# APLIKASI KONSORSIUM BAKTERI DAN PUPUK ORGANONITROFOS TERHADAP RESPIRASI, BIOMASSA KARBON MIKROORGANISME DAN BEBERAPA SIFAT TANAH SELAMA PERTANAMAN BUNGA KOL (*Brassica oleracea* L.)

**(Skripsi)**

Oleh

**ANGGRAINI YURAIDA**
**NPM 1714181018**

**FAKULTAS PERTANIAN**
**UNIVERSITAS LAMPUNG**
**BANDAR LAMPUNG**
**2021**

# ABSTRAK

## APLIKASI KONSORSIUM BAKTERI DAN PUPUK ORGANONITROFOS TERHADAP RESPIRASI, BIOMASSA KARBON MIKROORGANISME DAN BEBERAPA SIFAT TANAH SELAMA PERTANAMAN BUNGA KOL (*Brassica oleracea* L.)

**Oleh**

**ANGGRAINI YURAIDA**

Tingkat kesuburan tanah dapat dilihat melalui respirasi, biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) dan beberapa sifat tanah lainnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh aplikasi konsorsium bakteri terpilih asal rimpang nanas (RN), TKKS dan kombinasi RN + TKKS, serta aplikasi pupuk organonitrofos terhadap respirasi, C-mik dan beberapa sifat tanah. Penelitian ini disusun menggunakan rancangan acak kelompok faktorial 4 x 3 dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah konsorsium bakteri, yaitu tanpa konsorsium bakteri ($K_0$), konsorsium bakteri asal rimpang nanas ($K_1$), konsorsium bakteri asal TKKS ($K_2$), dan kombinasi konsorsium bakteri RN nanas dan TKKS ($K_3$). Faktor kedua adalah pupuk organonitrofos, yaitu tanpa organonitrofos ($O_0$), organonitrofos disterilisasi ($O_1$), dan organonitrofos tidak disterilisasi ($O_2$). Data yang diperoleh diuji menggunakan uji DMRT pada taraf 5%. Hasil menunjukkan bahwa respirasi tanah lebih tinggi dengan pemberian pupuk organonitrofos (sterilisasi atau tidak disterilisasi) dibandingkan tanpa pupuk organonitrofos pada 44 HST. Interaksi antara konsorsium bakteri asal TKKS dengan pupuk organonitrofos disterilisasi menghasilkan C-mik tanah lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya pada 65 HST. Kelembaban dan pH tanah lebih tinggi pada perlakuan tanpa konsorsium bakteri pada 65 HST. Kelembaban tanah lebih tinggi pada perlakuan tanpa organonitrofos dibandingkan perlakuan lainnya pada 65 HST. Perlakuan organonitrofos (disterilisasi atau tidak disterilisasi) mampu meningkatkan pH tanah dibandingkan perlakuan tanpa organoitrofos pada 65 HST. Nilai kadar air tertinggi berada pada interaksi antara tanpa organonitrofos dengan konsorsium TKKS pada 65 HST. Suhu tanah tertinggi berada pada interaksi antara tanpa konsorsium bakteri dengan organonitrofos disterilisasi dibandingkan perlakuan lainnya pada 65 HST. P-tersedia tanah tertinggi

berada pada interaksi antara konsorsium rimpang nanas dengan organonitrofos disterilisasi dibandingkan perlakuan lainnya pada 65 HST. Terdapat korelasi positif antara pH tanah dengan respirasi tanah pada 65 HST.

Kata Kunci : C-mik Tanah, Konsorsium Bakteri, Pupuk Organonitrofos, Respirasi Tanah.

# APLIKASI KONSORSIUM BAKTERI DAN PUPUK ORGANONITROFOS TERHADAP RESPIRASI, BIOMASSA KARBON MIKROORGANISME DAN BEBERAPA SIFAT TANAH SELAMA PERTANAMAN BUNGA KOL (*Brassica oleracea* L.)

**Oleh**

**ANGGRAINI YURAIDA**

**Skripsi**

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

**pada**

**Jurusan Ilmu Tanah**
**Fakultas Pertanian Universitas Lampung**

**FAKULTAS PERTANIAN**
**UNIVERSITAS LAMPUNG**
**BANDAR LAMPUNG**
**2021**

Judul Skripsi : **APLIKASI KONSORSIUM BAKTERI DAN PUPUK ORGANONITROFOS TERHADAP RESPIRASI, BIOMASSA KARBON MIKROORGANISME DAN BEBERAPA SIFAT TANAH SELAMA PERTANAMAN BUNGA KOL (*Brassica oleracea* L.)**

Nama Mahasiswa : *Anggraini Yuraida*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1714181018

Jurusan : Ilmu Tanah

Fakultas : Pertanian

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

| | |
|---|---|
| **Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc.** | **Dedy Prasetyo, S.P., M.Si.** |
| NIP 196308041987032002 | NIP 199112212019031016 |

2. Ketua Jurusan Ilmu Tanah

**Prof. Dr. Ir. Ainin Niswati, M.S., M.Agr.Sc.**
NIP 196305091987032001

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

Ketua : **Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc.** .....

Sekretaris : **Dedy Prasetyo, S.P., M.Si.** .....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.** .....

2. Dekan Fakultas Pertanian

**Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.**
NIP 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **13 Desember 2021**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **"Aplikasi Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Respirasi, Biomassa Karbon Mikroorganisme dan Beberapa Sifat Tanah selama Pertanaman Bunga Kol (*Brassica oleracea* L.)"** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian hibah professor DIPA BLU Unila Tahun 2019 a.n. Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc. (ketua), Dr. Ir. Suskandini Ratih D., M.S. (anggota), dan Dr. Mareli Telambanua, S.TP., M.Sc. (anggota).

Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari ditemukan bahwa skripsi ini merupakan salinan atau karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, Desember 2021
Yang membuat pernyataan,

Anggraini Yuraida

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, pada 7 Juni 2000. Penulis adalah anak kelima dari enam bersaudara dari pasangan Bapak Derizal Achmad, B.Sc. dan Ibu Asih Trisnani, S.Pd.

Pendidikan yang ditempuh penulis yaitu Sekolah Dasar (SD) Negeri 2 Hajimena, Lampung Selatan diselesaikan pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 3 Natar, Lampung Selatan diselesaikan pada tahun 2014, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Yadika Bandar lampung diselesaikan tahun 2017.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswi Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada tahun 2017 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama jadi mahasiswa, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Aji Jaya KNPI, Kecamatan Gedung Aji , Kabupaten Tulang Bawang pada bulan Januari-Februari 2019. Penulis juga melaksanakan Praktik Umum (PU) di Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (UPT. LT-SIT) Universitas Lampung, Bandar Lampung pada bulan Juli-Agustus 2019. Penulis pernah mengikuti kegiatan organisasi kemahasiswaan, yaitu Gabungan Mahasiswa Ilmu Tanah (Gamatala). Penulis pernah menjadi tutor pada kegiatan FILMA (Forum Ilmiah Mahasiswa). Penulis mendapatkan juara 3 lomba *Soil Judging Contest* di IPB pada tahun 2019. Penulis pernah menjadi anggota Program Holistik Pembinaan dan Pemberdayaan Desa (PHP2D) di Kelurahan Pinang Jaya Bulan Agustus-November Tahun 2020. Penulis juga pernah menjadi asisten dosen pada praktikum mata kuliah Kimia Dasar I, Kimia Dasar II, Kesuburan Tanah dan Pengantar Ilmu Tanah.

“ ... sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sebelum mereka mengubah keadaan mereka sendiri ...”
(QS. Ar-Rad (13):11)

“Tetap berjuang demi kehidupan yang akan datang tetapi jangan lupa dengan akhirat, sesungguhnya kita diciptakan untuk taat kepada-Nya”
(Anonim)

“Tidak apa-apa kalau saat ini kamu direndahkan oleh orang di sekitarmu, tetaplah berjuang! sesungguhnya Allah-lah pembuat skenario terbaik”
(AY)

**Alhamdulillahirobbil'alamin**

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena atas limpahan berkah dan rahmat-Nya skripsi ini dapat terselesaikan.

Kupersembahkan karya sederhana ini, buah perjuangan dan kerja keras kepada bapak Derizal Achmad, B.Sc. dan Ibu Asih Trisnani, S.Pd. yang telah memberikan do'a, dukungan, serta kasih sayang yang tiada henti. Kakak-kakakku dan adikku yang telah memberikan doa, kasih sayang, dan semangat.

Serta

Almamaterku tercinta, Universitas Lampung.

## SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadirat Allah SWT. yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"Aplikasi Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Respirasi, Biomassa Karbon Mikroorganisme dan Beberapa Sifat Tanah selama Pertanaman Bunga Kol (*Brassica oleracea* L.)"** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pertanian di Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Prof. Dr. Ir. Ainin Niswati, M.Agr.Sc. selaku Ketua Jurusan Ilmu Tanah Universitas Lampung.
3. Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc. selaku Dosen Pembimbing Utama dan selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan ide penelitian, dukungan, bimbingan, kritik dan saran selama proses penyelesaian skripsi ini.
4. Dedy Prasetyo, S.P., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan dukungan, bimbingan, kritik dan saran selama proses penyelesaian skripsi ini.
5. Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si., selaku Penguji dan Pembahas yang telah memberikan saran, nasehat, dan kritik selama penyusunan skripsi ini.
6. Keluarga tercinta, Bapak Derizal Achmad, B.Sc., Ibu tercinta Asih Trisnani, S.Pd., Kakak-kakak tersayang Astrid Novia Diningrum, A.Md., Andri Maulana S.Pd., Arif Mahardika, A.Md., dan adik Fajar Aditia Oktarahmadani

yang telah memberikan dukungan, doa, perhatian dan semangat selama proses penyelesaian skripsi ini.

7. Teman-teman seperjuangan penelitian, Scolastika Viola, Fajar Nasution, dan Allan Victoryzaha atas kerjasamanya, dukungan, bantuan dan kebersamaannya selama penelitian.
8. Teman-teman Herlin, Unjuk, Mutiara, Liyana, Nikhen, Defa, Anisa, Omita, dan Aul atas bantuan, doa, dan semangat yang diberikan kepada penulis.
9. Teman Praktik Umum (PU) Mega, Zevina, Siti, Erlin dan Diva.
10. Teman Kuliah Kerja Nyata (KKN) Niken, Yolla, Nabella, Fernandes, Dwi dan Ryan.
11. Seluruh teman-teman seperjuangan Ilmu Tanah 2017.
12. Semua pihak yang terlibat dalam penulisan skripsi.

Semoga Allah SWT melindungi dan melimpahkan rahmat dan berkat-Nya serta membalas kebaikan yang telah diberikan kepada penulis. Penulis menyadari bahwa tidak ada sesuatu yang sempurna di dunia ini, sehingga saran dan kritik yang membangun sangat dibutuhkan untuk perbaikan penulisan dikemudian hari. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat.

Bandar Lampung,
Penulis,

Anggraini Yuraida

## DAFTAR ISI

Halaman

**DAFTAR ISI** ..... i

**DAFTAR GAMBAR** ..... iii

**DAFAR TABEL** ..... iv

**I. PENDAHULUAN**
1.1. Latar Belakang dan Masalah ..... 1
1.2. Tujuan ..... 5
1.3. Kerangka Pemikiran ..... 5
1.4. Hipotesis ..... 11

**II. TINJAUAN PUSTAKA**
2.1. Tanah Ultisol ..... 12
2.2. Konsorsium Bakteri ..... 13
2.3. Pupuk Organonitrofos ..... 14
2.4. Respirasi Tanah ..... 16
2.5. Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-mik) Tanah ..... 18
2.6. Pengaruh Bahan Organik terhadap Beberapa Sifat Tanah ..... 19

**III. METODOLOGI PENELITIAN**
3.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan ..... 22
3.2. Alat dan Bahan ..... 22
3.3. Metode Penelitian ..... 23
3.4. Pelaksanaan Penelitian ..... 25
3.4.1. Peremajaan Konsorsium Isolat Bakteri Terpilih ..... 25
3.4.2. Persiapan Media Tanam ..... 25
3.4.3. Penyemaian ..... 26
3.4.4. Pindah Tanam ..... 26
3.4.5. Aplikasi Konsorsium Isolat Bakteri Terpilih ..... 26
3.4.6. Aplikasi Pupuk Organonitrofos dan Pupuk Dasar ..... 27
3.4.7. Pemeliharaan Tanaman ..... 27
3.4.8. Panen ..... 28
3.4.9. Pengambilan Sampel Tanah ..... 28

3.5. Variabel Pengamatan..... 28
3.5.1. Variabel Utama..... 28
3.5.1.1. Cara Pengukuran Respirasi Tanah ..... 28
3.5.1.2. Cara Pengukuran Biomassa Mikro-organisme (C-mik) Tanah ..... 31
3.5.2. Variabel Pendukung ..... 34

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**
4.1. Hasil Penelitian ..... 37
4.1.1. Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Respirasi Tanah..... 37
4.1.2. Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Biomassa Karbon Mikro-Organisme (C-mik) Tanah..... 39
4.1.3. Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Beberapa Sifat Tanah..... 42
4.1.4. Uji Korelasi Kadar Air, Suhu, Kelembaban, pH, P-tersedia, C-organik, dan N-total Tanah dengan Respirasi dan Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-mik) tanah ..... 49
4.2. Pembahasan ..... 50
4.2.1. Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Respirasi Tanah..... 50
4.2.2. Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Biomassa Karbon Mikro-organisme (C-mik) Tanah ..... 53
4.2.3. Pengaruh Konsorsium Bakteri dan Pupuk Organonitrofos terhadap Beberapa Sifat Tanah ..... 55
4.2.4. Uji Korelasi Respirasi dan Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-mik) Tanah dengan Kadar Air, Suhu, Kelembaban, pH, P-tersedia, C-organik, dan N-total Tanah..... 57

**V. SIMPULAN DAN SARAN**
5.1. Simpulan ..... 58
5.2. Saran..... 59

**DAFTAR PUSTAKA** ..... 60

**LAMPIRAN** ..... 67

## DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman


1. Skema kerangka pemikiran pertumbuhan tanaman bunga kol (*Brassica oleracea* L.) dengan pemberian konsorsium Isolat bakteri terpilih asal rimpang nanas, TKKS, dan kombinasi konsorsium bakteri rimpang nanas dan TKKS, serta pemberian Pupuk organonitrofos..... 10

2. Siklus perombakan bahan organik ..... 21

3. Tata letak percobaan ..... 24

4. Pelaksanaan inkubasi tanah untuk pengukuran respirasi tanah ..... 29

5. Pelaksanaan inkubasi tanah untuk pengukuran respirasi kontrol..... 29

6. Proses titrasi pada larutan KOH 0,2 *N* pada percobaan respirasi tanah 30

7. Proses fumigasi tanah menggunakan klorofom ($CHCl_3$)..... 32

8. Pelaksanaan inkubasi tanah untuk pengukuran biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah..... 32

9. Proses titrasi pada larutan KOH 0,5 *N* pada percobaan biomassa Karbon mikroorganisme (C-mik) tanah..... 33

10. Grafik korelasi antara respirasi tanah dengan pH pada 65 HST ..... 50

## DAFTAR TABEL


Tabel Halaman

1. Kandungan hara pupuk organonitrofos dan pupuk organonitrofos plus dengan berbagai formulasi bahan baku..... 15

2. Kandungan konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos plus ..... 23

3. Kandungan hara pupuk organonitrofos plus remah ..... 23

4. Pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap respirasi tanah (mg C-$CO_2$ 100 g tanah$^{-1}$) pada 44 dan 65 HST ..... 37

5. Ringkasan analisis ragam pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap respirasi tanah pada 44 dan 65 HST ..... 38

6. Pengaruh pemberian pupuk organonitrofos terhadap respirasi tanah pada 44 HST ..... 38

7. Pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap bio-Massa Karbon mikroorganisme (C-mik) tanah pada 44 dan 65 HST.. 39

8. Ringkasan analisis ragam pengaruh pupuk organonitrofos dan konsorsium bakteri terhadap biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah pada 44 dan 65 HST ..... 40

9. Pengaruh pemberian konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap C-mik tanah (mg C-$CO_2$ 100 g tanah$^{-1}$ hari$^{-1}$) pada 65 HST ..... 42

10. Ringkasan analisis ragam pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap beberapa sifat tanah (kadar air, suhu, kelembaban, pH, P-tersedia, C-organik dan N-total) pada 65 HST..... 42

11. Pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap kadar air tanah (%) pada 65 HST..... 44

12. Pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap suhu tanah ($^oC$) pada 65 HST..... 45

13. Pengaruh konsorsium bakteri terhadap kelembaban tanah pada 65 HST ..... 46

14. Pengaruh pupuk organonitrofos terhadap kelembaban tanah pada 65 HST ..... 46

15. Pengaruh konsorsium bakteri terhadap pH tanah pada 65 HST ..... 47

16. Pengaruh pupuk organonitrofos terhadap pH tanah pada 65 HST..... 47

17. Pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap P-tersedia tanah (ppm) pada 65 HST ..... 49

18. Ringkasan uji korelasi antara kadar air, suhu, kelembaban, pH, P-tersedia, C-organik dan N-total dengan respirasi dan biomassa Karbon mikroorganisme (C-mik) tanah pada 65 HST..... 50

19. Pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap respirasi tanah pada 44 HST ..... 68

20. Pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap respirasi tanah pada 44 HST hasil transformasi (Arcsin(Arcsin x)) .... 68

