

**PENGARUH KONSORSIUM BAKTERI DAN JENIS PUPUK TERHADAP
RESPIRASI DAN BIOMASSA KARBON MIKROORGANISME TANAH
PADA TANAMAN CABAI (*Capsicum annum* L.) DI TANAH ULTISOL**

(Skripsi)

Oleh

ALLAN VICTORYZAH ARIEF



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**PENGARUH KONSORSIUM BAKTERI DAN JENIS PUPUK TERHADAP
RESPIRASI DAN BIOMASSA KARBON MIKROORGANISME TANAH
PADA TANAMAN CABAI (*Capsicum annum* L.) DI TANAH ULTISOL**

Oleh

ALLAN VICTORYZAH ARIEF

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

Pada

**Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PENGARUH KONSORSIUM BAKTERI DAN JENIS PUPUK TERHADAP RESPIRASI DAN BIOMASSA KARBON MIKROORGANISME TANAH PADA TANAMAN CABAI (*Capsicum annum* L.) DI TANAH ULTISOL

Oleh

Allan Victorizah Arief

Sifat dan karakteristik tanah ultisol yang miskin hara memerlukan upaya untuk memperbaiki sifat dan kualitasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh aplikasi jenis pupuk terhadap respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah, dan interaksi dari masing-masing jenis pupuk dan konsorsium bakteri dari rimpang nanas (RN) dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) terhadap respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok faktorial (RAK) dengan faktorial yang terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama berupa perlakuan pemberian jenis pupuk meliputi pupuk kimia (P1), pupuk organonitrofos yang disterilkan (P2), pupuk organonitrofos yang tidak disterilkan (P3). Faktor kedua meliputi jenis konsorsium yang diberikan yaitu tanpa konsorsium (K0), konsorsium bakteri RN (K1), konsorsium bakteri TKKS (K2), dan campuran konsorsium bakteri RN+TKKS (K3). Hasil penelitian menunjukkan bahwa respons respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah lebih tinggi pada pemberian konsorsium bakteri dibandingkan tanpa konsorsium bakteri pada vegetatif maksimum dan pasca panen. Selain itu respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah lebih tinggi dengan pemberian masing-masing jenis pupuk organonitrofos dibandingkan tanpa pupuk organonitrofos. Terdapat interaksi antara pemberian konsorsium bakteri dengan pupuk organonitrofos terhadap respirasi pada pengamatan pasca panen.

Kata kunci: Konsorsium, mikroorganisme, organonitrofos, pupuk

ABSTRACT

THE EFFECT OF BACTERIAL CONSORTIUM AND FERTILIZER TYPES ON SOIL MICROORGANISM RESPIRATION AND CARBON BIOMASS IN CHILI PLANTS (*Capsicum annum L.*) ON ULTISOL SOIL

By

Allan Victorizah Arief

The properties and characteristics of Ultisol soil, which is nutrient-poor, require efforts to improve its quality. This study aims to investigate the influence of fertilizer types on soil microorganism respiration and carbon biomass, as well as the interaction between each fertilizer type and bacterial consortia derived from pineapple rhizome (RN) and oil palm empty fruit bunch (TKKS) on soil microorganism respiration and carbon biomass. The study employed a randomized complete block factorial design (RCBD) with two factors. The first factor involved different fertilizer treatments: chemical fertilizer (P1), sterilized organonitrophos fertilizer (P2), and non-sterilized organonitrophos fertilizer (P3). The second factor included types of bacterial consortia applied: without consortium (K0), RN bacterial consortium (K1), TKKS bacterial consortium (K2), and a mixture of RN and TKKS bacterial consortia (K3). The research findings indicate that soil microorganism respiration and carbon biomass responded higher to bacterial consortium application compared to no bacterial consortium during both maximum vegetative growth and post-harvest phases. Additionally, soil microorganism respiration and carbon biomass were higher with each type of organonitrophos fertilizer compared to without organonitrophos fertilizer. There was an interaction observed between bacterial consortium application and organonitrophos fertilizer on post-harvest respiration measurements.

Keywords: Consortium, microorganism, organonitrophos, fertilizer

Judul Skripsi

: PENGARUH KONSORSIUM BAKTERI DAN JENIS PUPUK TERHADAP RESPIRASI DAN BIOMASSA KARBON MIKROORGANISME TANAH PADA TANAMAN CABAI (*Capsicum annum* L.) DI TANAH ULTISOL

Nama

: Allan Victoryzah Arief

NPM

: 1714121016

Program Studi

: Agroteknologi

Fakultas

: Pertanian



1. Komisi Pembimbing,

Pembimbing Pertama

Pembimbing Kedua

Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M. Agr. Sc.
NIP 19630804198703 2002

Ir. M.A. Syamsul Arif, M.Sc., Ph.D.
NIP 196104191985031004

1. Ketua Jurusan Agroteknologi,

Ir. Setyo Widagdo, M.Si.
NIP 196812121992031004

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

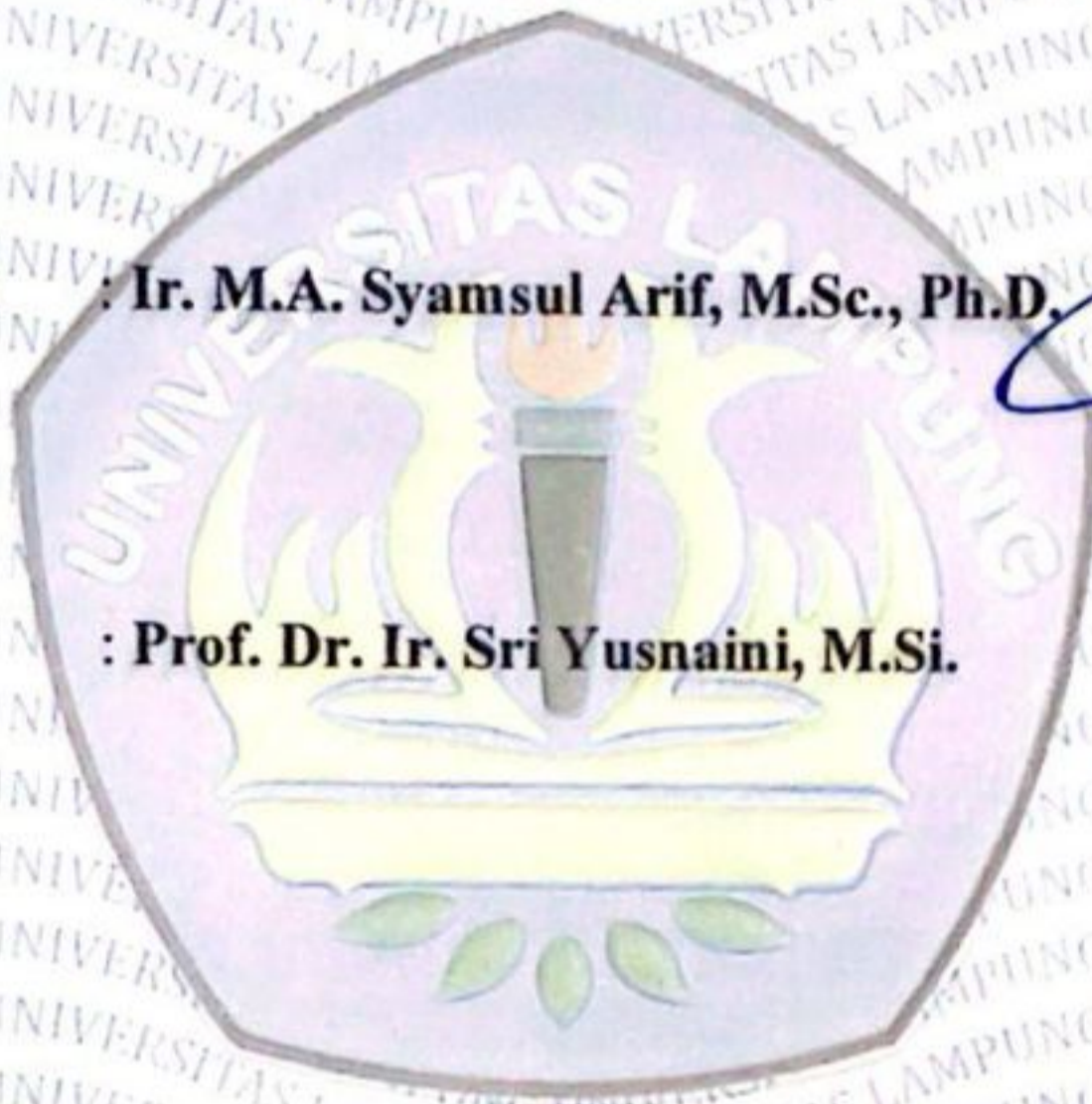
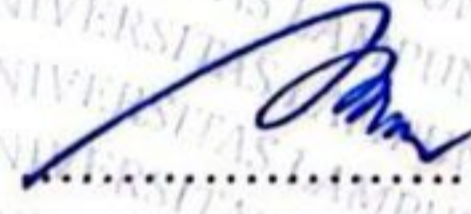
Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M. Agr. Sc.



Pembimbing II : Ir. M.A. Syamsul Arif, M.Sc., Ph.D.



Penguji : Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 14 Juni 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Jenis Pupuk Terhadap Respirasi dan Biomassa Karbon Mikroorganisme Tanah pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.) di Tanah Ultisol”** merupakan hasil karya saya sendiri dengan bimbingan: Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M. Agr. Sc., Ir. M.A. Syamsul Arif, M.Sc. Ph.D., dan Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M. Si. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah-kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Jika di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 14 Juni 2024

Pembuat Pernyataan,



Arial victoryzah Arief

NPM 1714121016

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Gunung Batin Baru, Lampung Tengah pada 13 September 1998 sebagai anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Ir. Amzah Ariep dan Ibu Halena. Penulis menyelesaikan pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 3 Labuhan Ratu pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama Negeri 19 Bandar Lampung pada tahun 2014, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 5 Bandar Lampung pada tahun 2017. Pada 2017, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur masuk Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah mengikuti unit kegiatan mahasiswa di antaranya LS-MATA (Lembaga Studi Mahasiswa Pertanian) sebagai anggota bidang Lingkungan Hidup dan Iptek (2018-2019). Pada 2020 penulis melakukan kegiatan magang di PT Gunung Madu Plantation, dan pada 2022 penulis melakukan PU (Praktik Umum) di PT Sahabat Hidroponik Lampung, Bandar Lampung selama 40 hari kerja efektif. Penulis melakukan KKN (Kuliah Kerja Nyata) di Bandar Lampung, Kecamatan Tanjung Senang Kota Bandar Lampung pada 2021 selama 40 hari.

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan dengan kesanggupannya”

(Q.S Al Baqarah : 286)

"Semua impian kita bisa menjadi kenyataan jika kita memiliki keberanian untuk mengejarnya."

(Walt Disney)

“Aku tidak gagal. Aku hanya baru menemukan 10.000 cara yang tidak akan berhasil.”

(Thomas Edison)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, hidayah serta kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan.

Skripsi ini yang berjudul "*Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Jenis Pupuk terhadap Respirasi dan Biomassa Karbon Mikroorganisme Tanah pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum L.*) di Tanah Ultisol*". Sholawat serta salam semoga selalu tercurah kepada junjungan besar Nabi Muhammad SAW yang telah memberi teladan hidup yang baik kepada kita dan yang akan kita nantikan syafaatnya di yaumul akhir kelak.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan serta arahan dari banyak pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis akan menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si. selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Bapak Ir. Setyo Widagdo, M.Si. selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M. Agr. Sc. selaku dosen Pembimbing Pertama atas ilmu, bimbingan, motivasi, dan nasihat yang telah diberikan kepada penulis dari awal proses penelitian hingga menyelesaikan penulisan skripsi;
5. Bapak Ir. M.A. Syamsul Arif, M.Sc. Ph.D. selaku dosen Pembimbing Kedua atas ilmu, bimbingan, motivasi, dan nasihat yang telah diberikan kepada penulis dari awal proses penelitian hingga menyelesaikan penulisan skripsi;

6. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si. selaku dosen pembahas, atas bimbingan, ilmu, dan nasihat yang diberikan kepada penulis;
7. Bapak Dr. Ir. Henrie Buchari, M.Sc. selaku Penguji, atas bimbingan, ilmu, dan nasihat yang diberikan kepada penulis;
8. Seluruh dosen Jurusan Agroteknologi dan Fakultas Pertanian yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Lampung;
9. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak Ir Amzah Ariepp dan Ibu Halena yang telah memberikan penulis segala cinta, kasih sayang, perhatian, pengorbanan, semangat, motivasi, dan doa di sepanjang hidup penulis;
10. Keluarga tercinta Dzaki Julianzah Arief, yang selalu memberikan semangat perhatian dan doa yang tulus kepada penulis;
11. Untuk yang tersayang telah memberikan dukungan, motivasi dan semangat kepada penulis;
12. Teman-teman terbaikku Fefran Kristian Sitorus dan Antika Sari yang telah memberikan semangat, perhatian, motivasi, dukungan serta tenaga, sehingga penelitian dan penulisan skripsi dapat berjalan dengan lancar dan selesai hingga akhir;
13. Teman-teman seperjuangan Fefran Kristian Sitorus, Rusdi Sion, Aditya Dwi Pratama, M. Fajar Ismail Nasution, Inda Permata Sari, Nadiatus Soliha, Astriana Febriyanti, atas kerjasama, semangat, dukungan, dan pengertian sehingga penelitian dan penulisan ini berjalan dengan lancar;
14. Teman-teman Kelvin Yoansah yang telah memberikan semangat, perhatian, dan masukan energi, sehingga penelitian dan penulisan skripsi dapat berjalan dengan lancar dan selesai hingga akhir;
15. Mbak Maria Sari, S.P. selaku Admin Jurusan Agroteknologi yang telah memberikan semangat, motivasi, arahan dan dukungan kepada penulis sehingga penelitian dapat berjalan dengan lancar;
16. Seluruh teman Agroteknologi 2017 yang telah memberikan dukungan selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Lampung;
17. Keluarga Besar UKMF LS-MATA atas dukungan dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis selama penulisan skripsi;

18. Seluruh adik–adik Agroteknologi, Ilmu Agronomi dan Hortikultura, Hama penyakit tanaman dan Ilmu tanah atas dukungan dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis selama penulisan skripsi.

