan pH 4,0 (Novia dan Fajriani, 2021).

##### b. Kadar Nitrogen (*Metode Kjeldahl*)

Tahap destruksi

Sampel yang telah disiapkan ditimbang sebanyak 0,250 gram lalu dimasukkan dalam tabung digestion kemudian ditambahkan 1 gram campuran selen dan 2,5 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat. Kemudian dimasukkan 1 gram campuran selen dan 2,5 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat ke dalam tabung digestion. Selanjutnya, dipanaskan dalam blok digestion hingga suhu 350 °C. Destruksi selesai bila keluar uap putih dan didapat ekstrak jernih (sekitar 4 jam). Tabung diangkat, didinginkan dan kemudian ekstrak diencerkan dengan aquades hingga tepat 50 ml. Kemudian dikocok sampai homogen, biarkan semalam agar partikel mengendap. Ekstrak jernih digunakan untuk pengukuran N dengan cara destilasi.

Tahap destilasi dan titrasi

Masukkan 10 ml larutan ekstrak sampel ke dalam labu didih. Ditambahkan sedikit serbuk batu didih dan aquades hingga setengah volume labu. Siapkan penampung NH<sub>3</sub> yaitu erlenmeyer yang berisi 10 ml larutan H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 1% ditambah 2 tetes indikator indikator metil merah (berwarna merah) dan dihubungkan dengan alat destilasi. Tambahkan NaOH 40% sebanyak 10 ml ke dalam labu didih yang berisi sampel dan secepatnya ditutup. Destilasi hingga volume penampung mencapai

50–75 ml (berwarna hijau). Destilat dititrasi dengan HCl 0,014 N hingga warna merah muda. Catat volume titar sampel ( $V_c$ ) dan blanko ( $V_b$ ).

Setelah itu dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus (Sulaeman dkk., 2005).

$$\text{Presentase kadar N} = \frac{(ts-tb) \times \text{Normalitas HCL} \times \text{Ar N}}{\text{Massa sampel}} \times \text{fk } 100\%$$

Keterangan:

ts = volume titrasi sampel

tb = volume titrasi blanko

fk = faktor koreksi kadar air

#### c. C-organik biochar

Sampel ditimbang 0,5 g dan dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 100 ml.

Kemudian ditambahkan dengan 20 ml  $K_2Cr_2O_7$  1 N, dikocok, dan 10 ml  $H_2SO_4$  pekat lalu dikocok lagi. Sampel dibiarkan 30 menit, sambil sekali-kali dikocok.

Kemudian sampel ditambah dengan air destilata 100 ml, 5 ml asam fosfat pekat, 2,5 larutan Naf 4% dan 5 tetes indikator difenilamin. Kemudian sampel dititrasi dengan larutan  $FeSO_4$  0,5 N hingga warna berubah dari coklat kehijauan menjadi biru keruh, lalu titrasi dan goyang labu terus-menerus hingga mencapai titik akhir yaitu hijau terang. Volume titran dicatat. Kadar C organik dihitung dengan rumus.:

$$\% \text{ C-Organik} = \frac{\text{ml } K_2Cr_2O_7 \times \left(1 - \frac{S}{T}\right)}{\text{berat sampel (g)}} \times 0,3886$$

Keterangan

T : ml titrasi blanko

S : ml titrasi sampel



### 3.7.2.2 Analisis Kimia Tanah (Sebelum dan Sesudah Aplikasi)

#### a. Kemasaman biochar (pH) (Metode Elektrometrik)

Pengukuran derajat keasaman (pH) dilakukan menggunakan pH meter dengan perbandingan tanah dan aquades 1:2,5. Tahapan pengukuran ini yaitu ditimbang tanah kering udara sebanyak 5 gram kemudian dimasukkan kedalam botol sampel dan ditambah 12,5 ml air destilata (larutan pereaksi), setelah itu dikocok menggunakan *shakeer* selama 30 menit kemudian dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring agar larutan tidak keruh dan dilakukan pengukuran dengan pH meter yang sudah dikalibrasi menggunakan larutan sangga pH 7,0 dan pH 4,0 (Novia dan Fajriani, 2021).