21. Uji Homogenitas ragam pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap respirasi tanah pada 44 HST ..... 69

22. Analisis ragam hasil pengaruh aplikasi konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap respirasi tanah pada 44 HST ..... 69

23. Tabel duncan r (α;p;df); (0,05;36;22) ..... 69

24. Pengaruh pemberian konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap respirasi tanah pada 65 HST..... 70

25. Uji Homogenitas ragam hasil pengaruh aplikasi konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap respirasi tanah pada 65 HST ..... 70

26. Analisis ragam pengaruh aplikasi konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap respirasi tanah pada 65 HST ..... 71

27. Pengaruh pemberian konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap C-mik tanah pada 44 HST ..... 71

28. Pengaruh pemberian konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap C-mik tanah pada 44 HST hasil transformasi $\sqrt{x + 0,5}$ ..... 72

29. Uji Homogenitas ragam pengaruh pemberian konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap C-mik tanah pada 44 HST ..... 72

30. Analisis ragam hasil pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap C-mik tanah pada 44 HST ..... 73

31. Pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap C-mik tanah pada 65 HST..... 73

32. Pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap C-mik tanah pada 65 HST hasil transformasi $\sqrt{x + 0,5}$ ..... 74

33. Uji Homogenitas ragam hasil pengaruh aplikasi konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap C-mik pada 65 HST..... 74

34. Analisis ragam pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap C-mik tanah pada 65 HST..... 75

35. Hasil Analisis Tanah Awal ..... 75

36. Pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap kadar air (%) tanah pada 65 HST..... 76

37. Uji Homogenitas ragam hasil pengaruh aplikasi konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap kadar air tanah pada 65 HST ..... 76

38. Analisis ragam pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap kadar air tanah pada 65 HST..... 77

39. Pengaruh pemberian konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap suhu tanah (ºC) pada 65 HST..... 77

40. Uji Homogenitas ragam pengaruh aplikasi konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap suhu tanah pada 65 HST..... 78

41. Analisis ragam hasil pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap suhu tanah pada 65 HST..... 78

42. Pengaruh pemberian konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos .. terhadap kelembaban tanah (%) pada 65 HST..... 79

43. Uji homogenitas ragam hasil pengaruh aplikasi konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos kelembaban tanah pada 65 HST..... 79

44. Analisis ragam hasil pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap kelembaban tanah pada 65 HST ..... 80

45. Pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap pH tanah pada 65 HST..... 80

46. Uji Homogenitas ragam hasil pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap pH tanah pada 65 HST ..... 81

47. Analisis ragam pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap pH tanah pada 65 HST ..... 81

48. Pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap P-tersedia tanah (ppm) pada 65 HST ..... 82

49. Pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap P-tersedia tanah (ppm) pada 65 HST hasil transformasi $\sqrt{x}$ ..... 82

50. Uji Homogenitas ragam pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap P-tersedia tanah pada 65 HST ..... 83

51. Analisis ragam pengaruh aplikasi konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap P-tersedia tanah pada 65 HST ..... 83

52. Pengaruh aplikasi konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap C-organik tanah (%) pada 65 HST ..... 84

53. Pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap C-organik tanah (%) pada 65 HST transformasi $\sqrt{x + 0{,}5}$ ..... 84

54. Uji Homogenitas ragam pengaruh aplikasi konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap C-Organik tanah pada 65 HST ..... 85

55. Analisis ragam pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap C-Organik tanah pada 65 HST ..... 85

56. Pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap N-Total tanah (%) pada 65 HST ..... 86

57. Pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap N-total tanah (%) pada 65 HST hasil transformasi $\sqrt{x + 0{,}5}$ ..... 86

58. Uji Homogenitas ragam pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap N-total tanah (%) pada 65 HST hasil transformasi $\sqrt{x + 0{,}5}$ ..... 87

59. Analisis ragam pengaruh konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos terhadap N-total tanah pada 65 HST ..... 87

60. Hasil analisis ragam uji korelasi antara kadar air tanah dengan respirasi tanah pada 65 HST ..... 88

61. Hasil analisis ragam uji korelasi antara suhu tanah dengan respirasi tanah pada pengamatan 65 HST..... 88

62. Hasil analisis ragam uji korelasi antara kelembaban tanah dengan respirasi tanah 65 HST..... 88

63. Hasil analisis ragam uji korelasi antara pH tanah dengan respirasi tanah pada 65 HST ..... 88

64. Hasil analisis ragam uji korelasi antara P-tersedia tanah dengan respirasi tanah pada 65 HST..... 89

65. Hasil analisis ragam uji korelasi antara C-organik tanah dengan respirasi tanah pada 65 HST..... 89

66. Hasil analisis ragam uji korelasi antara N-total tanah dengan respirasi tanah pada 65 HST..... 89

67. Hasil analisis ragam uji korelasi antara kadar air tanah dengan C-mik tanah pada 65 HST..... 89

68. Hasil analisis ragam uji korelasi antara suhu tanah dengan C-mik tanah pada 65 HST ..... 90

69. Hasil analisis ragam uji korelasi antara kelembaban tanah dengan C-mik tanah pada 65 HST..... 90

70. Hasil analisis ragam uji korelasi antara pH tanah dengan C-mik tanah pada 65 HST ..... 90

71. Hasil analisis ragam uji korelasi antara P-tersedia tanah dengan C-mik tanah pada 65 HST..... 90

72. Hasil analisis ragam uji korelasi antara C-organik tanah dengan C-mik tanah pada 65 HST..... 91

73. Hasil analisis ragam uji korelasi antara N-total tanah dengan C-mik tanah 65 HST. ..... 91

# I. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang dan Masalah

Bunga kol (*Brassica oleracea* L.) merupakan jenis tanaman sayuran yang termasuk dalam keluarga tanaman kubis-kubisan (*Cruciferae*). Setiap 100 g curd bunga kol mengandung 245 kalori; 88 air (g); 4 protein (g); 0,3 lemak (g); 6 karbohidrat (g); 1,5 serat (g); 150 kalsium (mg); 325 kalium (mg); 800 karotin (mg); 100 vitamin C (mg) (Kindo dan Singh 2018). Selain kandungan gizi yang lengkap, bunga kol merupakan salah satu sayuran yang memiliki prospek pengembangan karena mempunyai nilai ekonomi dan sosial yang tinggi, karena bunga kol memiliki nilai jual yang tinggi dan tingginya minat masyarakat terhadap bunga kol (Arsanti, dan Boehme, 2006).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2020, produksi tanaman bunga kol di Indonesia mengalami peningkatan, yaitu pada tahun 2017 sebesar 152.869 ton, tahun 2018 sebesar 152.122 ton, tahun 2019 sebesar 183.816 ton. Sedangkan di Provinsi Lampung produksi tanaman bunga kol mengalami penurunan, yaitu pada tahun 2017 sebesar 413 ton, tahun 2018 sebesar 314 ton, tahun 2019 sebesar 299 ton dan tahun 2020 sebesar 298 ton.

Penyebab menurunnya produksi bunga kol disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya adalah kondisi tanah yang kurang mendukung untuk pertumbuhan tanaman dikarenakan rendahnya kandungan unsur hara dan bahan organik di dalam tanah (Nurani dan Tyasmoro, 2020). Pada umumnya di Provinsi Lampung memiliki jenis tanah Ultisol, yang merupakan jenis tanah dengan tingkat pelapukan lanjut dan memiliki kandungan bahan organik yang rendah. Beberapa upaya yang dilakukan untuk memperbaiki kesuburan tanah yang rendah yaitu

penambahan bahan organik dan pemupukan. Bahan organik tanah adalah bahan kompleks dan dinamis, berasal dari sisa tanaman dan hewan di dalam tanah dan mengalami perombakan secara terus menerus. Pemupukan adalah pemberian bahan yang dimaksudkan untuk menambah hara tanaman pada tanah yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman (Notohadiprawiro dkk., 2006). Pupuk dapat digolongkan menjadi dua, yakni pupuk organik dan pupuk anorganik. Pupuk organik dapat terdiri dari pupuk organik padat, pupuk organik cair, dan pupuk organik hayati (Lingga, 2001).

Pupuk organik padat merupakan pupuk yang berasal dari sisa-sisa makhluk hidup melalui dekomposisi berupa padatan. Pupuk organonitrofos merupakan salah satu bentuk pupuk organik berupa padatan yang berasal dari 70-80% kotoran sapi dan 20-30% batuan fosfat, dengan penambahan mikroorganisme penambat N dan pelarut P (Nugroho dkk., 2012). Penggunaan pupuk organik diharapkan dapat dijadikan alternatif pemupukan sehingga penggunaan pupuk kimia dapat dikurangi dan dampak negatif penggunaan pupuk kimia bagi lingkungan dapat diminimalisasi (Roidah, 2013). Perlakuan kombinasi pupuk anorganik (urea 100 kg $ha^{-1}$, SP-36 100 kg $ha^{-1}$) dengan organonitrofos 1.000 kg $ha^{-1}$ menghasilkan produksi dan panen lebih tinggi dibandingkan perlakuan kombinasi lainnya pada tanaman ubi kayu (Suri dkk., 2019). Penggunaan organonitrofos plus mampu meningkatkan kesuburan tanah Ultisol di Taman Bogo dan meningkatkan produksi jagung manis (Dermiyati dkk., 2016).