Semoga bantuan yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan balasan dari Allah SWT, dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Aamiin Yaa Rabbal Alaamiin.

Bandar Lampung, 14 Juni 2024

Penulis,

Allan Victoryzah Arief

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Kerangka Pemikiran	6
1.5 Hipotesis	10
II. TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Pupuk Organonitrofos	11
2.2 Konsorsium Bakteri.....	12
2.2.1 Konsorsium Bakteri Rimpang Nanas.....	13
2.2.2 Konsorsium Bakteri Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	13
2.3 Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-mik) Tanah	14
2.4 Respirasi Tanah	15
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.3 Metode Penelitian	18
3.3 Pelaksanaan Penelitian	19
3.3.1 Persiapan Media Tanam.....	19

3.3.2 Pembibitan Tanaman	19
3.3.3 Penanaman.....	20
3.3.4 Aplikasi Pupuk Organonitrofos dan Pupuk Dasar.....	20
3.3.5 Aplikasi Konsorsium Bakteri.....	20
3.3.6 Perawatan Tanaman.....	21
3.3.7 Pemanenan.....	21
3.4 Variabel Pengamatan.....	21
3.4.1 Variabel Utama	21
3.4.2 Variabel Pendukung.....	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil Penelitian	31
4.1.1 Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Respirasi Tanah	31
4.1.2 Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-mik) Tanah	38
4.1.3 Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Beberapa Sifat Tanah.....	42
4.1.4 Uji Korelasi Kadar Air, Suhu, pH, P-tersedia, C-organik, dan N-total Tanah dengan Respirasi dan Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-mik) Tanah.....	46
4.1.5 Uji Korelasi Respirasi Tanah terhadap Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-mik) Tanah.....	47
4.2 Pembahasan	48
V. SIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Simpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema kerangka pemikiran pengaruh konsorsium isolat bakteri dan jenis pupuk terhadap respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah pada tanaman cabai merah (<i>Capsicum annum</i> L.) di tanah Ultisol.	9
2. Tata letak percobaan tanaman cabai merah.	19
3. Pelaksanaan inkubasi tanah untuk pengukuran respirasi tanah: (a) sampel tanah sebanyak 100 gram dan dua botol film (satu botol film berisi 10 ml KOH 0,2 N dan satu botol film berisi 10 ml aquades) dimasukkan ke toples, (b) toples ditutup hingga kedap udara dan diinkubasi di tempat gelap selama 10 hari.....	22
4. Pelaksanaan inkubasi tanah untuk pengukuran respirasi kontrol: (a) dua botol film (satu botol film berisi 10 ml KOH 0,2 N dan satu botol film berisi 10 ml aquades) dimasukkan ke toples, (b) toples ditutup hingga kedap udara dan diinkubasi di tempat gelap selama 10 hari.....	22
5. Proses titrasi pada larutan KOH 0.2 N pada percobaan respirasi tanah: (a) larutan KOH 0,2 N ditambahkan 2 tetes indikator <i>phenolphthalein</i> , (b) larutan KOH 0,2 N setelah di titrasi dengan HCl 0,1 N warna merah muda hilang menjadi bening, (c) larutan KOH 0,2 N ditambahkan 2 tetes indikator <i>metyl orange</i> , (d) Larutan KOH 0,2 N setelah di titrasi dengan HCl 0,1 N warna kuning menjadi merah muda.	23
6. Proses fumigasi tanah menggunakan kloroform (CHCl ₃).....	25
7. Pelaksanaan inkubasi tanah untuk pengukuran biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah: (a)100 g tanah fumigasi ditambahkan 10 g tanah inokulan dan dua botol film (satu botol film berisi 10 ml KOH 0,5 N dan satu botol film berisi 10 ml aquades) dimasukkan ke toples, (b) toples ditutup hingga kedap udara dan diinkubasi di tempat gelap selama 10 hari.....	26

8.	Proses titrasi pada larutan KOH 0,5 N pada percobaan biomasa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah: (a) larutan KOH 0,5 N ditambahkan 2 tetes indikator <i>phenolphthalein</i> , (b) Larutan KOH 0,5 N setelah dititrasi dengan HCl 0,1 N warna merah muda hilang menjadi bening, (c) larutan KOH 0,5 N ditambahkan 2 tetes indikator <i>metyl orange</i> , (d) larutan KOH 0,5 N setelah dititrasi dengan HCl 0,1 N warna kuning menjadi merah muda. ..	27
9.	Grafik korelasi antara respirasi tanah dan biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah ($\text{mg C-CO}_2 \text{ kg tanah}^{-1} \text{ 10 hari}^{-1}$) pada pengamatan vegetatif maksimum.	47
10.	Proses penyiapan media dan benih: (a) benih cabai, (b) proses sterilisasi media tanam dan pupuk organonitrofos, (c) proses penyemaian benih cabai.	85
11.	Peremajaan isolat konsorsium isolat bakteri terpilih.	85
12.	Proses pengaplikasian perlakuan dan pengamatan sampel: (a) aplikasi pupuk dasar, (b) aplikasi konsorsium bakteri, (c) penimbangan sampel tanah, (d) proses titrasi.	86

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan Unsur Hara Pupuk Organonitrofos Plus	12
2. Respirasi Tanah ($\text{mg jam}^{-1} \text{ m}^{-2}$) Akibat Pemberian Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos pada Pengamatan Vegetatif Maksimum dan Pasca Panen	31
3. Respirasi Tanah Akibat Pemberian Konsorsium Bakteri pada Pengamatan Vegetatif Maksimum.....	33
4. Respirasi Tanah Akibat Pemberian Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos pada Pengamatan Vegetatif Maksimum.....	33
5. Respirasi Tanah Akibat Pemberian Konsorsium Bakteri pada Pengamatan Pasca Panen.....	34
6. Respirasi Tanah Akibat Pemberian Pupuk Organonitrofos pada Pengamatan Pasca Panen.....	35
7. Respirasi Tanah Akibat Pemberian Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos pada Pengamatan Pasca Panen.....	36
8. Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-mik) Tanah Akibat Pemberian Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos pada Vegetatif Maksimum dan Pasca Panen	39
9. Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-mik) Tanah Akibat Pemberian Konsorsium Bakteri pada Pengamatan Vegetatif Maksimum	39
10. Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-mik) Tanah Akibat Pemberian Pupuk Organonitrofos pada Pengamatan Vegetatif Maksimum	40
11. Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-mik) Tanah Akibat Pemberian Konsorsium Bakteri pada Pengamatan Pasca Panen	41
12. Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-mik) Tanah Akibat Pemberian Pupuk Organonitrofos pada Pengamatan Pasca Panen....	41
13. Ringkasan Analisis Ragam Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Beberapa Sifat Tanah (Kadar Air, Suhu, pH, C-organik dan N-total) pada Pengamatan Pasca Panen....	42

14.	Suhu Tanah Akibat Pemberian Konsorsium Bakteri pada Pengamatan Pasca Panen.....	43
15.	Suhu Tanah Akibat Pemberian Pupuk Organonitrofos pada Pengamatan Pasca Panen.....	43
16.	Suhu Tanah Akibat Pemberian Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos pada Pengamatan Pasca Panen	44
17.	pH Tanah Akibat Pemberian Konsorsium Bakteri pada Pengamatan Pasca Panen	45
18.	pH Tanah Akibat Pemberian Pupuk Organonitrofos pada Pengamatan Pasca Panen	46
19.	Ringkasan Uji Korelasi antara Kadar Air, Suhu, Kelembaban, pH, C-organik dan N-total dengan Respirasi dan Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-mik) Tanah pada Pengamatan Pasca Panen.....	46
20.	Ringkasan Uji Korelasi antara Respirasi Tanah dengan Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-mik) Tanah pada Pengamatan Pasca Panen.....	47
21.	Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Respirasi Tanah pada Pengamatan Vegetatif Maksimum	62
22.	Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pemberian Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Respirasi Tanah pada Pengamatan Vegetatif Maksimum.....	63
23.	Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Respirasi Tanah pada Pengamatan Vegetatif Maksimum	64
24.	Pengaruh Pemberian Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Respirasi Tanah pada Pengamatan Pasca Panen	64
25.	Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pemberian Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Respirasi Tanah pada Pengamatan Pasca Panen	65
26.	Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Respirasi Tanah pada Pasca Panen.	66
27.	Pengaruh Pemberian Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap C-mik Tanah pada Pengamatan Vegetatif Maksimum	66
28.	Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Pemberian Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap C-mik Tanah pada Pengamatan Vegetatif Maksimum	67
29.	Analisis Ragam Hasil Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap C-mik Tanah pada Vegetatif Maksimum ..	68
30.	Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap C-mik Tanah pada Pengamatan Pasca Panen	68

31. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap C-mik Tanah pada Pengamatan Pasca Panen.....	69
32. Analisis ragam Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap C-mik pada Pengamatan Pasca Panen	70
33. Hasil Analisis Tanah Awal	70
34. Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Kadar Air Tanah pada Pengamatan Pasca Panen	71
35. Uji Homogenitas Ragam Hasil Pengaruh Aplikasi Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Kadar Air Tanah pada Pengamatan Pasca Panen.....	71
36. Analisis Ragam Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Kadar Air Tanah pada Pengamatan Pasca Panen.....	72
37. Pengaruh Aplikasi Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Suhu Tanah pada Pengamatan Pasca Panen	72
38. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Suhu Tanah pada Pengamatan Pasca Panen.....	73
39. Analisis Ragam Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Suhu Tanah pada Pengamatan Pasca Panen.....	74
40. Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap pH Tanah pada Pengamatan Pasca Panen	74
41. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap pH Tanah pada Pengamatan Pasca Panen	75
42. Analisis Ragam Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap pH Tanah pada Pengamatan Pasca Panen .	76
43. Pengaruh Aplikasi Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap C-organik Tanah pada Pengamatan Pasca Panen	76
44. Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap C-organik Tanah pada Pengamatan Pasca Panen.....	77
45. Analisis Ragam Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap C-organik Tanah pada Pengamatan Pasca Panen.....	78
46. Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap N-total Tanah pada Pengamatan Pasca Panen	78

47.	Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap N-total Tanah pada Pengamatan Pasca Panen.....	79
48.	Analisis Ragam Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap N-total Tanah pada Pengamatan Pasca Panen.....	80
49.	Hasil Analisis Ragam Uji Korelasi antara Kadar Air Tanah dengan Respirasi Tanah pada Pengamatan Pasca Panen	80
50.	Hasil Analisis Ragam Uji Korelasi antara Suhu Tanah dengan Respirasi Tanah pada Pengamatan Pasca Panen	81
51.	Hasil Analisis Ragam Uji Korelasi antara pH Tanah dengan Respirasi Tanah pada Pengamatan Pasca Panen	81
52.	Hasil Analisis Ragam Uji Korelasi antara C-organik Tanah dengan Respirasi Tanah pada Pengamatan Pasca Panen	81
53.	Hasil Analisis Ragam Uji Korelasi antara N-total Tanah dengan Respirasi Tanah pada Pengamatan Pasca Panen	82
54.	Hasil Analisis Ragam Uji Korelasi antara Kadar Air Tanah dengan C-mik Tanah pada Pengamatan Pasca Panen	82
55.	Hasil Analisis Ragam Uji Korelasi antara Suhu Tanah dengan C-mik Tanah pada Pengamatan Pasca Panen	82
56.	Hasil Analisis Ragam Uji Korelasi antara pH Tanah dengan C-mik Tanah pada Pengamatan Pasca Panen	83
57.	Hasil Analisis Ragam Uji Korelasi antara C-organik Tanah dengan C-mik Tanah pada Pengamatan Pasca Panen	83
58.	Hasil Analisis Ragam Uji Korelasi antara N-total Tanah dengan C-mik Tanah pada Pengamatan Pasca Panen	83
59.	Hasil Analisis Ragam Uji Korelasi antara Respirasi Tanah dengan C-Mik Tanah pada Pengamatan Vegetatif Maksimum	84
60.	Hasil Analisis Ragam Uji Korelasi antara Respirasi Tanah dengan C-mik Tanah pada Pengamatan Pasca Panen	84

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah ultisol merupakan salah satu jenis tanah di Indonesia yang tersebar luas, mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari total luas tanah di Indonesia. Kesuburan tanah ultisol biasanya hanya bergantung pada kandungan bahan organik di atas tanah. Jika lapisan ini terkikis maka bahan organik dan unsur hara dalam tanah akan menjadi miskin (Soil Survey Staff, 2003). Tanah ultisol memiliki kandungan hara yang sangat buruk terutama fosfor (P) dan kation yang dapat ditukar seperti kalsium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na) dan kalium (K), kandungan aluminium (Al) yang tinggi, kapasitas tukar kation rendah, kemungkinan keracunan aluminium tinggi, serta kandungan organik rendah (Adiningsih dan Mulyadi, 1993).