#### b. C-organik tanah (%) (Metode Walkley and Black)

Pengukuran Kadar C-Organik Metode *Walkley & Black* yaitu sampel tanah ditimbang 1 g dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 ml. Kemudian ditambahkan dengan 10 ml  $K_2Cr_2O_7$  1 N, dikocok, dan 20 ml  $H_2SO_4$  pekat lalu dikocok lagi. Sampel dibiarkan 30 menit, sambil sekali-kali dikocok. Kemudian sampel ditambah dengan akuadest 100 ml,  $H_3PO_4$  5 ml, dan indikator difenilamin sebanyak 1 ml. sampel dititrasi dengan larutan  $FeSO_4$  1 N hingga warna berubah jadi hijau. Volume titran dicatat. Kadar C organik dihitung dengan rumus:

$$C - \text{Organik} = \frac{(N_{K_2Cr_2O_7} \times V_{K_2Cr_2O_7}) - (N_{FeSO_4} \times V_{FeSO_4})}{\text{berat sampel}} \times 0,77 \times 0,33$$

## **V. SIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa suhu pirolis biochar yang paling baik dalam penelitian ini yaitu pada suhu 250 °C saat waktu pengamatan 2 BSI dengan total rata-rata populasi fungi 4,72 log CFU g<sup>-1</sup> dan total rata-rata populasi bakteri 6,19 log CFU g<sup>-1</sup>.

### **5.2 Saran**

Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang suhu pirolisis biochar dengan waktu yang singkat untuk dapat memberikan pengaruh pada populasi fungi dan bakteri tanah. Penelitian ini telah dilakukan pada inkubasi tanah 0,2, dan 4 bulan. Sehingga perlu dilakukan penelitian serupa dengan waktu inkubasi yang lebih singkat untuk mengetahui total fungi dan bakteri tanah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, J.S. dan Mulyadi. 1993. *Alternatif Teknik Rehabilitasi Dan Pemanfaatan Lahan Alang-Alang*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian. Bogor.
- Anas, I. 1989. *Petunjuk Laboratorium: Biologi Tanah Dalam Praktek*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi. Bogor.
- Artamevia, F. S., Karunia, F., dan Astuty, D. H. 2021. Karakterisasi Karbon Aktif dari Batang Singkong sebagai Adsorben pada Adsorpsi Logam Tembaga. *Seminar Nasional Teknik Kimia Soeardjo Brotohardjono*. 17: 1-9.
- Balai Penelitian Tanah (BPT). 2009. *Petunjuk Teknis (Edisi 2): Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. 246 hlm.
- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. 2011. *Arang Hayati (Biochar) Sebagai bahan Pembenh Tanah, Edisi Khusus Penas XIII*. Badan Litbang Pertanian. Aceh.
- Berutu, R.K., Aziz, R., dan Hutapea, S. 2019. Pengaruh Pemberian Berbagai Sumber Biochar dan Berbagai Pupuk Kandang Terhadap Pertumbuhan dan Produksi jagung hitam (*Zea mays L.*). *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 1(1): 16-25.
- Chin, W. W. 1998. The Partial Least Squares Aproach to Structural Equation Modeling. *Modern Methods for Business Research*. 295. 336.
- Darmawijaya. 1997. *Klasifikasi Tanah: Dasar Teori bagi Peneliti Tanah dan Pelaksana Pertanian di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Ding, Y., Liu, Y., Liu, S., Li, Z., Tan, X., Huang, X., Zeng, G., Zhou, Lu dan Zheng, B. 2016. Biochar to improve soil fertility. *Agronomy for sustainable development*, 36: 1-1.
- Endriani dan Kurniawan, A. 2018. Konservasi Tanah dan Karbon Melalui Pemanfaatan Biochar pada Pertanaman Kedelai. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*. 2 (2).

- Fitriyani, I. H., Hazra, F., dan Rosita, D. 2023. Analisis Korelasi Sifat Biologi dan Kimia Tanah pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan di Kabupaten Bogor. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 1 (10): 119-123.
- Foong, S. Y., Latiff, N. S. A., Liew, R. K., Yek, P. N. Y., dan Lam, S. S. 2020. Production of biochar for potential catalytic and energy applications via microwave vacuum pyrolysis conversion of cassava stem. *Materials Science for Energy Technologies*. 3 :728-733.
- Foth, H. D., Edang dan Purbayanti. 1994. *Dasar - Dasar Ilmu Tanah*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Fru, B. S., Francis, N. A., Angwafo, T. E., dan Precillia, T. N. 2017. Waterleaf (*Talinum triangulare*) response to biochar application in a humid-tropical forest soil. *Journal of Soil Science and Environmental Management*. 8(5): 95-103.
- Gani, A. 2009. Biochar penyelamat lingkungan. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 31(6): 15-16.
- Gani, A. 2009. Potensi Arang Hayati Biochar sebagai Komponen Teknologi Perbaikan Produktivitas Lahan Pertanian. *Iptek Tanaman Pangan* 4(1): 33-48.
- Glaser, B., J. Lehmann and W. Zech. 2002. Ameliorating Physical and Chemical Properties of Highly Weathered Soils in The Tropics with Charcoal. *Biology and Fertility of Soils*. 35: 219-230.
- Granatstein, D.M., D.F. Bezdicek, V.L. Cochran, L.F. Giliott and J. Hammel. 1987. | *Long term tillage and rotation effects on soil microbial biomass carbon and nitrogen*. *Biol.Fertil.Soil*. 5: 265-270.
- Hanafiah, A. S dan Sabrina, T. 2009. Mikroorganisme Di Dalam Tanah. In T. S. dalam Asmarlaili Sahar Hanafiah, *Biologi dan Ekologi Tanah*. Fakultas Pertanian USU Press. Medan. 103 hal.
- Hanafiah, A. S., Sabrina, T. dan Guchi, H. 2009. *Biologi dan Ekologi Tanah*. Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Hardjowigeno, S. 2007. *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo. Jakarta
- Hartanto, Singgih dan Ratnawati. 2010. Pembuatan Karbon aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 12 (1): 12-16.
- Hastuti, R. D dan Ginting, R. C. B. 2007. Enumerasi Bakteri, Fungi, dan Aktinomisetes, dalam Saraswati, R., Husein, E., dan Simanungklit, R.D.M (Ed.) *Metode Analisis Biologi Tanah*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor. 5 hal.