Pupuk hayati adalah pupuk yang mengandung mikroorganisme hidup yang berfungsi untuk membantu penyediaan unsur hara bagi tanaman. Pupuk hayati bertujuan untuk meningkatkan jumlah mikroorganisme dan mempercepat proses mikrobiologis untuk meningkatkan ketersediaan hara, sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Pupuk hayati bermanfaat untuk mengaktifkan serapan hara oleh tanamaan, menekan *soil borne disease*, mempercepat proses pengomposan, memperbaiki struktur tanah, dan menghasilkan substansi aktif yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Harris dkk., 2018). Provinsi Lampung memiliki limbah rimpang nanas dan TKKS berlimpah dan limbah tersebut berpotensi untuk menghasilkan bakteri pelarut fosfat di dalam tanah.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaplikasian pupuk hayati dan atau kompos dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman serta memiliki kemampuan fungsional dalam penyediaan hara bagi tanaman. Yanti (2015) menyatakan bahwa pengaplikasian konsorsium bakteri atau campuran bakteri yang dikemas dalam pupuk hayati cair (*bioboost*) dengan dosis 40 ml menunjukkan pertumbuhan dan hasil yang tertinggi pada varietas padi. Hasil penelitian Annisa (2019) menunjukkan bahwa sebanyak 99,11% isolat bakteri asal ekstrak rimpang nanas yang diuji mampu melarutkan fosfat. Sedangkan hasil penelitian Azizah dkk. (2014) menghasilkan 51 isolat bakteri dari isolasi bakteri melalui vermikompos TKKS (tandan kosong kelapa sawit) dan terdapat 21 isolat bakteri yang memiliki aktivitas selulolitik. Karakterisasi isolat menunjukkan 4 isolat bakteri selulolitik termasuk kelompok bakteri Gram negatif dengan bentuk sel batang. Sehingga diharapkan pengaplikasian konsorsium asal rimpang nanas dan TKKS dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme dan mempercepat tersedianya hara bagi tanaman.

Keberadaan mikroorganisme dalam tanah merupakan salah satu indikator kesuburan tanah secara biologi dilihat dari aktivitas mikroorganisme tanah. Respirasi tanah merupakan salah satu indikator dari aktivitas biologi tanah seperti mikroorganisme, akar tanaman atau kehidupan lain di dalam tanah, dan aktivitas ini sangat penting untuk ekosistem di dalam tanah. Pengaplikasian pupuk organonitrofos dan pupuk hayati diharapkan dapat meningkatkan aktivitas biologi tanah. Kegunaan pupuk organonitrofos itu sendiri sebagai bahan organik yang nantinya akan digunakan untuk sumber energi mikroorganisme dalam menyediakan hara yang dibutuhkan oleh tanaman sehingga dapat meningkatkan produksi tanaman (Saragih dkk., 2020).

Biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah merupakan bagian hidup dari bahan organik tanah seperti bakteri, fungi, algae, dan protozoa, di luar akar-akar tanaman dan fauna tanah yang berukuran lebih besar dari amuba. Biomassa C-mik tanah dapat digunakan sebagai indikator kesuburan tanah, karena hanya tanah yang memiliki kondisi sifat yang mendukung perkembangan dan aktivitas mikroorganisme tanah yang populasi mikroorganismenya tinggi (Saragih dkk.,

2020). Penentuan biomassa C-mik tanah dilakukan berdasarkan metode fumigasi-non fumigasi. Pengaplikasian konsorsium bakteri dan pupuk organonitrofos diharapkan dapat meningkatkan aktivitas mikroorganime tanah. Penelitian Airlangga (2015) menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan pupuk organonitrofos 75% dengan pupuk kimia 25 % dan perlakuan pupuk organonitrofos 100% menghasilkan biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Kandungan air tanah merupakan salah satu hal penting secara fisik tanah, meningkatnya kemampuan tanah meretensi air menyebabkan air lebih tersedia bagi tanaman. Pemberian bahan organik berupa kompos dan *biochar* batang jagung menyebabkan berat volume tanah menurun, meningkatkan porositas tanah, menurunkan kebutuhan total air tanaman serta meningkatkan air tersedia tanah (Safitri dkk., 2018). Putra dan Jalil (2015) menunjukkan bahwa pemberian bahan organik mampu memperbaiki sifat kimia tanah seperti meningkatkan P-tersedia, pH, dan C-organik tanah serta secara biologi terjadi peningkatan total mikroorganisme tanah fungi selulolitik, dan respirasi tanah.

Berdasarkan latar belakang di atas, berikut ini adalah rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Apakah aplikasi konsorsium isolat bakteri terpilih dari rimpang nanas dan TKKS dapat mempengaruhi respirasi, biomassa karbon mikroorganisme (C-mik), dan beberapa sifat tanah selama pertanaman bunga kol?
2. Apakah aplikasi pupuk organonitrofos dapat mempengaruhi respirasi, biomassa karbon mikroorganisme (C-mik), dan beberapa sifat tanah selama pertanaman bunga kol?
3. Apakah terdapat interaksi antara konsorsium isolat bakteri terpilih dari rimpang nanas dan TKKS dengan pupuk organonitrofos terhadap respirasi, biomassa karbon mikroorganisme (C-mik), dan beberapa sifat tanah selama pertanaman bunga kol?

## 1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari pengaruh aplikasi konsorsium isolat bakteri terpilih dari rimpang nanas dan TKKS terhadap respirasi, biomassa karbon mikroorganisme (C-mik), dan beberapa sifat tanah selama pertanaman bunga kol.
2. Mempelajari pengaruh aplikasi pupuk organonitrofos terhadap respirasi, biomassa karbon mikroorganisme (C-mik), dan beberapa sifat tanah selama pertanaman bunga kol.
3. Mempelajari pengaruh interaksi antara konsorsium isolat bakteri terpilih dari rimpang nanas dan TKKS dengan pupuk organonitrofos terhadap respirasi, biomassa karbon mikroorganisme (C-mik), dan beberapa sifat tanah selama pertanaman bunga kol.

## 1.3. Kerangka Pemikiran

Tanah Ultisol merupakan tanah yang telah mengalami pelapukan lebih lanjut. Pada umumnya tanah ini mempunyai potensi keracunan Al dan miskin kandungan bahan organik. Kandungan hara pada tanah Ultisol umumnya rendah karena pencucian basa berlangsung intensif, sedangkan kandungan bahan organik rendah karena proses dekomposisi berjalan cepat dan sebagian terbawa erosi. Oleh karena itu, peningkatan produktivitas tanah Ultisol dapat dilakukan melalui perbaikan tanah (ameliorasi), pemupukan, dan pemberian bahan organik (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006).

Pemupukan merupakan salah satu upaya untuk memberikan unsur hara makro dan mikro untuk tanaman dan memperbaiki struktur tanah sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik. Pemberian pupuk anorganik secara terus menerus akan menyebabkan turunnya kualitas tanah. Oleh karena itu diperlukan pemberian pupuk organik maupun kombinasi antara organik dan anorganik untuk mengatasi masalah kesuburan tanah.

Pengaplikasian pupuk organik dapat memainkan peran penting dalam memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah Ultisol. Struktur tanah dapat diperbaiki melalui ikatan antara bahan organik tanah dengan partikel liat serta melalui aktivitas mikroorganisme dan pertumbuhan akar. Keuntungan lain dari bahan organik yaitu meningkatkan daya ikat air pada tanah sebagai ketersediaan air bagi tanaman, menurunkan pencucian hara, mengurangi erosi dan evaporasi tanah (Gale dkk., 2006). Dalam penelitian ini menggunakan pupuk organik hayati berupa konsorsium bakteri asal rimpang nanas dan TKKS serta pupuk organik padat berupa pupuk organonitrofos.

Pupuk hayati adalah pupuk yang berisi mikroorganisme hidup yang memiliki kemampuan mendegradasi selulosa, melarutkan fosfat, dan dapat bersifat antagonis. Pada penelitian ini menggunakan konsorsium bakteri asal rimpang nanas dan TKKS. Konsorsium Bakteri adalah campuran populasi mikroorganisme dalam bentuk komunitas yang mempunyai hubungan kooperatif, komensal, dan mutualistik. Adiguna dan Aryantha (2020) menyatakan bahwa TKKS memiliki komposisi kimia berupa selulosa 45,95 %, hemiselulosa 22,84 %, lignin 16,49 %, minyak 2,41 %, dan abu 1,23 % yang mana dapat diolah menjadi pupuk hayati padat dengan adanya bantuan fungi rhizosfir. Disisi lain Anisa (2019) mengamati bahwa bakteri asal suspensi ekstrak rimpang nanas dapat digunakan sebagai antagonis *Phytophthora sp*. dan pereduksi kitin serta pendukung peningkatan performa tanaman (pelarut fosfat dan *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB)).