Seiring dengan meningkatkannya jumlah penduduk, ketersediaan bahan pangan juga mengalami peningkatan dari waktu ke waktu. Salah satu bahan pangan yang sangat digemari masyarakat adalah cabai merah besar (*Capsicum annum*) yang tergolong dalam tanaman hortikultura. Cabai sendiri mengandung beragam vitamin seperti vitamin C, B1, B2, kalsium, fosfor, dan senyawa alkali seperti capsaicin (Setiadi, 2011). Budidaya tanaman cabai pada tanah ultisol menjadi suatu tantangan tersendiri karena sifat dari tanah ultisol yang memiliki kandungan hara yang rendah. Oleh karena itu perlu dilakukan berbagai upaya dalam pembenahan kualitas tanah pada tanah ultisol agar tanaman cabai yang ditanam dapat menghasilkan produksi cabai yang maksimal.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kesuburan tanah adalah dengan melakukan pemupukan atau pemberian bahan

berupa bahan pembenah tanah, bahan hijauan legume, dan kotoran hewan atau pupuk kandang (Notohadiprawiro, 2006). Ditinjau dari bahan penyusunnya, pupuk sendiri dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu pupuk anorganik dan pupuk organik (Lingga dan Marsono, 2008). Penggunaan pupuk organik saat ini mulai dipertimbangkan karena memiliki sejumlah keunggulan seperti meningkatkan agregat tanah, memperbaiki transfer oksigen, menjaga stabilitas air, meningkatkan kapasitas tukar kation, mengaktifkan mikroba indigenus yang bermanfaat, menyeimbangkan kehidupan mikroba tanah, menjaga daur bahan organik tetap berkelanjutan, dan menyediakan senyawa organik dari perombakan sisa bahan organik (Purtomo *et al.*, 2014).

Terdapat berbagai jenis pupuk organik yang tersedia saat ini, satu di antaranya adalah pupuk organonitrofos. Nugroho *et al.* (2012) menjelaskan bahwa pupuk organonitrofos merupakan pupuk dengan bahan dasar pupuk kandang sapi dan batuan fosfat yang dicampur dan kemudian dikomposkan. Mikroba pemfiksasi N dan pelarut P turut diinokulasikan ke campuran dua bahan tersebut. Kandungan N dan P yang terdapat dalam pupuk organonitrofos juga diketahui cukup tinggi.

Pupuk hayati yang mengandung mikroorganisme bermanfaat dapat signifikan dalam meningkatkan kesuburan tanah. Konsorsium bakteri, yang merupakan komunitas mikroorganisme yang berkerja bersama-sama, merupakan salah satu bentuk pupuk hayati yang diharapkan dapat memberikan manfaat besar dalam pertanian. (Presscot *et al.*, 2003)

Ekstrak Rimpang Nanas (RN) dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) telah terbukti menjadi sumber yang potensial untuk mengisolasi konsorsium bakteri. Kedua sumber ini mengandung mikroorganisme yang mampu melarutkan fosfat yang terikat dalam tanah. Melalui penelitian yang dilakukan oleh Dermiyati *et al.* (2019), telah diidentifikasi bahwa suspensi Mikroba Pelarut Fosfat (MOL) dari RN menghasilkan 4 jenis isolat Bakteri Pelarut Fosfat (BPF), sedangkan MOL dari TKKS menghasilkan 7 jenis isolat BPF.

Kemampuan konsorsium bakteri ini dalam melarutkan fosfat merupakan hal yang penting karena fosfat adalah salah satu nutrisi esensial bagi pertumbuhan tanaman. Dengan meningkatkan ketersediaan fosfat dalam tanah, konsorsium bakteri dapat mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih baik dan meningkatkan hasil pertanian secara keseluruhan. Oleh karena itu, penggunaan konsorsium bakteri dari Rimpang Nanas (RN) dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai pupuk hayati memiliki potensi besar dalam mengoptimalkan ketersediaan hara fosfat dalam tanah, yang pada gilirannya dapat meningkatkan produktivitas pertanian dan menjaga keberlanjutan lingkungan pertanian.

Pupuk hayati adalah jenis pupuk organik yang mengandung mikroorganisme bermanfaat bagi tanaman dan tanah. Ada dua tipe utama pupuk hayati berdasarkan komposisi mikroorganismenya: pupuk hayati yang mengandung hanya satu jenis mikroorganisme dan pupuk hayati yang mengandung konsorsium mikroorganisme. Pupuk Hayati dengan satu jenis mikroorganisme adalah pupuk hayati yang mengandung satu jenis mikroorganisme yang spesifik, seperti jenis bakteri tertentu atau fungi yang telah dipilih karena kemampuannya dalam meningkatkan kesehatan tanaman atau kesuburan tanah.

Konsorsium mikroorganisme pupuk hayati jenis ini mengandung lebih dari satu jenis mikroorganisme yang bekerja bersama dalam suatu komunitas. Konsorsium mikroorganisme terdiri dari beberapa populasi mikroorganisme yang berbeda, yang saling melengkapi dan saling menguntungkan satu sama lain. Misalnya, konsorsium mikroorganisme bisa terdiri dari berbagai jenis bakteri tanah, fungi mikoriza, atau mikroba lain yang memiliki kemampuan beragam, seperti meningkatkan ketersediaan nutrisi (seperti nitrogen, fosfat, dan kalium), menghasilkan senyawa bioaktif, atau meningkatkan resistensi tanaman terhadap penyakit.

Penggunaan konsorsium mikroorganisme dalam pupuk hayati diharapkan dapat memberikan efek sinergis yang lebih baik dalam memperbaiki kualitas tanah dan meningkatkan hasil pertanian secara berkelanjutan. Memadukan berbagai

mikroorganisme yang berperan penting dalam siklus nutrisi tanah dan interaksi ekologisnya, konsorsium mikroorganisme mampu memberikan manfaat yang lebih luas daripada penggunaan mikroorganisme tunggal saja. (Okoh, 2006).

Pengaplikasian pupuk organik ini diketahui tidak hanya berdampak terhadap sifat kimia tanah saja sebagaimana pupuk anorganik yang hanya berfokus pada penambahan unsur hara tertentu saja. Sifat biologi dan fisika tanah juga memperoleh dampak positif dari pengaplikasian pupuk organik. Untuk mengetahui kualitas sifat biologi tanah terdapat beberapa parameter yang dapat diamati, seperti respirasi dan biomassa karbon mikroba tanah.

Respirasi tanah adalah proses evolusi CO₂ dari tanah ke atmosfer, terutama dihasilkan oleh mikroorganisme tanah dan akar tanaman. Mikroorganisme dalam setiap aktivitasnya membutuhkan O₂ atau mengeluarkan CO₂ yang dijadikan dasar untuk pengukuran respirasi tanah. Hal ini dipengaruhi tidak hanya oleh faktor biologis (vegetasi, mikroorganisme) dan faktor lingkungan (antara lain suhu, kelembaban, Ph), tetapi juga oleh faktor buatan manusia. Menurut Sutedjo *et al.* (1991), faktor-faktor yang mempengaruhi meningkatnya mikroorganisme dalam tanah yang paling penting yaitu C-organik, reaksi (pH), kelembaban, dan temperatur.

Biomassa karbon mikroba tanah (C-mik) merupakan total karbon (C) dari mikroorganisme tanah yang selalu terkait dengan tingkat kesuburan tanah. Tanah subur selalu memiliki nilai C-mik yang tinggi. Hal ini dikarenakan tanah yang subur selalu mampu untuk menjadi media tumbuh ideal bagi berbagai mikroorganisme baik bagi yang bersifat menguntungkan ataupun merugikan. Tanah yang mengandung C-mik tinggi maka akan terjadi proses dekomposisi, siklus unsur hara dan penguraian senyawa organik dan anorganik lainnya (Susilawati *et al.*, 2013).

Salah satu manfaat dari pupuk kompos seperti organonitrofos adalah sebagai substrat bagi pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme. Hal ini

diharapkan dapat meningkatkan populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah yang ditunjukkan dengan meningkatnya respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah (Lingga dan Marsono, 2008). Pupuk organonitrofos yang akan digunakan dalam penelitian ini sendiri akan terbagi dalam dua perlakuan, yaitu pupuk organonitrofos yang tidak disterilkan (non steril) dan pupuk organonitrofos yang disterilkan. Perlakuan yang menggunakan pupuk organonitrofos yang tidak disterilkan akan diamati apakah ada interaksi antara mikroorganisme yang telah ada di pupuk organonitrofos dengan mikroorganisme yang berasal dari konsorsium bakteri rimpang nanas dan TKKS. Sedangkan, pada perlakuan pupuk organonitrofos steril, kinerja mikroorganisme dari konsorsium bakteri rimpang nanas dan TKKS akan diamati tanpa adanya interaksi dengan mikroorganisme bawaan pupuk organonitrofos. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan diamati tentang bagaimana pengaplikasian pupuk organonitrofos dan pupuk kimia yang dikombinasikan dengan konsorsium bakteri yang berasal dari rimpang nanas (RN) dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) terhadap aktivitas sifat biologi tanah yang ada di dalamnya.

Dari beberapa penjelasan diatas, maka dilakukan pengaruh konsorsium bakteri dan jenis pupuk terhadap respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah pada tanaman cabai (*Capsicum annum* l.) di tanah ultisol.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- (1) Apakah perlakuan pupuk organonitrofos memengaruhi respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah?
- (2) Apakah perlakuan konsorsium bakteri dari rimpang nanas dan tandan kosong kelapa sawit memengaruhi respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah?
- (3) Apakah terdapat interaksi antara perlakuan pupuk Organonitofos dan perlakuan konsorsium bakteri dari rimpang nanas dan tandan kosong kelapa sawit terhadap respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dituliskan maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- (1) Mempelajari pengaruh aplikasi jenis pupuk terhadap respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah;
- (2) Mempelajari pengaruh konsorsium bakteri dari rimpang nanas dan tandan kosong kelapa sawit terhadap respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah;
- (3) Mempelajari interaksi antara jenis pupuk dan konsorsium bakteri dari rimpang nanas dan tandan kosong kelapa sawit terhadap respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah.

1.4 Kerangka Pemikiran

Tanah ultisol memiliki pH yang rendah, bahan organik rendah, hara makro yang rendah, serta ketersediaan unsur hara P yang juga sangat rendah (Fitriatin *et al.*, 2014). Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk memperbaiki kualitas lahan adalah pemupukan. Saat ini pemupukan pada lahan pertanian hanya berfokus pada penggunaan pupuk anorganik, padahal pupuk ini diketahui dapat berdampak negatif terhadap kualitas tanah jika dilakukan secara terus menerus. Karena hal tersebut, penggunaan pupuk organik harus mulai diperhitungkan karena merupakan bagian penting dalam konsep pertanian berkelanjutan (Dermiyati *et al.*, 2015).

Pupuk organik mengandung unsur hara kompleks yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman (Bradbury, 2015). Penggunaan pupuk organik berupa kompos dalam jangka panjang dapat meningkatkan kepadatan dan keanekaragaman spesies mesofauna pada tanah, hal ini disebabkan peningkatan bahan organik pada tanah yang berasal dari pupuk kompos (Phelan, 2004). Organonitrofos adalah salah satu pupuk organik berupa pupuk kandang sapi dengan batuan fosfat yang dikomposkan dan diinokulasikan dengan

mikroorganisme pemfiksasi N dan pelarut P sehingga kandungan unsur hara N dan P terlarut di dalamnya cukup tinggi (Nugroho *et al.*, 2012). Selain pupuk organik berupa kompos, terdapat pula pupuk hayati atau pupuk yang terdiri dari satu atau beberapa jenis mikroorganisme. Mikroorganisme dalam pupuk hayati dapat berasal dari ekstrak bagian tanaman tertentu, seperti dari tandan kosong kelapa sawit atau rimpang nanas.