- Hidayat, B., Rauf, A., Sabrina, T., dan Jamil, A. 2018. Potential of several biomass as biochar for heavy metal adsorbent. *Journal of Asian Scientific Research*. 8(11): 293-300.
- Izzudin. 2012. *Perubahan Sifat Kimia Dan Biologi Tanah Pasca Kegiatan Penambahan Di Areal Hutan Pinus Reboisasi Kabupaten Humbag Hasundutan Provinsi Sumatra Utara*. Departemen Silvikultur Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Jatmiko, A. S. 2016. Peranan Berbagai Jenis Biochar untuk Meningkatkan Kadar Karbon pada Tanah Entisol. (*Skripsi*). Universitas Pembangunan Nasional Veteran.
- Jin, H., Han, Y., Li, J., & Jin, J. (2016). Effect of biochar application on soil microbial biomass and microbial activity in degraded upland soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16(1), 111-124.
- Lehmann J., J. Rillig, C.A. Thies, W.C. Masiello, A. Hockaday, D. Crowley Biochar effects on soil biota—a review. *Soil Biol. Biochem*, 43 (2011), pp. 1812-1836
- Li, Y., Hu, S., Chen, J., Müller, K., Li, Y., Fu, W., Lin, Z., dan Wang, H. 2018. Effects of biochar application in forest ecosystems on soil properties dan greenhouse gas emissions: a review. *Journal of Soils dan Sediments*. *Journal of Soils dan Sediments*. 18 (2): 546-563.
- Liang, C., Zhu, X., Fu, S., Méndez, A., Gascó, G., dan Paz-Ferreiro, J. 2014. Biochar alters the resistance and resilience to drought in a tropical soil. *Prosiding IOP Conference Series: Environmental Research Letters*. 9 (6): 064-013.
- Lin Y, Munroe P, Joseph S, Henderson R, Ziolkowski A. 2012. Water extractable organic carbon in untreated and chemical treated biochars. *Chemosphere* 87 (2): 151-157.
- Lopez, F., dan Centeno, T. 2013. Textural dan fuel characteristics of the chars produced by the pyrolysis of waste wood, dan the properties of activated carbons prepared from them. *Journal of Analytical dan Applied Pyrolysis* 104 (1): 551-558.
- Nurida, N., A. Rachman, dan Sutono. 2012. Potensi Pembenh Tanah Biochar dalam Pemulihan Sifat Tanah Terdegradasi dan Peningkatan hasil Jagung pada Typic Kanhpuldult Lampung. *Ilmu-Ilmu Kealaman Buana Sain*. 12(1): 69-74.
- Oguntunde P, Fosu M, Ajayi A, Giesen N. 2004. Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and texture of soil. *Biol Fertil Soils*. 39: 295–299.