Pupuk organonitrofos merupakan salah satu bentuk pupuk organik berupa padatan yang berasal dari kotoran sapi, limbah pertanian, dan limbah industri dengan penambahan mikroba penambat N, pelarut fosfat dan *Trichoderma* sp. (Dermiyati, 2017) . Hasil penelitian Gandi dkk. (2013) menunjukkan bahwa penggunaan pupuk organonitrofos 5000 kg $ha^{-1}$, merupakan perlakuan yang menghasilkan respon tanaman terbaik pada tanaman tomat dari semua perlakuan serta memiliki nilai bobot berangkasan paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Dalam penelitian ini media tanam dan perlakuan pupuk organonitrofos akan disterilisasi. Sterilisasi media tanam bertujuan untuk meminimalkan

gangguan/kompetisi oleh mikroorganisme yang tidak dikehendaki (kontaminan). Sterilisasi media dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu secara mekanik, fisik dan kimiawi (Dewi dkk., 2017). Sterilisasi media pada penelitian ini dilakukan dengan cara memanfaatkan uap air panas. Omon (2004) menyatakan bahwa pemanasan media akan mengakibatkan perubahan sifat fisik dan kimia tanah. Unsur hara N, P, K dan Mg pada media yang disteril lebih rendah dibandingkan dengan media yang tidak disteril, kecuali unsur Ca dan Fe. Hal tersebut terjadi karena tidak adanya aktivitas mikroorganisme akibat kegiatan sterilisasi. Sehingga mikroorganisme seperti ektomikoriza yang tidak disteril lebih tinggi pertumbuhannya terhadap tanaman stek *Shorea leprosula* dibandingkan dengan media yang disterilisasi.

Tanah dapat dikatakan subur apabila baik secara fisik, kimia, dan biologi. Respirasi tanah dan biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah merupakan salah satu parameter kesuburan tanah secara biologi yang berhubungan dengan aktivitas mikroorganisme tanah. Hasil penelitian Harini (2020) menjelaskan bahwa pemberian pupuk organonitrofos dan pupuk kimia dapat menyediakan hara yang cukup bagi pertumbuhan tanaman jagung manis, serta bahan organik yang diberikan dapat digunakan sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tanah. Sehingga dapat dikatakan bahwa aplikasi pupuk organonitrofos dapat meningkatkan respirasi tanah karena terdapat sumber energi untuk digunakan mikroorganisme tanah dalam melakukan aktivitasnya. Semakin tinggi keberadaan bahan organik maka aktivitas mikroorganisme akan semakin tinggi. Hasil penelitian Saragih dkk. (2020) menjelaskan bahwa perlakuan pemberian pupuk Organonitrofos 20 t $ha^{-1}$ nyata lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk Organonitrofos 0 t $ha^{-1}$ terhadap respirasi tanah.

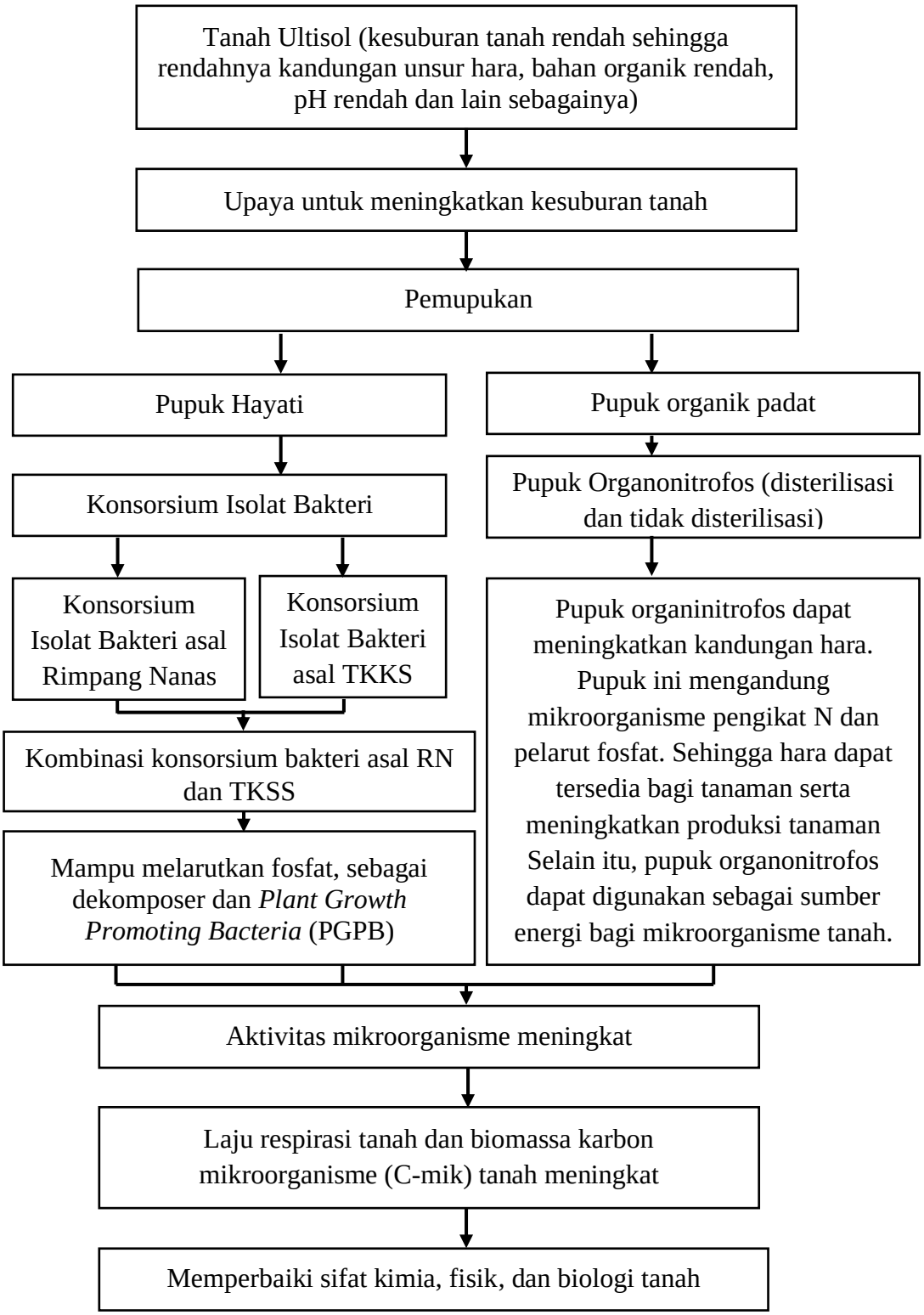
Biomassa mikroorganisme tanah (C-mik) merupakan bagian hidup dari bahan organik tanah seperti bakteri, fungi, algae, dan protozoa, di luar akar-akar tanaman dan fauna tanah yang berukuran lebih besar dari amuba terbesar yang berukuran kira-kira 5 x $10^3$ $\mu m^3$. Biomassa C-mik dapat digunakan sebagai indikator kesuburan tanah, karena hanya tanah yang memiliki kondisi sifat yang mendukung perkembangan dan aktivitas mikroorganisme tanah yang populasi

mikroorganismenya tinggi. Sekitar sepertiga dari karbon organik ditambahkan ke tanah sebagai humus dan biomassa mikroorganisme. Sedangkan sekitar dua pertiga dari karbon ini dikembalikan ke atmosfer sebagai $CO_2$ melalui respirasi mikroorganisme (Pratiwi dkk, 2013).

Junaidi dkk. (2020) menyatakan bahwa adanya aplikasi pupuk hayati dapat meningkatkan populasi dan aktivitas mikroorganisme sehingga laju respirasi akan meningkat, selain itu pemberian pupuk hayati juga dapat mensuplai unsur hara dalam tanah, dan memperbaiki keadaan struktur tanah menjadi lebih baik. Disisi lain percobaan Antonius dan Agustiyani (2011) menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik hayati dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah dibandingkan dengan perlakuan pupuk anorganik dan kontrol. Hal tersebut menandakan jika tiadanya penambahan pupuk organik menyebakan kurang baiknya struktur tanah atau terjadinya kompaksi, yang kemungkinan disebabkan oleh penggunaan pupuk anorganik dan juga dipicu oleh genangan yang kadang-kadang terjadi di lahan pertanian Malinau.