Penelitian yang dilakukan oleh Annisa (2019) menunjukkan bahwa terdapat 113 isolat bakteri di rimpang nanas, di mana 35 isolat diketahui bersifat antagonis terhadap patogen *Phytophthora* sp. dan 112 isolat dapat melarutkan fosfat. Hasil penelitian Zainudin *et al.* (2013) diketahui terdapat 27 isolat bakteri dalam kompos tandan kosong kelapa sawit. Mikroorganisme yang terkandung dalam pupuk organik cair dari tandan kosong kelapa sawit dapat merombak bahan organik, mengendalikan hama dan patogen penyebab penyakit, serta merangsang pertumbuhan tanaman (Handayani *et al.*, 2015), mikroorganisme yang terkandung dalam pupuk organik cair dari tandan kosong kelapa sawit dan rimpang nanas juga diketahui dapat berperan sebagai bakteri pelarut fosfat (Dermiyati, 2019).

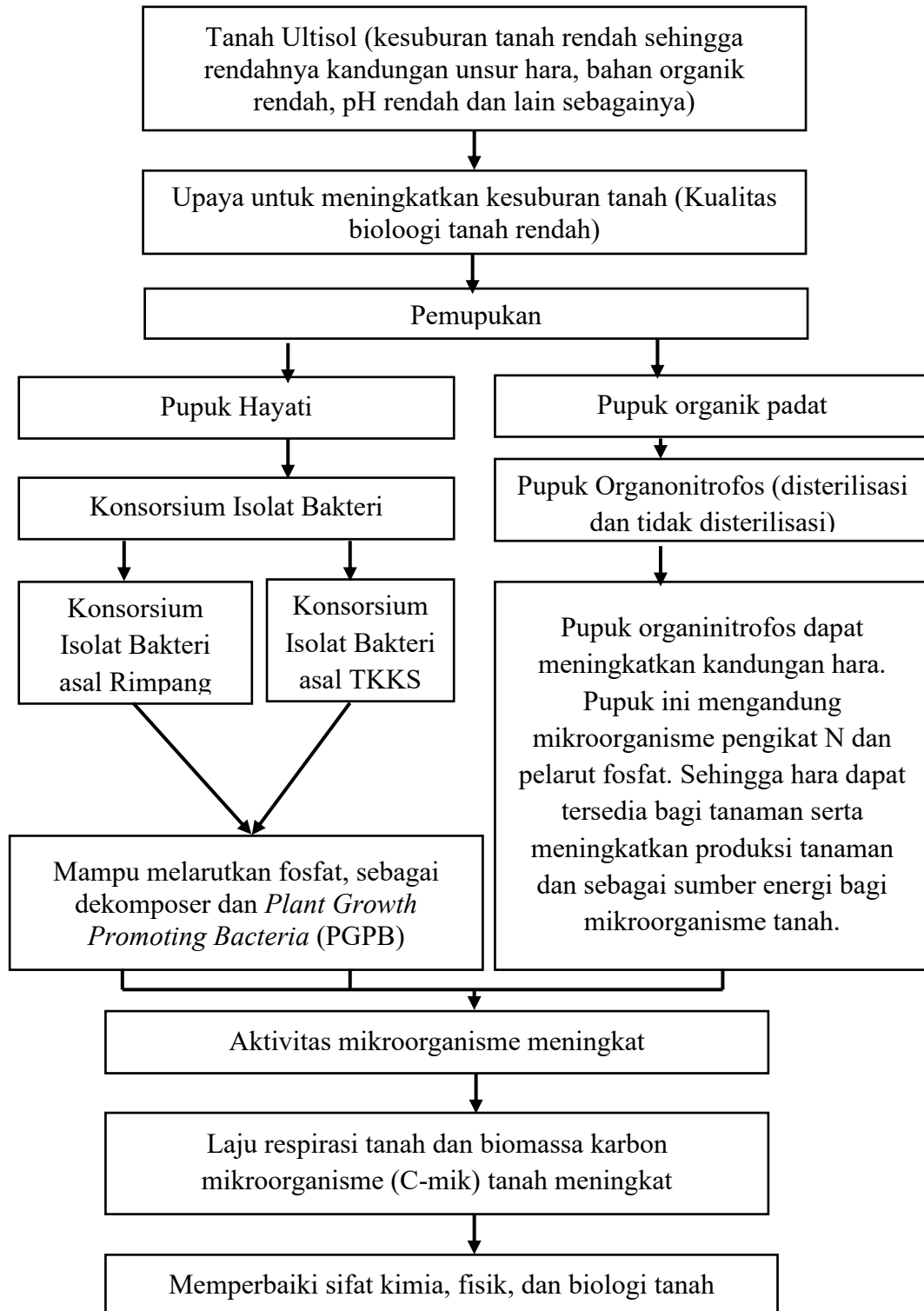
Pengaplikasian pupuk organik berupa kompos diketahui dapat meningkatkan kandungan karbon organik tanah. Meningkatnya karbon organik tanah ini dipengaruhi oleh dosis kompos yang digunakan. Peningkatan karbon organik tanah juga dapat dipengaruhi oleh jenis kompos yang digunakan. Dengan meningkatnya kandungan karbon organik tanah ini juga akan meningkatkan aktivitas mikroba dalam tanah. Peningkatan aktivitas mikroba ini ditunjukkan dengan meningkatnya respirasi tanah. Pada percobaan dua dosis kompos yaitu 5 kg m⁻² dan 8,5 kg m⁻² diperoleh hasil konsentrasi CO₂ sebesar 0,59 C-CO₂ mg jam⁻¹ m⁻² hasil konsentrasi CO₂ sebesar 0,59 C-CO₂ mg untuk tanah dengan pemberian dosis 5 kg m⁻² dan konsentrasi CO₂ 0,7 C- CO₂ mg jam⁻¹ m⁻² pada dosis 8,5 kg m⁻² (Sitorus dan Sembiring, 2012).

Penelitian yang dilakukan oleh Junaidi *et al* (2020), menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik berupa pupuk kandang dapat meningkatkan nilai

respirasi tanah hingga 46,43 C-CO₂ mg jam⁻¹ m⁻², ini lebih tinggi dibandingkan tanpa pupuk organik yang hanya sebesar 28,03 C-CO₂ mg jam⁻¹ m⁻². Pemberian pupuk hayati juga dapat meningkatkan respirasi tanah di mana pada perlakuan pemberian pupuk hayati *Bio Max Grow* dengan dosis 30.000 ppm diperoleh kadar respirasi tanah sebesar 47,64 C-CO₂ mg jam⁻¹m⁻², sedangkan pada tanah yang tidak diberi pupuk hayati kadar respirasinya sebesar 30,53 C-CO₂ mg jam⁻¹ m⁻².

Pupuk Organonitrofos dan kombinasinya dengan pupuk anorganik tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman mentimun (Wijaya dkk., 2015). Apabila air, unsur hara dan cahaya matahari berkurang, maka akan mempengaruhi laju fotosintesis yang kemudian akan mengakibatkan penurunan suatu tanaman. Pemberian pupuk tunggal anorganik maupun pemberian pupuk Organonitrofos dan kombinasinya dengan pupuk anorganik mampu meningkatkan serapan hara N, P dan K pada tanaman. Namun bila ditinjau dari segi ramah lingkungan, sebaiknya menggunakan pupuk tunggal Organonitrofos atau pupuk Organonitrofos dan kombinasinya dengan pupuk anorganik untuk mengurangi pupuk anorganik yang berlebihan dan dapat merusak lingkungan.

Keuntungan menggunakan pupuk organonitrofos, yaitu selain sebagai sumber hara N dan P, pupuk organik organonitrofos yang ditambahkan dapat meningkatkan kandungan bahan organik tanah, memperbaiki struktur tanah, dan sebagai sumber energi sehingga aktivitas jasad mikro dalam tanah meningkat. Secara ekonomi, penggunaan kombinasi pupuk tersebut dapat meminimalisir penggunaan pupuk anorganik NPK yang sulit didapatkan dan harganya relatif mahal (Wijaya dkk., 2015). Dengan demikian, pengaplikasian bahan organik berupa pupuk organonitrofos dan konsorsium bakteri dari rimpang nanas dan tandan kosong kelapa sawit diharapkan dapat meningkatkan kualitas sifat biologi yang ditunjukkan dengan respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah (Gambar 1). Berdasarkan teori yang telah dikemukakan, maka skema kerangka pemikiran dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Skema kerangka pemikiran pengaruh konsorsium isolat bakteri dan jenis pupuk terhadap respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah pada tanaman cabai merah (*Capsicum annum L.*) di tanah Ultisol.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

- (1) Pemberian pupuk organonitrofos steril dan pupuk organonitrofos non steril meningkatkan respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah dibandingkan pupuk kimia;
- (2) Konsorsium isolat bakteri dari rimpang nanas dan tandan kosong kelapa sawit meningkatkan biomassa karbon mikroorganisme tanah dan respirasi mikroorganisme tanah dibandingkan tanpa konsorsium isolat bakteri;
- (3) Terdapat interaksi antara jenis pupuk dan konsorsium isolat bakteri dari rimpang nanas dan tandan kosong kelapa sawit yang mempengaruhi respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah;
- (4) Terdapat korelasi antara suhu tanah, kadar air tanah, pH tanah, C-organik dan N-total dengan respirasi tanah dan biomassa karbon mikroorganisme (C-mik), serta korelasi antara respirasi tanah dan biomassa karbon mikroorganisme (C-mik).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pupuk Organonitrofos

Pupuk merupakan bahan yang terbukti berperan penting dalam meningkatkan kesuburan tanah dan produksi berbagai hasil pertanian. Salah satu tujuan pemupukan adalah untuk memberi tanaman lebih banyak unsur hara, sehingga dapat memenuhi kebutuhan hara selama proses pertumbuhan, sehingga memberikan pertumbuhan dan hasil yang lebih baik bagi tanaman. Nilai hara yang terkandung dalam pupuk organik biasanya sangat bervariasi. Bahan organik merupakan komponen tanah yang sangat erat kaitannya dengan kualitas tanah, sehingga merupakan komponen penting dalam sistem pertanian. Dalam proses pemberian unsur hara bagi tanaman dan pemeliharaan struktur tanah dengan membentuk agregat tanah yang stabil, bahan organik tanah memegang peranan yang sangat penting sebagai pengendali, yaitu menyediakan aliran udara dan air tanah, menentukan daya serap air, dan mengurangi kelembaban tanah. Bahaya erosi, efek penyangga, pestisida dan pencegahan pencucian hara. Oleh karena itu, keberadaan bahan organik di dalam tanah sering digunakan sebagai indikator umum kesuburan tanah (Bangun dan Wahono, 2002).

Pupuk organonitrofos adalah pupuk organik yang baru dikembangkan, yang terbuat dari 70% sampai 80% kotoran sapi dan 20% sampai 30% batuan fosfat, ditambah dengan mikroorganisme pengikat nitrogen dan pelarut P, yang tidak berbahaya bagi lingkungan (Nugroho *et al.*, 2012). Organonitrofos berpotensi meningkatkan kesuburan tanah ultisol, karena organonitrofos memiliki beragam unsur hara, baik yang bersifat makro maupun mikro (Nugroho *et al.*, 2013). Lumbanraja *et al.* (2013) mengembangkan formula pupuk organonitrofos baru, yang terbuat dari kotoran sapi, kotoran ayam, limbah padat hasil industri

monosodium glutamat (MSG), yang diperkaya dengan mikroorganisme tanah. Pada penelitian ini sendiri pupuk organonitrofos yang akan digunakan terbagi menjadi dua jenis yaitu pupuk organonitrofos biasa dan pupuk organonitrofos yang disterilisasi. Fungsi dari sterilisasi ini adalah untuk membunuh mikroorganisme yang terkandung di dalam pupuk organonitrofos utamanya yang tahan panas (Fardiaz, 1992). Hal ini nantinya akan memudahkan dalam mengamati ada atau tidaknya interaksi antara mikroorganisme dalam pupuk organonitrofos dengan konsorsium isolat bakteri yang diaplikasikan. Analisis Kandungan unsur hara pupuk organonitrofos plus yang dilakukan oleh Dermiyati (2017) mendapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Kandungan Unsur Hara Pupuk Organonitrofos Plus

Sifat kimia	Nilai
pH (H ₂ O)	6,80
C-organik (%)	12,67
N-total (%)	1,21
P-total (%)	3,99
K-total (%)	2,09

2.2 Konsorsium Bakteri

Konsorsium bakteri merupakan campuran populasi mikroba berbentuk suatu komunitas dan bersifat kooperatif. Anggota komunitas akan berhubungan satu sama lain dan oleh karena itu lebih berhasil dalam mendegradasi senyawa kimia daripada isolat tunggal. Dalam kondisi substrat yang memadai, hubungan antara anggota komunitas tidak akan mengganggu satu sama lain, tetapi akan bertindak secara sinergis satu sama lain, menghasilkan efisiensi perombakan yang lebih tinggi selama proses pengolahan (Okoh, 2006).

Penggunaan konsorsium mikroorganisme dapat memberi dampak yang lebih baik ataupun lebih buruk daripada penggunaan isolat tunggal. Penggunaan konsorsium bakteri dapat memberi dampak lebih baik karena diharapkan enzim dari masing-masing mikroba dapat saling melengkapi untuk menggunakan sumber nutrisi yang tersedia pada media pembawa untuk bertahan hidup (Istifadah *et al.*, 2014).