- Pakpahan, T. 2020. Kajian Sifat Kimia Tanah Inceptisol dengan Aplikasi Biochar pada Pertumbuhan dan Produksi Bawang Merah. *Jurnal Penelitian Agrosamudra*. 7(1): 1-8.
- Permana, S., Yunus F, Orryani L dan Suwastika IN. 2017. Kelimpahan Mikroorganisme Tanah Pada Sistem Perkebunan Kakao (*Theobroma cacao* L.) Semi Intensif Dan Non Intensif. *Journal of Science and Technology*. 6(3): 194 -205.
- Prasetyo, B. H., dan Suriadikarta, D. A. 2006. Karakteristik, potensi, dan teknologi pengelolaan tanah ultisol untuk pengembangan pertanian lahan kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*. 25(2): 39-46.
- Purwaningsih, S. 2005. Isolasi, Enumerasi, dan karakterisasi Bakteri Rhizobium dari Tanah Kebun Biologi Wamena, Papua. *Biodiversitas*. 6(2): 82-84.
- Rousk, J., dan E. Baath. 2007. Pertumbuhan jamur dan bakteri pada tanah dengan bahan tanaman dengan rasio C/N berbeda. *Mikrobiol FEMS*. ramah lingkungan. 62: 258-267.
- Sahara, N. Wardah, dan Rahmawati. 2019. Populasi Fungi Dan Bakteri Tanah Di Hutan Pegunungan Dan Dataran Rendah Di Kawasan Taman Nasional Lore Lindu Sulawesi Tengah. *Jurnal Forest Sains*. 16(2): 85-93.
- Santi, L. P dan Goenadi, D. H. 2012. Pemanfaatan Biochar Asal Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pembawa Mikroba Pemantap Agregat. *Buana Sains*. 12 (1): 7-14.
- Santi, L. P. 2016. Pengaruh Asam Humat terhadap Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao*) dan Populasi Mikroorganisme di dalam Tanah Humic Dystrudept. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 40 (2): 87-94.
- Saraswati, R and Edi, Husen and R, D.M. fSimanungkalit. 2007. *Metode Analisis Biologi Tanah*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Saridevi, G., dkk. 2013. Perbedaan Sifat Biologi Tanah pada Beberapa Tipe Penggunaan Lahan di Tanah Andisol, Inseptisol, dan Vertisol. *Jurnal Agroetnologi Tropika*. 2(4): 214-223.
- Schmidt, HP., Pandit, BH., Martinsen, V., Cornelissen, G., Conte, P., dan Kammann, CI. 2015. Fourfold increase in pumpkin yield in response to low- dosage root zone application of urine-enhanced biochar to a fertile tropical soil. *Agriculture*. 5: 723-741.
- Sembiring, M and Fauzi. 2017. Bacterial and fungi phosphate solubilization effect to increase nutrient uptake and potatoes (*Solanum tuberosum* L.) production on andisol Sinabung area. *Journal of Agronomy*. 16(3): 131-137.

- Shariff, A., Noor, N. M., Lau, A., & Ali, M. A. M. 2016. A comparative study on biochar from slow pyrolysis of corn cob and cassava wastes. *International Journal of Biotechnology and Bioengineering*. 10(12): 767-771.
- Shenbagavalli, S. and Mahimairaja, S. 2012. Production and characterization of biochar from different biological wastes. *International Journal of Plant, Animal, and Environmental Sciences*. 2(1): 197-201.
- Sohi, S., Lovez CE, Krull E, dan Bol R. 2009. Biochar, climate change and soil: A review to guide future research. *CSIRO land and water science Report series*. pp 1834-6618.
- Subagyo, H., Suharta, N., Siswanto, A.B. 2000. *Tanah-Tanah Pertanian di Indonesia. Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. Hal. 21-65.
- Sumanda, K., Tamara, P.E., Alqani, F. 2011. Isolation study of efficient a-cellulose from waste plant stem manihot esculenta crantz. *Jurnal Teknik Kimia*. 5(2): 434-438.
- Sumarsih, S. 2003. *Diktat Kuliah: Mikrobiologi Dasar*. Universitas Veteran. Yogyakarta.
- Susilawati, Mustoyo, Budhisurya, E., Anggono, R dan Simanjuntak, B. H. 2013. Analisis Kesuburan Tanah Dengan Indikator Mikroorganisme Tanah Pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Plateau Dieng. *AGRIC*. 25(1): 64-72.
- Waksman, S.A. dan Starkey, R. L. 1981. *The Soil and The Microbe*. John Wiley dan Sons, Inc. New York.
- Warnock, D. D., Lehmann, J., Kuyper, T. W., & Rillig, M. C. 2010. Biochar priming effects on soil organic carbon mineralization in contrasting soil types. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(9), 1864-1874.
- Widyantika, S, D., dan S. Prijono. 2019. Pengaruh Biochar Sekam Padi Dosis Tinggi Terhadap Sifat Fisik Tanah Dan Pertumbuhan Tanaman Jagung Pada Typic Kanhapludult. *Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 6(1): 1157-1163.
- Winarso. 2005. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Yunita, M., Y. Hendrawan, dan R. Yulianingsih. 2015. Analisis Kualitatif Mikrobiologi Pada Makanan Penerbangan (Aerofood ACS) Garuda Indonesia Berdasarkan TPC (Total Plate Count) Dengan Metode Pour Plate. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. 3(3): 237-248.
- Zhang, H., Voroney, R., dan Price, G. 2015. Effects of temperature and process ing conditions on biochar chemical properties and their influence on soil C and N transformations. *Soil Biol Biochem* 83:19–28.