Pemberian bahan organik ke tanah tidak hanya untuk memperbaiki sifat biologi tanah tetapi juga meperbaiki kesuburan tanah yang mencangkup sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Secara fisik keadaan tanah yang baik adalah tanah yang dapat menjamin pertumbuhan akar tanaman, memiliki aerasi dan lengas tanah yang baik serta memiliki ketahanan terhadap erosi yang baik. Dalam hal tersebut bahan organik berfungsi untuk memperbaiki kemantapan agregat sehingga hara tersedia bagi tanaman dan berkurangnya tingkat erosi tanah. Secara kimia, bahan organik tanah berfungsi untuk meningkatkan kapasitas tukar kation tanah, pH tanah, daya sangga tanah serta ketersediaan hara (mikro dan makro). Terdapat muatan negatif yang berasal dari bahan organik sehingga memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan KTK tanah. Secara biologi tanah, terjadinya peningkatan aktivitas biota tanah karena bahan organik merupakan sumber energi bagi makro dan mikro-fauna tanah sehingga terjadi peningkatan aktivitas dekomposisi dan mineralisasi bahan organik dan menyebabkan tersedianya hara bagi tanaman serta terjadinya peningkatan produksi tanaman (Dermiyati, 2017).

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian tentang respirasi tanah, biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah, dan beberapa sifat tanah selama pertanaman bunga kol akibat pengaplikasian pupuk organonitrofos dan konsorsium bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang disajikan alurnya pada Gambar 1.




Gambar 1. Skema kerangka pemikiran pertumbuhan tanaman bunga kol (*Brassica oleracea* L.) dengan pemberian konsorsium isolat bakteri terpilih asal rimpang nanas, TKKS dan kombinasi konsorsium bakteri asal rimpang nanas dan TKKS, serta pemberian Pupuk Organonitrofos.

## 1.4. Hipotesis

Berdasarkan kerangka pikiran yang telah disajikan, maka hipotesis yang diajukan yaitu sebagai berikut:

1. Respirasi, biomassa karbon mikroorganisme (C-mik), dan beberapa sifat tanah lebih tinggi pada tanah yang diaplikasikan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS dibandingkan perlakuan tanpa konsorsium isolat bakteri.
2. Respirasi, biomassa karbon mikroorganisme (C-mik), dan beberapa sifat tanah lebih tinggi pada tanah yang diaplikasikan pupuk organonitrofos tidak disterilisasi dibandingkan dengan perlakuan organonitrofos yang disterilisasi atau kontrol.
3. Terdapat interaksi antara konsorsium isolat bakteri terpilih dan pupuk organonitrofos terhadap respirasi, biomassa karbon mikroorganisme (C-mik), dan beberapa sifat tanah selama pertanaman bunga kol.

# II. TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1. Tanah Ultisol

Tanah Ultisol merupakan jenis tanah yang sebagian besar didominasi liat. Akumulasi liat tersebut terdapat pada horizon bawah permukaan sehingga mengurangi daya serap air, meningkatkan aliran permukaan dan erosi tanah. Ultisol memiliki karakteristik kemasaman tanah tinggi, pH rata-rata < 4,50, kejenuhan Al tinggi, miskin kandungan hara makro terutama P, K, Ca dan Mg serta kandungan bahan organik rendah. Karakteristik pada tanah Ultisol dapat menghambat pertumbuhan tanaman apabila tidak dikelola dengan baik (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006).

Tanah Ultisol memiliki beberapa kekurangan antara lain potensi keracunan Al dan kandungan bahan organik yang rendah. Tanah Ultisol kekurangan kandungan hara lainnya terutama fosfor dan kation-kation dapat tertukar lainnya, seperti Ca, dan Mg. Kandungan Al tinggi, KTK rendah, dan peka terhadap erosi. Dalam skala besar tanah Ultisol digunakan untuk perkebunan kelapa sawit, karet dan hutan tanaman industri (Sudaryono, 2009).

Menurut Purwani dkk. (2008) tanah Ultisol di Lampung dicirikan dengan KTK 4,03 me 100 $g^{-1}$, K-dd 0,27 me 100 $g^{-1}$, C-organik 1,12%, $P_2O_5$ 0,15% dan pH 4,5. Untuk penggunaan yang berkaitan dengan pertanian, tanah Ultisol diperlukan pengapuran, pemupukan, penambahan bahan organik dan pengelolaan tanah yang tepat. Pengapuran berfungsi untuk menaikkan pH dan dapat pula memperbaiki sifat kimia tanah. Pemupukan dilakukan bertujuan untuk memenuhi kebutuhan hara. Sipayung dkk. (2014) pemberian bahan organik dapat menurunkan *bulk*

*density* tanah karena memperbaiki dan memantapkan agregat yang telah terbentuk sehingga aerasi, permeabilitas dan infiltrasi menjadi lebih baik.

## 2.2. Konsorsium Bakteri

Konsorsium Bakteri adalah campuran populasi mikroorganisme dalam bentuk komunitas yang mempunyai hubungan kooperatif, komensal, dan mutualistik. Konsorsium bakteri merupakan salah satu contoh dari pupuk hayati. Konsorsium bakteri dibuat dari campuran bahan utama dan starter agar tumbuhnya inokulasi mikroorganisme. Bakteri yang hidup/berkembang tidak hanya berasal dari bahan utama tetapi terdapat juga bakteri pada starter dalam pertumbuhan inokulan (Asri dan Zulaika, 2016).

Limbah rimpang nanas dan TKKS merupakan salah satu bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai konsorsium bakteri. Konsorsium asal TKKS memiliki banyak manfaat seperti penelitian Yosita (2020) yang menyatakan bahwa bakteri asal TKKS sebagian besar mampu melarutkan fosfor sehingga menghasilkan dalam bentuk P-tersedia. Selain TKKS, isolat asal rimpang nanas juga memiliki berbagai manfaat salah satunya mampu melarutkan fosfor. Hasil penelitian Ilmiasari (2020) menyatakan bahwa bakteri asal rimpang nanas mampu melarutkan fosfor. Berdasarkan uraian tersebut, dapat dikatakan bahwa limbah organik dapat dimanfaatkan menjadi pupuk organik yang dapat membantu meningkatkan produksi tanaman.

Beberapa contoh bakteri yang mampu melarutkan fosfor yaitu bakteri dari genus *Pseudomonas* sp., dan *Bacillus* sp. Menurut Giyanto dkk. (2009) limbah organik terdapat bakteri dari *Pseudomonas* sp., dan *Bacillus* sp., yang berperan sebagai agen bioremediasi limbah, agen pengendali hayati patogen, penghasil antibiotik, agen pelarut fosfat, penghasil enzim-enzim potensial yang bermanfaat dalam bidang industri. Hasil penelitian Yosita (2020) menunjukkan bahwa konsorsium bakteri asal TKKS termasuk dalam jenis *Bacillus velezensis*, *Bacillus paramycoides*, dan *Bacillus tequilensis*, sedangkan dalam penelitian Ilmiasari

(2020) menunjukkan bahwa konsorsium bakteri asal rimpang nanas termasuk dalam spesies bakteri *Stenotrophomonas maltophilia*.

Berdasarkan uraian diatas, konsorsium bakteri asal rimpang nanas dan TKKS memiliki kemampuan untuk melarutkan fosfor. Interaksi antara konsorsium bakteri dengan bahan organik dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah dan menyebabkan tersedianya hara bagi tanaman. Berdasarkan penelitian Setiadi (2021), BPF (Bakteri Pelarut fosfat) dari MOL asal TKKS dengan pupuk SP-36 memberikan pengaruh lebih baik terhadap pertumbuhan tanaman mentimun berdasarkan pengamatan panjang tanaman dan jumlah daun. BPF dari MOL TKKS + Rimpang nanas dengan pupuk batuan fosfat alam (BFA) menunjukkan kandungan P-tersedia tanah tertinggi pada pengamatan akhir masa panen. Hal tersebut menunjukkan bahwa adanya aktivitas mikroorganisme yang diaplikasikan yang mengakibatkan meningkatnya pertumbuhan tanaman dan ketersediaan unsur fosfat di tanah meningkat.

Aktivitas mikroorganisme pelarut fosfat sangat tergantung pada pH tanah. Kecepatan mineralisasi meningkat dengan pH yang sesuai bagi metabolisme mikroorganisme dan berkorelasi dengan jumlah substrat. Mikroorganisme dalam tanah melarutkan fosfor karena adanya sekresi bakteri berupa enzim fosfatase, fitase, dan asam organik kemudian bakteri tersebut membentuk kelat dari Ca, Al, Fe dengan asam organik sehingga P dapat larut dan P tersedia tanah meningkat. Pada mikroorganisme yang tidak menghasilkan asam organik, proses pelarutan P terjadi melalui mekanisme pelepasan proton (ion $H^+$), asimilasi ammonium ($NH_4^+$), dan kompetisi antara anion organik dengan ortofosfat pada permukaan koloid (Ginting dkk., 2011).