Sedangkan dengan beragamnya jenis dan tingginya populasi bakteri hal ini akan menimbulkan kompetisi dalam mendapatkan ruang dan nutrisi untuk menunjang kehidupannya (Wei *et al.*, 2009). Sehingga harus disediakan cukup ruang dan substrat bagi bakteri agar dapat tumbuh dengan optimal tanpa saling berkompetisi.

2.2.1 Konsorsium Bakteri Rimpang Nanas

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Yulianti (2019), diketahui bakteri yang terdapat pada suspensi ekstrak rimpang nanas berbentuk koloni bulat tidak beraturan dengan warna putih, putih kekuningan, kuning, putih keruh dan merah. Sebagian besar di antaranya bersifat gram negatif, softrot negatif, virulen, fermentatif, dan hipersensitif negatif.

Dari keseluruhan bakteri yang ada pada rimpang nanas diketahui bahwa 57,52% diantaranya mampu menjadi antagonis bagi *Phytophthora* sp., sedangkan 42,48% tidak mampu menghambat pertumbuhan *Phytophthora* sp., 99,11 % mampu melarutkan fosfat, serta hanya 0,89% yang tidak mampu melarutkan fosfat (Annisa, 2019).

2.2.2 Konsorsium Bakteri Tandan Kosong Kelapa Sawit

Karakteristik koloninya antara lain berbentuk bulat tidak beraturan dengan warna bening, kuning, kuning pekat, oranye, merah, putih, putih kekuningan, dan putih keruh. Diketahui pula 71,43% bersifat gram positif, 75% softrot negatif, 94,05% hipersensitif negatif, 82,14% virulen, dan 90,48% fermentatif (Andayani, 2019). Sebanyak 166 isolat TKKS diketahui memiliki kemampuan sebagai bakteri pelarut fosfat, 60 isolat memiliki kemampuan yang sangat rendah, 55 isolat memiliki kemampuan yang rendah, 10 isolat memiliki kemampuan yang tinggi, dan 7 isolat memiliki kemampuan melarutkan fosfat yang tinggi (Dermiyati *et al.*, 2019).

2.3 Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-mik) Tanah

Mikroorganisme tanah merupakan faktor penting dalam ekosistem tanah karena mempengaruhi siklus dan ketersediaan hara tanaman serta stabilitas struktur tanah. Jumlah dan keanekaragaman populasi mikroba di dalam tanah dipengaruhi oleh banyak faktor yaitu faktor kimia, biologi dan fisik. Faktor kimia meliputi nutrisi potensial, faktor pertumbuhan, konsentrasi dan komposisi ion, dan potensi redoks. Faktor fisik meliputi ruang pori, suhu, tekanan air tanah, tekanan udara, ukuran substrat organik dan mineral lempung, sedangkan faktor biologis meliputi karakteristik genetik, interaksi positif atau negatif antar organisme, dan kemampuan menahan berbagai kondisi (Bangun dan Wahono, 2002).

Mikroorganisme yang hidup di dalam tanah dibedakan menjadi bakteri, actinomycetes, fungi, alga dan protozoa. Bakteri adalah mikroorganisme terpenting di dalam tanah, meliputi setengah dari biomassa mikroba di dalam tanah. Faktor-faktor yang mempengaruhi populasi bakteri di dalam tanah antara lain Ph, praktik pertanian, pemupukan, penggunaan pestisida, dan penambahan bahan organik (Rao, 1994).

C-mik tanah merupakan komponen organik tanah yang penting yang mengatur konversi dan penyimpanan unsur hara, dan merupakan faktor utama dalam pembentukan kesuburan tanah dan berjalannya fungsi ekosistem. Semakin tinggi biomassa karbon mikroorganisme tanah (C-mik) dalam tanah, semakin besar kemungkinannya untuk melepaskan unsur hara ke tanaman lebih cepat (Franzluebbers, 1999). C-mik dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti mengetahui kandungan karbon pada berbagai jenis lahan, tingkat mineralisasi karbon dan nitrogen, tingkat degradasi lahan, dan tingkat kesuburan serta kualitas tanah dengan jenis pengelolaan yang berbeda (Franzluebber *et al.*, 1995).

Pemberian pupuk organonitrofos dapat meningkatkan nilai C-mik tanah hingga 60,61% dibandingkan dengan tanah yang tidak diberi pupuk. Hal ini karena penambahan pupuk organonitrofos dapat menjadi sumber energi bagi

mikroorganisme tanah sehingga turut meningkatkan nilai C-mik tanah. Semakin banyak bahan organik yang ditambahkan juga akan meningkatkan populasi mikroorganisme tanah dan pada akhirnya akan meningkatkan biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) di dalam tanah (Setiawati *et al.*, 2021). Bahan organik yang terkandung di dalam pupuk organonitrofos ini nantinya juga diharapkan mampu memenuhi kebutuhan energi dari konsorsium isolat bakteri yang akan diinokulasikan sehingga akan turut meningkatkan nilai C-mik tanah.

2.4 Respirasi Tanah

Respirasi tanah merupakan kombinasi dari proses biologis, kimiawi dan fisik. Respirasi tanah adalah CO₂ yang dihasilkan oleh aktivitas biologis mikroorganisme, akar tanaman, dan berbagai biota tanah. Respirasi tanah yang tinggi menunjukkan bahwa aktivitas biologis yang tinggi dan dekomposisi bahan organik berlangsung dengan baik dalam menyediakan unsur-unsur yang berguna bagi tanaman (Gomes, 2001).

Respirasi mikroorganisme tanah mencerminkan tingkat aktivitas mikroorganisme tanah. Pengukuran respirasi tanah merupakan metode pertama untuk mengetahui tingkat aktivitas mikroba tanah. Pengukuran respirasi memiliki korelasi yang baik dengan parameter lain yang berkaitan dengan aktivitas mikroba tanah, seperti konversi nitrogen bahan organik tanah, pH, dan jumlah rata-rata mikroorganisme (Anas, 1989). Buckhman dan Brady (2000) menyatakan terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi respirasi tanah seperti kelembaban tanah, tekstur tanah, nitrogen akar, konsentrasi, temperatur tanah, serta kuantitas dan kualitas bahan organik pada tanah.

Mikroorganisme tanah berperan dalam penguraian sisa tanaman atau bahan organik. Residu tanaman yang terurai oleh serangga dan biota tanah lainnya kemudian dihancurkan oleh bakteri, jamur dan aktinomisetes yang kemudian mengubah nutrisi dari bentuk anorganik. Proses penguraian menghasilkan nutrisi dan melepaskan CO₂ karena aktivitas mikroorganisme. Aktivitas mikroorganisme

dapat dipelajari dengan menghitung jumlah CO₂ yang dilepaskan selama proses dekomposisi (Foth, 1994).

Karakteristik parameter aktivitas metabolisme populasi mikroba tanah yang berhubungan positif dengan bahan organik tanah adalah peningkatan laju respirasi juga meningkatkan laju dekomposisi bahan organik dan akumulasi bahan organik dalam proses metabolisme, proses metabolisme menghasilkan CO₂, H₂O dan pelepasan energi (Jauhiainen *et al.*, 2012). Kusyakov (2006) menambahkan bahwa hasil dari proses dekomposisi sebagian digunakan oleh organisme untuk membangun tubuh, terutama digunakan sebagai energi atau sumber karbon utama. Selama proses dekomposisi, proses dekomposisi dapat terjadi dengan aktivitas mikroorganisme, jadi mikroorganisme tanah adalah penggerak respirasi tanah.

Pemberian pupuk organonitrofos disertai dengan pemberian pupuk kimia dapat menyediakan nutrisi yang cukup bagi tanaman dan hasil dekomposisi bahan organiknya dapat menjadi substrat bagi mikroorganisme tanah (Harini, 2017). Penelitian yang dilakukan oleh Saragih *et al.* (2020) menunjukkan bahwa pemberian pupuk organonitrofos berpengaruh nyata terhadap nilai respirasi dan C-mik tanah. Hasil uji korelasi juga menunjukkan bahwa C- organik tanah juga berkorelasi positif dengan respirasi tanah yang berarti semakin tinggi kandungan C-mik tanah maka laju respirasinya juga akan semakin tinggi.

Hasil Penelitian Saragih *et al.* (2020), menunjukkan bahwa pemberian pupuk organonitrofos dengan dosis 20 t ha⁻¹ dapat meningkatkan kadar respirasi tanah pada 150 HST. Hal ini diduga karena pupuk yang diberikan pada saat sebelum tanam sudah terdekomposisi secara sempurna dan terjadinya peningkatan eksudat akar yang mempengaruhi peningkatan CO₂ tanah. Kontribusi respirasi akar rata-rata mencapai 53% dari total emisi CO₂ tanah (Wei *et al.*, 2009).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2020 sampai dengan Januari 2021. Penelitian lapang dilaksanakan di Laboratorium Lapangan Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, analisis respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah dilaksanakan di Laboratorium Biologi Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, dan pembuatan PPGA konsorsium bakteri dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain karung, pengayak pasir, cangkul, timbangan, autoklaf, gelas beker, pipet ukur, cawan petri, labu Kjeldahl, erlenmeyer, pH meter, seperangkat alat titrasi, labu ukur, oven, *shaker*, neraca analitik, jarum ose, bunsen, tabung reaksi, *laminar air flow* (LAF), spektrofotometer, pemantik api, oven, lemari pendingin, botol film, gelas piala, buret, dan saringan.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain benih cabai merah Kastilo F₁, *polybag*, tanah ultisol, pupuk organonitrofos, konsorsium bakteri dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS), konsorsium bakteri dari rimpang nanas (RN), pupuk NPK, pestisida nabati, glukosa, agar, aquades, isolat bakteri RN, isolat bakteri TKKS, kentang, pepton, asam sulfur, asam askorbat, selenium, asam molibdat, NaCl, H₃B₃ 4%, K₂Cr₂O₇, HCl, NH₄Mo, H₂SO₄, , NH₄F, NaOH 30%, Na₂HPO₄,

$2\text{H}_2\text{O}$, KH_2PO_4 , BW KOH 0,1 N, KOH 0,5 N, indikator penolptalein, metil oranye, dan CHCl_3 .

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dirancang dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama meliputi perlakuan pemberian jenis pupuk yaitu Pupuk Kimia (P_1), pupuk organonitrofos yang disterilkan (P_2), pupuk organonitrofos yang tidak disterilkan (P_3). Faktor kedua meliputi jenis konsorsium yang diberikan yaitu tanpa konsorsium (K_0), konsorsium bakteri RN (K_1), konsorsium bakteri TKKS (K_2), dan campuran konsorsium bakteri RN+TKKS (K_3). Dengan demikian, diperoleh 12 kombinasi perlakuan dari kedua faktor tersebut, yaitu:

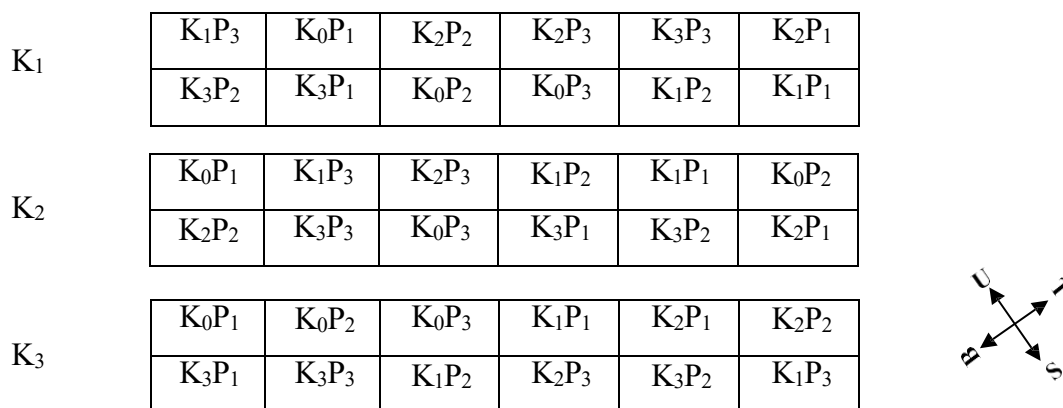
- (1) Tanpa konsorsium + pupuk kimia (K_0P_1)
- (2) Tanpa konsorsium + pupuk organonitrofos steril (K_0P_2)
- (3) Tanpa konsorsium + pupuk organonitrofos (K_0P_3)
- (4) Konsorsium bakteri rimpang nanas + pupuk kimia (K_1P_1)
- (5) Konsorsium bakteri rimpang nanas + pupuk organonitrofos Steril (K_1P_2)
- (6) Konsorsium bakteri rimpang nanas + Pupuk organonitrofos (K_1P_3)
- (7) Konsorsium bakteri TKKS + pupuk kimia (K_2P_1)
- (8) Konsorsium bakteri TKKS + pupuk organonitrofos Steril (K_2P_2)
- (9) Konsorsium bakteri TKKS + pupuk organonitrofos (K_2P_3)
- (10) Kombinasi konsorsium bakteri + pupuk kimia (K_3P_1)
- (11) Kombinasi konsorsium bakteri + pupuk organonitrofos Steril (K_3P_2)
- (12) Kombinasi konsorsium bakteri + pupuk organonitrofos (K_3P_3)

Kombinasi perlakuan tersebut dibuat dalam 3 kelompok, sehingga diperoleh 36 satuan percobaan yang disusun dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK). Data yang diperoleh akan diuji homogenitasnya dengan menggunakan uji Bartlett dan diuji aditivitasnya dengan menggunakan uji Tukey. Data akan dianalisis menggunakan sidik ragam dengan uji lanjut BNT taraf 5 %, apabila kedua asumsi tersebut terpenuhi.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Persiapan Media Tanam

Tanah yang digunakan berasal dari Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Tanah yang telah diambil kemudian dijemur di bawah sinar matahari selama 1 minggu untuk mengurangi kadar airnya. Kemudian tanah diayak menggunakan ayakan pasir agar diperoleh butiran yang lebih halus. Setelah itu tanah disterilisasi selama 4 jam dengan menggunakan drum sterilisasi. Tanah yang sudah disterilisasi kemudian dapat langsung dimasukkan ke dalam *polybag*, bobot tanah untuk masing-masing *polybag* adalah 7 kg BKU. *Polybag* yang telah diisi tanah kemudian disusun seperti tampak pada Gambar 2.



Gambar 2. Tata letak percobaan tanaman cabai merah.

3.3.2 Pembibitan Tanaman

Benih yang digunakan merupakan benih cabai merah keriting varietas Kastilo F₁ yang diproduksi oleh PT *East West Seed* Indonesia. Untuk memudahkan perkecambahan, benih terlebih dahulu direndam di dalam air selama 3 jam. Kemudian *polybag* kecil yang digunakan sebagai wadah penyemaian akan diisi dengan menggunakan tanah seberat 100 g BKU. Benih yang telah selesai direndam kemudian ditanam dengan kedalaman 1 cm dari permukaan tanah.

Benih kemudian disimpan di dalam tempat gelap selama 3 hari, dan setelah benih mulai tumbuh akan dipindahkan ke tempat yang terkena cahaya matahari.

3.3.3 Penanaman

Setelah bibit berusia 4 minggu, bibit akan ditanam ke dalam *polybag* berisi media tanah yang telah disterilkan. Terlebih dahulu *polybag* kecil yang digunakan sebagai wadah bibit dilepaskan agar tidak membatasi pergerakan akar nantinya. Tanah pada media tanam digali di bagian tengah *polybag* sebagai lubang tanam. Setelah tanaman diletakkan pada lubang tanam, maka tanah di sekitarnya dipadatkan dengan cara ditekan-tekan dan disiram air.

3.3.4 Aplikasi Pupuk Organonitrofos dan Pupuk Dasar

Pupuk Organonitrofos diaplikasikan pada 1 hari sebelum tanam sesuai dengan dosis perlakuan, yaitu 20 t ha^{-1} atau sekitar $70 \text{ g tanaman}^{-1}$. Dosis penggunaan pupuk anorganik diberikan berdasarkan rekomendasi dosis yang optimum untuk tanaman cabai (Edi dan Bobihoe, 2010). Pupuk urea diaplikasikan sebanyak 2 kali, pertama pupuk urea diaplikasikan bersamaan dengan pupuk SP-36 dan KCl pada 10 HST, selanjutnya aplikasi pupuk urea kedua pada saat tanaman berumur 28 HST. Dosis pupuk yang diberikan, yaitu urea 200 kg ha^{-1} ($0,7 \text{ g tanaman}^{-1}$), SP-36 250 kg ha^{-1} ($0,875 \text{ g tanaman}^{-1}$), KCl 200 kg ha^{-1} ($0,7 \text{ g tanaman}^{-1}$). Pemupukan dilakukan dengan cara dilarik dengan membuat larikan melingkar berjarak 5 cm dari lubang tanam lalu ditutup dengan tanah.

3.3.5 Aplikasi Konsorsium Bakteri

Konsorsium bakteri diperbanyak dengan menggunakan media PPGA, kemudian diambil 1 oose dari tiap isolat konsorsium bakteri yang berjumlah 15 tabung dan dilarutkan dalam 2.250 ml air. Pengaplikasian dilakukan sebanyak tiga kali yaitu pada saat 1 minggu setelah tanam, 2 minggu setelah tanam, dan 3 minggu setelah tanam. Pada setiap aplikasi dosis yang digunakan sebesar 250 ml *polybag*⁻¹.

3.3.6 Perawatan Tanaman

Perawatan yang akan dilakukan adalah penyiraman, penyiangan gulma, serta pengendalian hama dan penyakit. Penyiraman dilakukan secara rutin setiap hari pada sore hari. Penyiangan gulma dilakukan secara mekanik atau dengan mencabuti langsung gulma yang nampak tumbuh di *polybag*. Kemudian, pengendalian hama dan penyakit dilakukan dengan dua cara yaitu dengan mekanik dan kimiawi, secara mekanik dengan mengambil langsung hama yang tampak secara kasat mata, sedangkan secara kimiawi akan dilakukan dengan cara penyemprotan pestisida nabati.

3.3.7 Pemanenan

Pemanenan cabai dilakukan pada saat usia tanaman berkisar 95-100 hari setelah tanam. Buah cabai yang siap dipanen adalah buah yang bentuknya utuh, padat, dan berwarna merah. Pemanenan dilakukan dengan cara memetik tangkai buah tanpa merusak cabang, ranting, ataupun buah itu sendiri.

3.4 Variabel Pengamatan

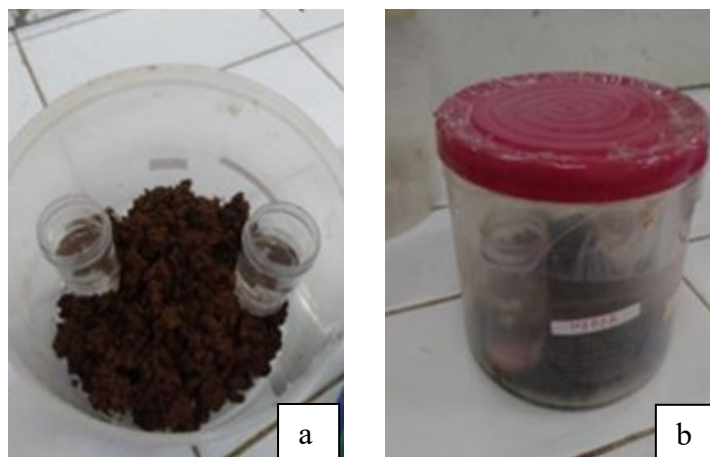
3.4.1 Variabel Utama

Variabel utama yang diamati pada penelitian ini adalah pengamatan respirasi tanah dengan metode *Verstraete* (Anas, 1989) dan biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah dengan metode Inkubasi Fumigasi-Chloroform (Jenkinson dan Powlson, 1976).

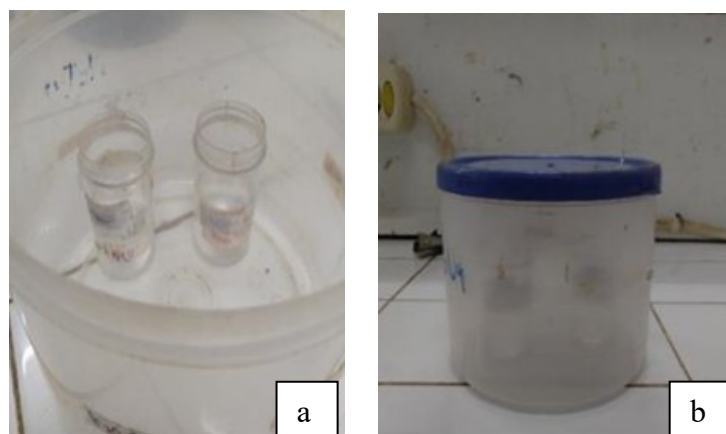
3.4.1.1 Cara Pengukuran Respirasi Tanah

Respirasi tanah diukur pada saat awal (sebelum penanaman), pada saat tanaman mulai berbunga dan panen. Respirasi tanah di laboratorium diukur dengan menggunakan metode *Verstraete* (Anas, 1989). Langkah yang dilakukan dalam

penentuan respirasi tanah, yaitu botol film yang berisi 10 ml KOH 0,2 N dan 10 ml aquades diletakkan di toples yang terisi tanah sampel sebanyak 100 g berat kering oven kemudian toples tersebut ditutup hingga rapat (Gambar 3).

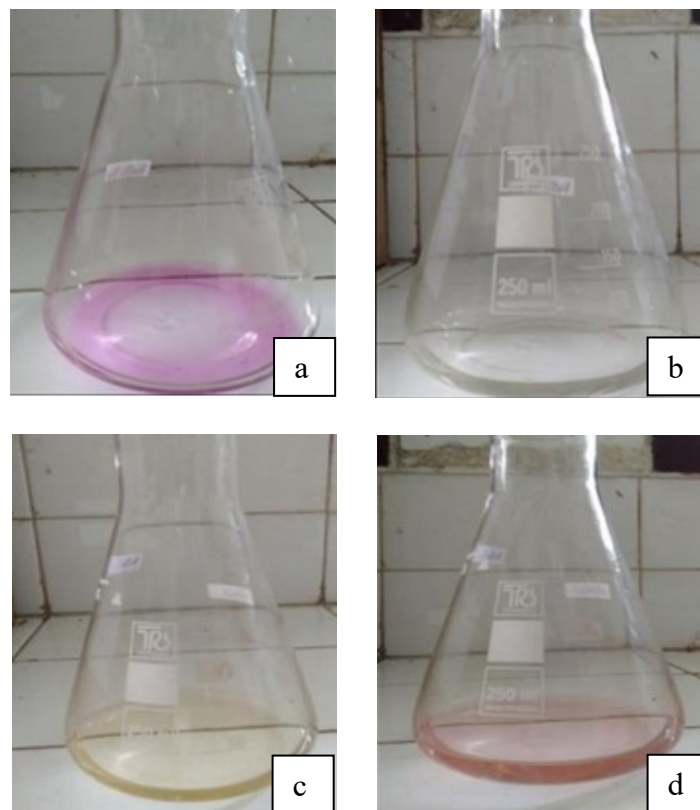


Gambar 3. Pelaksanaan inkubasi tanah untuk pengukuran respirasi tanah: (a) sampel tanah sebanyak 100 gram dan dua botol film (satu botol film berisi 10 ml KOH 0,2 N dan satu botol film berisi 10 ml aquades) dimasukkan ke toples, (b) toples ditutup hingga kedap udara dan diinkubasi di tempat gelap selama 10 hari.



Gambar 4. Pelaksanaan inkubasi tanah untuk pengukuran respirasi kontrol: (a) dua botol film (satu botol film berisi 10 ml KOH 0,2 N dan satu botol film berisi 10 ml aquades) dimasukkan ke toples, (b) toples ditutup hingga kedap udara dan diinkubasi di tempat gelap selama 10 hari.

Selanjutnya toples tersebut diinkubasi selama 10 hari di dalam tempat yang gelap dan pada temperatur suhu kamar. Hal yang sama dilakukan untuk kontrol, yaitu toples yang kosong (tanpa tanah) diisi dengan KOH 0,2 N sebanyak 10 ml dan aquades sebanyak 10 ml (Gambar 4). Setelah 10 hari, toples dibuka dan botol film yang berisi KOH segera ditutup.



Gambar 5. Proses titrasi pada larutan KOH 0.2 N pada percobaan respirasi tanah: (a) larutan KOH 0,2 N ditambahkan 2 tetes indikator *phenolphthalein*, (b) larutan KOH 0,2 N setelah di titrasi dengan HCl 0,1 N warna merah muda hilang menjadi bening, (c) larutan KOH 0,2 N ditambahkan 2 tetes indikator *metyl orange*, (d) Larutan KOH 0,2 N setelah di titrasi dengan HCl 0,1 N warna kuning menjadi merah muda.

Setelah diinkubasi 10 hari, kemudian dilakukan analisis di laboratorium. Analisis dilakukan untuk mengetahui jumlah CO_2 yang diikat oleh larutan KOH yang ditentukan dengan cara titrasi. Titrasi dilakukan dengan cara memindahkan terlebih dahulu larutan KOH yang berada di botol film ke dalam erlenmeyer, setelah itu ditambahkan 2 tetes indikator *phenolphthalein* (larutan KOH akan

berubah menjadi berwarna merah muda), kemudian di titrasi dengan HCl 0,1 N hingga warna merah muda menjadi hilang (volume HCl yang digunakan dicatat). Selanjutnya, ditambahkan 2 tetes *metyl orange* (larutan tersebut akan berwarna kuning) dan di titrasi kembali dengan HCl 0,1 N hingga warna kuning berubah menjadi warna merah muda kembali. Volume HCl yang digunakan dalam proses titrasi tersebut dicatat. Jumlah HCl yang digunakan pada tahap kedua titrasi berhubungan langsung dengan jumlah CO₂ yang di fiksasi KOH.