### 2.3. Pupuk Organonitrofos

Pupuk organik yaitu pupuk hasil penguraian sisa-sisa tanaman dan binatang seperti pupuk kandang, pupuk hijau, kompos, bungkil, guano, tepung tulang, dan sebagainya. Pupuk organik mempunyai fungsi penting yaitu untuk menggemburkan lapisan tanah permukaan, meningkatkan populasi jasad renik,

mempertinggi daya serap dan daya simpan air yang dapat meningkatkan kesuburan tanah (Sutedjo, 2010). Pupuk Organonitrofos merupakan formulasi pupuk organik dari bahan organik berupa fermentasi kotoran sapi segar (*fresh manure*) dan batuan fosfat (*rock phosphate*) yang ditambahkan mikroorganisme penambat N (*N fixer*) dan pelarut P (*P-solubilizer*) (Nugroho dkk., 2012). Beberapa jenis pupuk organonitrofos, yaitu organonitrofos dalam bentuk remah, granular, dan organonitrofos plus dalam bentuk remah. Dalam penelitian ini pupuk organonitrofos yang digunakan adalah pupuk organonitrofos plus dalam bentuk remah. Kandungan hara pupuk organonitrofos dan pupuk organonitrofos plus dengan berbagai formulasi bahan baku disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan hara pupuk organonitrofos dan pupuk organonitrofos plus dengan berbagai formulasi bahan baku.

| Sifat Kimia | Pupuk Organonitrofos | | Organonitrofos Plus | |
|---|---|---|---|---|
| | Granul (2013) | Remah (2014) | Remah (2016) | Remah (2017) |
| pH ($H_2O$) | 7,28 | 5,69 | 7,0 | 6,8 |
| C-organik (%) | 2,38 | 9,52 | 13,89 | 12,67 |
| N-total (%) | 0,35 | 1,13 | 1,08 | 1,21 |
| P-total (%) | 0,31 | 5,58 | 4,96 | 3,99 |
| K-total (%) | 0,19 | 0,68 | 3,03 | 2,09 |

Sumber: Dermiyati (2017).

Menurut Wijaya dkk. (2015) pupuk Organonitrofos dan kombinasinya dengan pupuk anorganik tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman mentimun. 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.

Hasil penelitian Sari dkk. (2015) membuktikan bahwa pemberian pupuk Organonitrofos dan kombinasinya dengan pupuk kimia dengan dosis 150 kg Urea $ha^{-1}$ + 100 kg SP-36 $ha^{-1}$ + 50 kg KCl $ha^{-1}$ + 1.500 kg organonitrofos $ha^{-1}$ mampu

meningkatkan serapan hara N, P, dan K total pada tanaman jagung manis, namun belum mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman jagung manis serta dapat memberikan pengaruh terbaik terhadap biomass total tanaman jagung manis. Namun secara ekonomis pemberian pupuk kimia dosis 300 kg Urea $ha^{-1}$ , 200 kg SP-36 $ha^{-1}$, 100 kg KCl $ha^{-1}$ bersifat paling menguntungkan apabila dilakukan usaha budidaya jagung manis. Tetapi bila ditinjau dari sisi ramah lingkungan, pemberian pupuk organonitrofos tunggal merupakan perlakuan yang dapat mengurangi kerusakan lingkungan karena mengandung bahan organik dan mikroorganisme penambat N dan pelarut P.

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).

## 2.4. Respirasi Tanah

Salah satu variabel untuk mengetahui aktivitas mikroorganisme tanah adalah respirasi tanah. Respirasi tanah adalah proses evolusi $CO_2$ dari tanah ke atmosfer yang berasal dari aktivitas mikroorganisme tanah dan akar tanaman. Pengaplikasian bahan organik dapat meningkatkan laju respirasi tanah. Mikroorganisme menggunakan bahan organik untuk sumber energi kemudian menghasilkan $CO_2$ sehingga tingkat respirasi tanah yang dihasilkan cukup besar. Proses dekomposisi dapat berlangsung dengan adanya aktivitas mikroorganisme, sehingga mikroorganisme merupakan tenaga penggerak dalam respirasi tanah. Semakin banyak aktivitas mikroorganisme maka akan meningkatkan laju respirasi tanah (Putri dkk., 2017).

Respirasi tanah adalah proses evolusi $CO_2$ dari tanah ke atmosfer, terutama dihasilkan oleh mikroorganisme tanah dan akar tanaman. Pengukuran respirasi

ditentukan berdasarkan hilangnya $CO_2$ dari dalam tanah. Hilangnya $CO_2$ terjadi dikarenakan dekomposisi bahan organik yang dilakukan mikroorganisme tanah. Apabila dekomposisi bahan organik meningkat, maka akan meningkatkan aktivitas mikroorganisme serta dapat meningkatkan respirasi tanah. Semakin banyak $CO_2$ yang dikeluarkan tanah, semakin tinggi aktivitas dan mikroorganisme, hal ini mengakibatkan semakin tinggi respirasi tanah (Pangestuning dkk., 2017).

Pengukuran respirasi dapat dilakukan pada tanah tidak terganggu (*undisturbed soil sample*) di lapangan maupun dari contoh tanah yang diambil atau tanah terganggu (*disturbed soil sample*). Pengukuran laju respirasi tanah di laboratorium didasarkan pada pengukuran $CO_2$ di dalam tanah pada periode waktu tertentu. Larutan NaOH atau KOH yang digunakan berfungsi sebagai penangkap $CO_2$ yang kemudian dititrasi dengan HCl. Jumlah HCl yang diperlukan untuk titrasi setara dengan jumlah $CO_2$ yang dihasilkan. Tingkat respirasi tanah ditetapkan dari tingkat evolusi $CO_2$. Evolusi $CO_2$ tanah dihasilkan dari dekomposisi bahan organik. Dengan demikian, tingkat respirasi adalah indikator tingkat dekomposisi bahan organik yang terjadi pada selang waktu tertentu (Widati, 2007).

Hasil penelitian Harini (2020) menjelaskan bahwa pemberian pupuk organonitrofos dan pupuk kimia dapat menyediakan hara yang cukup bagi pertumbuhan tanaman tanaman jagung manis, bahan organiknya dapat digunakan sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tanah. Sehingga dapat dikatakan bahwa aplikasi pupuk organonitrofos dapat meningkatkan respirasi tanah karena terdapat sumber energi yang mana digunakan mikroorganisme tanah dalam melakukan aktivitasnya. Semakin tinggi keberadaan bahan organik maka aktivitas mikroorganisme akan semakin tinggi, Hasil penelitian Saragih dkk. (2020) menjelaskan bahwa perlakuan pemberian pupuk Organonitrofos 20 t $ha^{-1}$ nyata lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk Organonitrofos 0 t $ha^{-1}$ terhadap respirasi tanah.

## 2.5. Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-Mik) Tanah

Biomassa mikroorganisme merupakan bahan organik yang berasosiasi di dalam sel mikroorgansime tanah yang hidup. Biomassa mikroorganisme sering digunakan sebagai indeks kesuburan tanah. Tanah dengan kandungan biomassa mikroorganisme yang tinggi dapat dikelaskan sebagai tanah dengan sifat fisika dan kimia yang baik. Jumlah karbon dalam biomassa mikroorganisme dapat mencapai 2% dari total karbon di dalam tanah (Saidy, 2018).

Biomassa C-mik merupakan indeks kesuburan tanah. Biomassa karbon mikroorganisme tanah mewakili sebagian fraksi total karbon dan nitrogen tanah, tetapi secara relatif mudah berubah sehingga jumlah aktivitas dan kualitas biomassa karbon mikroorganisme merupakan faktor dalam mengendalikan jumlah C dan N yang di mineralisasikan (Kirana, 2010). Menurut Franzluebbers (1999) pengukuran biomassa C-mik tanah telah digunakan untuk berbagai keperluan, diantaranya yaitu untuk mengetahui tingkat degradasi lahan, mineralisasi karbon dan nitrogen, tingkat kandungan karbon pada berbagai macam penggunaan lahan pertanian, serta tingkat kesuburan dan kualitas tanah pada berbagai jenis pengolahan tanah.

Salah satu metode yang digunakan dalam pengukuran biomassa mikroorgasnime adalah memfumigasi tanah dengan tujuan membunuh mikroorganisme di tanah dan kemudian dilakukan pengukuran terhadap biomassa mikroorganisme yang mati karena proses fumigasi. Pengukuran dapat dilakukan dengan membandingkan respirasi antara tanah yang difumigasi dan tanah yang tidak difumigasi. Cara ini dikenal sebagai Metode Inkubasi Fumigasi-Chloroform (*Chloroform Fumigation Incubation Method*). Kecepatan respirasi tanah yang difumigasi akan melebihi respirasi tanah yang tidak difumigasi. Lebih tingginya respirasi pada tanah yang difumigasi tersebut disebabkan dekomposisi sel-sel mikroorganisme yang terbunuh dalam proses fumigasi (Saidy, 2018).