Reaksi yang terjadi:

(1) Reaksi pengikatan CO₂



(2) Perubahan warna merah muda menjadi tidak berwarna (*phenolphthalein*)



(3) Perubahan warna kuning menjadi merah muda (*metyl orange*)



Jumlah CO₂ dihitung menggunakan rumus:

$$r = \frac{(a - b) \times t \times 120}{T \times \pi \times r^2}$$

Keterangan:

C-CO₂ : mg jam⁻¹ m⁻²

a : ml HCl untuk sampel (setelah ditambahkan metyl orange)

b : ml HCl untuk blanko (setelah ditambahkan metyl orange)

T : normalitas (N) HCl

t : waktu (jam)

r : jari-jari tabung toples (m)

3.4.1.2 Cara Pengukuran Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-Mik) Tanah

Pengukuran biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah dilakukan dengan menggunakan metode fumigasi-chloroform (Jenkinson dan Powelson, 1976) yang telah disempurnakan oleh Franzluebbers dkk. (1995). Analisis dimulai dengan

perhitungan kadar air tanah sampel dengan cara mengopen tanah sampel selama 1 satu hari dengan suhu 105 °C. Kadar air tanah ditentukan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar air tanah (\%)} = \frac{(B-A) - (C-A)}{C-A}$$

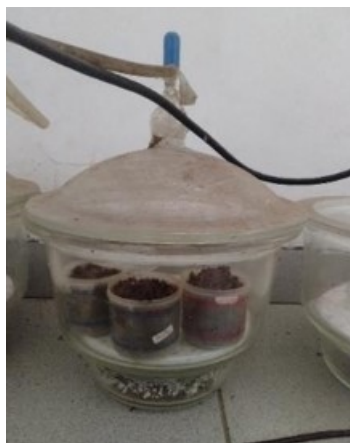
Keterangan

A : berat aluminium foil (g)

B : berat tanah + aluminium foil (g)

C : berat tanah + aluminium foil setelah dioven (g)

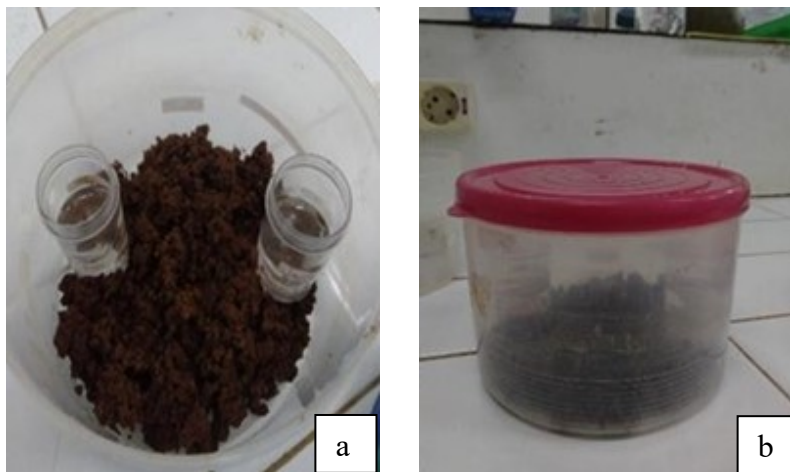
Setelah mengetahui jumlah kadar airnya, maka langkah selanjutnya yaitu menimbang 100 g tanah berat kering oven (BKO), kemudian ditempatkan ke dalam gelas piala 50 ml. Tanah tersebut kemudian difumigasi menggunakan kloroform (CHCl_3) sebanyak 30 ml dalam desikator yang telah diberi tekanan 50 cm Hg selama 2 jam, kemudian didiamkan selama 48 jam. Selanjutnya diambil sampel tanah inokulan sebanyak 10 g lalu dimasukkan ke dalam plastik dan diikat rapat kemudian dimasukkan ke dalam lemari pendingin.



Gambar 6. Proses fumigasi tanah menggunakan kloroform (CHCl_3).

Setelah tanah di fumigasi selama 48 jam, setiap contoh tanah dimasukkan ke dalam toples bersama dua botol film, satu botol film berisi 10 ml KOH 0,5 N dan satu botol selanjutnya berisi 10 ml aquades serta 10 g tanah inokulan (tanah segar) yang telah dikeluarkan dari lemari pendingin pada saat pertama fumigasi.

Kemudian toples tersebut ditutup hingga kedap udara dengan menggunakan lakban dan diinkubasi di tempat gelap selama 10 hari.

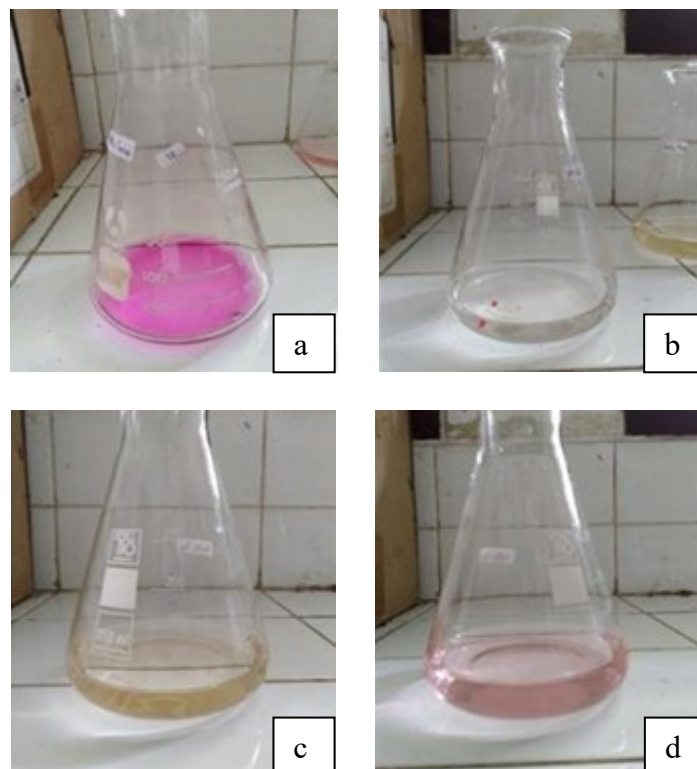


Gambar 7. Pelaksanaan inkubasi tanah untuk pengukuran biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah: (a) 100 g tanah fumigasi ditambahkan 10 g tanah inokulan dan dua botol film (satu botol film berisi 10 ml KOH 0,5 N dan satu botol film berisi 10 ml aquades) dimasukkan ke toples, (b) toples ditutup hingga kedap udara dan diinkubasi di tempat gelap selama 10 hari.

Setelah diinkubasi 10 hari, kemudian dilakukan analisis di laboratorium. Analisis dilakukan untuk mengetahui jumlah C-CO₂ yang diikat oleh larutan KOH yang ditentukan dengan cara titrasi. Titrasi dilakukan dengan cara memindahkan terlebih dahulu larutan KOH yang berada di botol film ke dalam Erlenmeyer, setelah itu ditambahkan 2 tetes indikator *phenolphthalein* (larutan KOH akan berubah menjadi berwarna merah muda), kemudian di titrasi dengan HCl 0,1 N hingga warna merah muda menjadi hilang (volume HCl yang digunakan dicatat). Selanjutnya, ditambahkan 2 tetes *metyl orange* (larutan tersebut akan berwarna kuning) dan di titrasi kembali dengan HCl 0,1 N hingga warna kuning berubah menjadi warna merah muda kembali. Volume HCl yang digunakan dalam proses titrasi tersebut dicatat.

Pengukuran biomassa karbon mikroorganisme tanah (C-mik) non-fumigasi

menggunakan 100 g tanah BKO. Tanah tersebut dimasukkan ke dalam toples beserta 10 ml 0,5 N KOH dan satu botol film berisi 10 ml aquades serta penambahan 10 g tanah yang telah di oven selama satu hari. Kemudian toples tersebut ditutup dengan menggunakan lakban dan diinkubasi selama 10 hari. Pada akhir masa inkubasi kuantitas yang diserap dalam KOH ditentukan dengan cara titrasi (sama dengan contoh tanah fumigasi).



Gambar 8. Proses titrasi pada larutan KOH 0,5 N pada percobaan biomasa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah: (a) larutan KOH 0,5 N ditambahkan 2 tetes indikator *phenolphthalein*, (b) Larutan KOH 0,5 N setelah dititrasi dengan HCl 0,1 N warna merah muda hilang menjadi bening, (c) larutan KOH 0,5 N ditambahkan 2 tetes indikator *metyl orange*, (d) larutan KOH 0,5 N setelah dititrasi dengan HCl 0,1 N warna kuning menjadi merah muda.

Reaksi yang terjadi:

(1) Reaksi pengikatan CO₂



(2) Perubahan warna merah muda menjadi tidak berwarna (*phenolphthalein*)



(3) Perubahan warna kuning menjadi merah muda (*metyl orange*)



Biomassa mikroorganismen tanah dihitung menggunakan rumus:

$$r \text{ (mg C-CO}_2 \text{ 100 g}^{-1}) = \frac{(a-b) \times t \times 120}{n}$$

$$\text{C-mik} = \frac{r \text{ fumigasi} - r \text{ non-fumigasi}}{K_c}$$

Keterangan:

a : ml HCl untuk sampel

b : ml HCl untuk blanko

n : waktu inkubasi (hari)

r : mg C-CO₂ 100 g⁻¹ 10 hari⁻¹

t : normalitas HCl (N)

K_c : 0,41 (Voroney dan Paul, 1984 dalam Franzluebbbers dkk., 1995).

3.4.2 Variabel Pendukung

Variabel yang diamati pada penelitian ini meliputi C-organik, tingkat kemasaman tanah (pH tanah), suhu tanah, kadar air tanah, dan N-total. Pengambilan sampel dilakukan pada saat awal dan akhir pertanaman cabai merah (*Capsicum annum* l.).

3.4.2.1 C-organik Tanah (Metode Walkley and Black)

Metode yang umum digunakan dalam menetapkan kandungan karbon organik di dalam tanah adalah oksidasi basah dari Walkley dan Black (1934). Dalam metode ini, karbon organik dioksidasi dalam larutan asam dikromat yang dilanjutkan dengan titrasi balik dari asam kromat yang tersisa (yang tidak bereaksi karbon organik) dengan bantuan indikator yang tepat (Nelson dan Sommer, 1996). Kadar C-organik dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

Kadar C-organik (%) = ppm kurva x ml ekstrak/1.000 ml x 100/mg contoh x fk

$$= \text{ppm kurva} \times 100/1.000 \times 100/500 \times \text{fk}$$

$$= \text{ppm kurva} \times 10/500 \times \text{fk} \text{ (Eviati dan Sulaiman, 2009).}$$

3.4.2.2 Tingkat Kemasaman Tanah (pH tanah) Metode Elektrometri

Nilai pH menunjukkan konsentrasi ion H^+ dalam larutan tanah, yang dinyatakan sebagai $-\log[\text{H}^+]$. Peningkatan konsentrasi H^+ menaikkan potensial larutan yang diukur oleh alat dan dikonversi dalam skala pH. Dasar metode elektrometri berdasarkan pengukuran potensial antara elektroda indikator dan elektroda pembanding. Sistem elektroda yang umumnya digunakan adalah pasangan elektroda gelas dan kalomel jenuh. pH akan terbaca di layar pH meter dan diasumsikan analisa dilakukan di suhu ruang (25°C) (Eviati dan Sulaiman, 2009).

3.4.2.3 Suhu Tanah (Termometer tanah)

Suhu tanah merupakan faktor penting dalam menentukan proses-proses fisika yang terjadi di dalam tanah, serta pertukaran energi dan massa dengan atmosfer, termasuk proses evaporasi dan aerasi. Suhu tanah juga mempengaruhi proses biologi seperti perkecambahan biji, pertumbuhan benih dan perkembangannya, perkembangan akar, maupun aktivitas mikroba di dalam tanah. Pengukuran suhu pada penelitian ini dilakukan langsung dilapang menggunakan termometer tanah, pengukuran suhu dilakukan pada suhu pagi, siang dan sore.

3.4.2.4 Kadar Air Tanah (Metode Gravimeter)

Dasar penetapan kadar air tanah contoh tanah dipanaskan pada suhu 105°C selama 3 jam untuk menghilangkan air. Kadar air dari contoh diketahui dari perbedaan bobot contoh sebelum dan setelah dikeringkan. Faktor koreksi kelembapan dihitung dari kadar air contoh (Eviati dan Sulaiman, 2009). Kadar air tanah dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air (\%bb)} = a-b \times 100\% a$$

Kadar air (%bk) = $a - x$ 100% b

Keterangan :

a : bobot awal sampel

b : bobot konstan/setelah oven

3.4.2.5 Nitrogen Total (N-Total) Metode Kjeldhal

Kadar N-total dianalisis menggunakan metode Kjeldhal, dengan cara mencampurkan 1 g sampel tanah, 1 g selen dan 3 ml H₂SO₄ setelah itu panaskan menggunakan alat destruksi kurang lebih selama 15 menit. Kemudian tambahkan 100 ml aquades dan lakukan destilasi. Sebanyak 25 ml asam borat 1% dan 3 tetes indikator Conway digunakan untuk menampung N yang disebabkan oleh penguapan. Kemudian titrasi asam borat menggunakan HCl 0,1 N (Thom dan Utomo, 1991). Kadar N-total dihitung menggunakan rumus:

$$\text{N-total (\%)} = \frac{(V_s - V_b) \times N \text{ HCl} \times 14 \times 100\%}{\text{Berat sampel (mg)}}$$

Keterangan:

V_b : volume blanko (ml)

V_s : volume sampel (ml)

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan penelitian ini adalah:

- (1) Respirasi dan biomassa C-mik tanah lebih tinggi dengan pemberian konsorsium bakteri dibandingkan tanpa konsorsium bakteri pada pengamatan vegetatif maksimum dan pengamatan pasca panen. Biomassa C-mik tanah lebih tinggi dengan pemberian konsorsium bakteri asal TKKS dibandingkan pemberian konsorsium bakteri asal rimpang nanas dan kombinasi konsorsium bakteri pada vegetatif maksimum;
- (2) Respirasi dan biomassa C-mik tanah lebih tinggi dengan pemberian pupuk organonitrofos (sterilisasi atau tidak disterilisasi) dibandingkan tanpa pupuk organonitrofos. Respirasi tanah lebih tinggi dengan pemberian pupuk organonitrofos disterilisasi dan biomassa c-mik tanah lebih tinggi dengan pemberian pupuk organonitrofos yang tidak disterilisasi pada pengamatan vegetatif maksimum dan pasca panen;
- (3) Terdapat interaksi antara konsorsium bakteri dengan pupuk organonitrofos terhadap respirasi pada pengamatan pasca panen. Konsorsium bakteri asal TKKS dengan pupuk organonitrofos disterilisasi menghasilkan respirasi tanah lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya;
- (4) Tidak terdapat korelasi positif antara kadar air, suhu, pH, C-organik, dan N-total dengan respirasi tanah dan biomassa C-mik tanah pada pengamatan pasca panen. Serta, terdapat korelasi antara respirasi tanah dan biomassa karbon mikroorganisme (C-mik).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang didapatkan perlu dilakukannya penelitian lanjut di lahan mengenai pengaruh pengaplikasian pupuk hayati dengan rekomendasi pemakaian pupuk hayati yang optimal terhadap kesuburan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, S. J., dan Mulyadi. 1993. *Alternatif Teknik Rehabilitasi dan Pemanfaatan Alang-Alang untuk Usaha tani Berkelanjutan*. Prosiding Seminar Lahan Alang- lang. Hlm 29-50.
- Anas, I. 1989. *Biologi Tanah dalam Praktik*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Pusat antar Universitas Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 161 hlm.
- Andayani, A.P. 2019. Populasi dan Karakterisasi Bakteri dalam Suspensi Ekstrak Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 38 hlm.
- Annisa, R.M. 2019. Kemampuan Bakteri Asal Suspensi Ekstrak Rimpang Nanas sebagai Antagonis *Phytophthora* Sp. dan Peningkatan Performa Tanaman. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 40 hlm.
- Balittanah Litbang. 2005. Petunjuk Teknis Analisis Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. <http://balittanah.litbang.deptan.go.id>. Diakses tanggal 19 November2021.
- Bangun, M. S., dan Wahono. 2002. Pemanfaatan Teknologi Pengindraan Jauh untuk Pemetaan Kandungan Bahan Organik Tanah. *Teknologi Makara*. 6(3):102-112.
- Bradbury, R. 2015. Pelletized Organic Fertilizer. Patent & Trademark Office.U.S. *Patent*. 9: 115-135.
- Buckhman, H.O. dan Brady, N.C. 2000. *Ilmu Tanah*. Bharata Karya Aksara. Jakarta. 210 hlm.
- Dermiyati. 2017 *Pupuk Organik: "Organonitrofos dan Implementasinya"*. Plantaxia. Yogyakarta. Hlm 3-11.
- Dermiyati, Lumbanraja, J., Banuwa, I.S., Triyono, S., Maulida, O., dan Agsari, D. 2015. Application of Organonitrofos and Inorganic Fertilizer on Cassava (*ManihotEsculenta* Crantz) in Ultisol Soil. *Journal Tropical Soil*. 20(3): 167-172.
- Dermiyati, Suharjo, R., Telaumbanua, M., Elmiasari, Y., Yosita, R., Annisa, R.M., Sari., A.G., Andayani, A.P., dan Yuliati, D.M. 2019. Population of

Phosphate Solubilizing Bacteria in the Liquid Organic Fertilizer Created from Palm Oil Bunches and Pineapple Rhizome. *Biodiversitas*. 20(11) : 3315-3321.

- Fardiaz, S. 1992. *Mikrobiologi Pangan I*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 279 hlm.
- Fitriatin, B.N., Yuniarti, A., Turmuktini, T., dan Ruswandi, F.K. 2014. The Effect of Phosphate Solubilizing Microbe Producing Growth Regulators on Soil Phosphate, Growth and Yield of Maize and Fertilizer Efficiency on Ultisol. *Eurasian Journal of Soil Science*. 3(2): 101-107.
- Foth, H.D. 1994. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Erlangga. Jakarta. 374 hlm.
- Franzluebber, A.J. 1999. Potential C and N Mineralization and Microbial Biomass from Intact and Increasingly Disturbed Soils of Varying Texture. *Pergamon*. 31: 1083-1090.
- Franzluebber, A.J., Zuberer, D.A., dan Hons, F.M. 1995. Comparison of Microbiological Methods for Evaluating Quality and Fertility of Soil. *Biology and Fertility of Soils*. 19: 135-140.
- Gomes, S. 2001. Soil Quality Field Results. The Online Newsletter. Cedar Basin Crop Consulting, Inc. October 2001. [Soils.usda.gov/sqi/assessment/files/chpt2.pdf](https://soils.usda.gov/sqi/assessment/files/chpt2.pdf). Diakses pada 22 November 2021.
- Harini, N.V.A. 2017. Pengaruh Pemberian Kombinasi Pupuk Organonitrofos dan Pupuk Kimia dengan Penambahan Biochar terhadap Aktivitas Mikroorganisme Tanah selama Pertumbuhan Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt) Musim Tanam Kedua. *Thesis*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 57 hlm.
- Handayani, S.H., Yunus, A., dan Susilowati, A. 2015. Uji Kualitas Pupuk Organik Cair dari Berbagai Macam Mikroorganisme Lokal (MOL). *El-Vivo*. 3(1): 54-60.
- Harpenas, Asep, dan Dermawan, R. 2010. *Budidaya Cabai Unggul*. Penebar Swadaya. Jakarta. 106 hlm.
- Istifadah, N., Melawati, A., Suryatmana, P., dan Fitriatin, B. N. 2014. Keefektifan Konsorsium Mikroba Agens Antagonis dan Pupuk Hayati untuk Menekan Penyakit Rebah Semai (*Rhizoctonia solani*) pada Cabai. *Jurnal Agrikultura*. 1(4): 337- 345.
- Jauhiainen, J., Hooijer, A., dan Page, S.E. 2012. Carbon Dioxide Emissions from an Acacia Plantation on Peatland Sumatra, Indonesia. *Biogeosciences*. 9:

617-630.

- Jenkinson, D.S., dan Powelson, D.S. 1976. The Effect of Biocidal Treatments on Metabolism in Soil a Method for Measuring Soil Biomass. *Soil Biology and Biochemistry*. 8: 209-213.
- Junaidi, M., Yusnaini, S, Hendarto, K., dan Buchari, H. 2020. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik dan Pupuk Hayati terhadap Respirasi Tanah pada Pertanaman Tomat Cherry (*Lycopersicum esculentum* Mill) di Desa Sukabanjar Kecamatan Gedong Tataan. *Jurnal Agrotek Tropika*. 8(3): 517-525.
- Kusyakov, Y. 2006. Sources of CO₂ Effluk from Soil and Review of Partitioning etMhods. *Soil Biology and Biochemistry*. 38: 425-448.
- Lingga, P., dan Marsono. 2008. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Penebar Swadaya. Jakarta. 156 hlm.
- Lumbanraja, J., Dermiyati, Triyono, S., dan Ismono, H. 2013. Pemasyarakatan Aplikasi Pupuk Organik Rakitan Baru Organonitrofos di Kelompok Tani dan Pemberdayaan Kewirausahaan Kelompok Tani di Kabupaten Lampung Selatan. *Hi-Link*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. Hlm 71-78.
- Notohadiprawiro, T. 2006. Twenty-Five Years in Peatland Development for Agriculture in Indonesia. *Tropical Peatlands*. Repro: Ilmu Tanah.Gadjah Mada. Yogyakarta. 11 hlm.
- Nugroho, S.G., Dermiyati, Lumbanraja, J., Triyono S., Ismono H., Sari, Y.T., and Ayuandari, E. 2012. Optimum Ratio of Fresh Manure and Grain Size of Phosphate Rock Mixture in a Formulated Compost for Organomineral NP Fertilizer. *Journal of Tropical Soils*. 17(2): 121-128.
- Nugroho,S.G., Lumbanraja, J., Dermiyati, Triyono, S., dan Ismono, H. 2013. Inoculation Effect of N₂- Fixer and P-sulobilizer into a Mixture of Fresh Manure and Phospate Rock Formalated as Organonitrophos Fertilier on Bacterial and Fungal Population. *Journal Tropical Soils* 18(1): 75-80.
- Okoh, A.I., 2006. Biodegradation Altenative in the Clean Up of Petroleum Hydrocarbon Pullutants. *Biotechnol and Molecular Biology Review*. 1(2): 38-50.
- Phelan, P.L., Magdoff, F., dan Weil, R.R. 2004. *Soil Organic Matter In SustainableAgriculture*. CRC Press. Boca Raton. 412 hlm.
- Prawito, T. 2007. *Fisiologi Mikroba*. Bumi Aksara. Jakarta. 286 hlm.
- Purtomo, T., Mujanah, S., dan Susanti, T.W. 2014. Pengaruh Penggunaan Pupuk Organik Hayati terhadap Sifat Kimia Tanah Pertanian di Kecamatan Pare

- Kabupaten Kediri. *Jurnal Agroknow*. 2(1): 51-58.
- Rao, N.S.S. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. UI Press. Jakarta. 353 hlm.
- Rukmana, R. 1996. *Usaha Tani Cabai Hibrida Sistem Mulsa Plastik*. Kanisius. Yogyakarta. 92 hlm.
- Saragih, S.R., Dermiyati, Niswati, A., dan Banuwa, I.S. 2020. Pengaruh Arah Guludan dan Pemberian Pupuk Organonitrofos terhadap Respirasi dan Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-mik) Tanah Selama Fase Vegetatif Maksimum Tanaman Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz). *Jurnal Agrotek Tropika*. 8(1): 95-109.
- Sitorus, L. E., dan Sembiring, E. 2012. Pengaruh Aplikasi Kompos terhadap Emisi CO₂ dan Karbon Organik Tanah. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 18(2): 124-134.
- Soil Survey Staff. 2003. *Keys to Soil Taxonomy Ninth Edition*. USDA Natural Research Conservation Service. Washington. 332 hlm.
- Setiadi. 2011. *Bertanam Cabai di Lahan & Pot*. Penebar Swadaya. Jakarta. 180 hlm.
- Setiawati, S.B.M., Dermiyati, Arif, M.A.S., dan Yusnaini, S. 2021. Pengaruh Pemberian Pupuk Organonitrofos Plus, Pupuk Anorganik, dan Kombinasinya terhadap Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-mik) pada Tanah Ultisol Tamanbogo yang Ditanami Jagung Manis (*Zea mays* [L.] Saccharata Sturt. *Jurnal Agrotek Tropika*. 9(1): 103-111.
- Susilawati, Mustoyo, Budhisurya, E., Anggono, R.C.W., dan Simanjuntak, B.H. 2013. Analisis Kesuburan Tanah dengan Indikator Mikroorganisme pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Plateau Dieng. *Agriculture*. 25(1): 64-72.
- Sutedjo, M.M., Kartasaputra, A.G., dan Sastroadmidjojo, R.D.S. 1991. *Mikrobiologi Tanah*. Rineka Cipta. Jakarta. 447 hlm.
- Wei, W., Jiang, F., dan Okawa, T. 2009. Contribution of Root and Microbial Respiration to Soil CO₂ Efflux and Their Environmental Controls in a Humid Temperate Grassland of Japan. *Pedosphere*. 19(1): 31-39.
- Yulianti, D.M. 2019. Populasi dan Karakterisasi Bakteri dalam Suspensi Ekstrak Rimpang Nanas (*Ananas comosus* [L.] merr). (*Skripsi*). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 39 hlm.
- Zainudin, M. H. M., Hassan, M. A., Tokura, M., dan Shirai, Y. 2013. Indigenous Cellulolytic and Hemicellulolytic Bacteria Enhanced Rapid Co-Composting

of Lignocellulose Oil Palm Empty Fruit Bunch With Palm Oil Mil Effluent
Anaerobic Sludge. *Bioresource Technology*. 147: 632-635.