Sekitar sepertiga dari karbon organik ditambahkan ke tanah beriklim tetap sebagai humus dan biomassa mikroorganisme. Sedangkan sekitar dua pertiga dari karbon ini dikembalikan ke atmosfer sebagai $CO_2$ melalui respirasi mikroorganisme

(Pratiwi dkk., 2013). Semakin banyaknya mikroorganisme tanah semakin meningkat pula jumlah biomassa karbon yang terukur. Pengukuran ini berdasarkan banyaknya aktivitas mikroorganisme yang dihasilkan. Pengaplikasian pupuk hayati tidak selamanya meningkatkan biomassa karbon mikroorganisme tanah karena bisa saja terjadi kompetisi antara mikroorganisme lokal dan mikroorganisme yang diaplikasikan (Saragih dkk., 2020). Namun pemberian pupuk hayati yang diimbangi dengan pemberian bahan organik memungkinkan meningkatnya biomassa karbon mikroorganisme.

## 2.6. Pengaruh Bahan Organik terhadap Beberapa Sifat Tanah

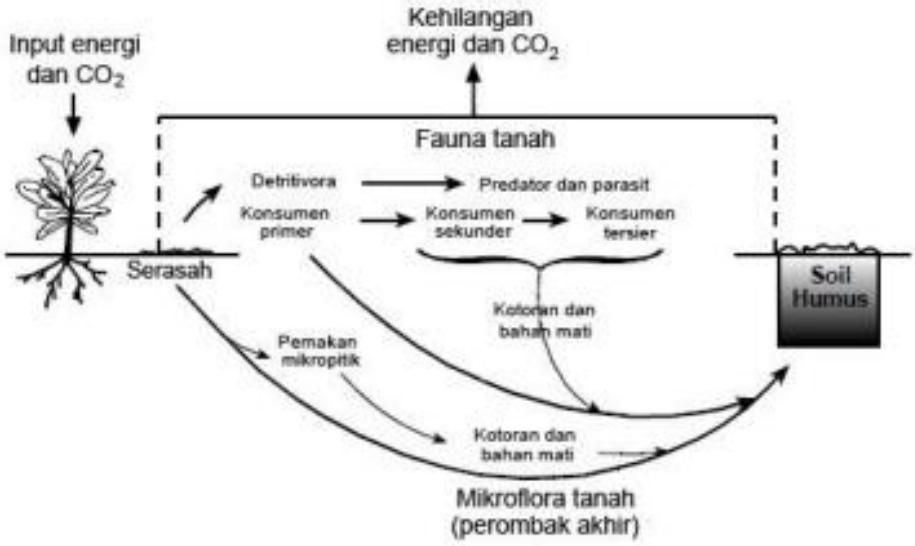
Bahan organik adalah kumpulan beragam senyawa-senyawa organik kompleks yang sedang atau telah mengalami proses dekomposisi, baik berupa humus hasil humifikasi, maupun senyawa-senyawa anorganik hasil mineralisasi dan termasuk juga mikrobia heterotrofik dan autotrofik yang beraktivitas didalamnya. Penggunaan bahan organik ini bertujuan untuk mengurangi pencemaran lingkungan, menghasilkan bahan pangan yang aman, menjaga produktifitas lahan pertanian dalam jangka waktu panjang, serta mempertahankan keanekaragaman hayati (Roidah, 2013). Manfaat dari penggunaan bahan organik adalah akan meningkatkan kesuburan tanah baik secara fisik, kimia, dan biologi tanah. Antonius dkk. (2018), pemanfaatan bahan organik berupa pupuk organik hayati, kompos, dan *biochar* mampu meningkatkan kualitas biokimia tanah dan akhirnya meningkat pula produktivitas tanaman bawang merah.

Secara fisik, bahan organik bermanfaat dalam stabilitas struktur tanah sehingga kemampuan tanah dalam menahan air meningkat dan menyebabkan meningkatnya kemantapan agregat tanah. Dalam hal ini, bahan organik berfungsi sebagai bahan pengikat yang berasal dari subtansi humus, aluminium silikat, dan oksidasi Fe dan Al. Selain itu, lignin dan penol juga dianggap sebagai komponen bahan organik yang berperan dalam proses agregasi tanah. Molekul penol-kation berfungsi untuk jembatan kation antar partikel-partikel tanah (Saidy, 2018). Roidah (2013)

penggunaan pupuk organik akan meningkatkan daya menahan air dan kation tanah meningkat, sehingga dapat mengurangi pencucian oleh air hujan dan erosi.

Secara kimia, bahan organik bermafaat dalam peningkatan kapasitas tukar kation (KTK) tanah sehingga tanah memiliki kemampuan yang tinggi dalam menjerap/menahan unsur hara dalam bentuk kation (Saidy, 2018). Bahan oganik mampu meningkatkan pH tanah karena memiliki daya sangga yang besar untuk menstabilkan pH tanah (Margolang dkk., 2015). Terjadi oksidasi anion asam oganik melalui proses dekomposisi residu tanaman yang mengkonsumsi ion $H^+$ dan membebaskan ion $OH^-$, sehingga pH tanah akan meningkat. Meningkatnya pH ini terjadi karena proses kompleksasi proton oleh anion asam-asam organik (Saidy, 2018). Margolang dkk. (2015), terjadi peningkatan K-tukar tanah dengan penerapan sistem pertanian organik, namun jika dilihat dari nilai pH tanah, C-organik tanah, N-total tanah dan P-tersedia tanah sistem pertanian organik tidak menunjukkan perbedaan dengan sistem pertanian konvensional.

Secara biologi, bahan organik tanah pada dasarnya sebagai sumber energi dan penyuplai sumber hara makro bagi tanaman. Siklus perombakan bahan organik sebagai sumber enegi bagi mikroorganisme tanah disajikan pada Gambar 2. Dalam melakukan dekomposisi bahan organik, mikroorganisme membutuhkan senyawa karbon yang dapat diasimilasi di dalam sel mikroorganisme atau dilepaskan dalam bentuk produk metabolism atau $CO_2$ yang akan Kembali ke atmosfer. Dengan adanya bantuan mikroorganisme tanah terjadi proses mineralisasi bahan organik tanah yang menghasilkan unsur hara berupa nitrogen, posfor dan sulfur organik dalam bentuk yang tersedia bagi tanaman (Saidy, 2018). Penerapan sistem pertanian organik mampu meningkatkan jumlah mikroorganisme tanah sehingga jumlah produksi $CO_2$ juga meningkat, karena aktivitas mikroorganisme (jumlah $CO_2$) berbanding lurus dengan jumlah mikroorganisme tanah (Margolang dkk., 2015)




Gambar 2. Siklus perombakan bahan organik. (Sumber: Saidy (2018)).

# III. METODOLOGI PENELITIAN

## 3.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Kaca Laboratorium Lapang Terpadu, Laboratorium Bioteknologi dan Laboratorium Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli-Desember 2020.

## 3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat sterilisasi tanah (kompor, tabung gas dan drum), desikator, timbangan, plastik tahan panas, toples, botol film, isolasi, satu set alat titrasi, cangkul, karung, plastik, polybag, cawan petri, jarum ose, botol semprot, tabung reaksi, autoklaf, *laminar air flow* (LAF), bunsen, korek, oven, labu ukur, gelas ukur, pipet ukur, erlenmeyer, gelas beker, karet penghisap (*bulb*), mesin pengocok (*shaker*), pH meter, thermometer tanah dan spektrofotometer.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah, benih bunga kol MONA F1, pupuk organonitrofos plus remah, pupuk anorganik (urea, SP-36, KCl), Fastac® 15 EC, media YPA, media PPGA, alkohol 70%, aquades, KOH, HCl, indikator pp, metil orange, kloroform ($CHCl_3$), pengekstrak Bray dan Kurtz I, larutan kerja P-tersedia, $K_2Cr_2O_7$, $H_2SO_4$, larutan NaF 4%, indikator difenil amin, selen, asam borat 1%, dan indikator Conway. Kode isolat bakteri yang digunakan disajikan pada Tabel 2 dan kandungan hara pupuk organonitrofos plus remah disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Kode islolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS.

| Rimpang Nanas | TKKS |
|---|---|
| An.N(2)50.12 K5 | A.S(2) 50.8 B(8) |
| S.N(1)50.12 PKr 5 | AN.S(3)50.12 P(8) |
| A.N(3)50.12 PKr 5 | S.S(2)50.12 PB(8) |

Tabel 3. Kandungan hara pupuk organonitrofos plus remah.

| Sifat Kimia | Organonitrofos Plus Remah (2017) |
|---|---|
| pH | 6.8 |
| C-organik (%) | 12,67 |
| N-total (%) | 1,21 |
| P-total (%) | 3,99 |
| K-total (%) | 2,09 |

### 3.3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok Faktorial 4x3 dan 3 ulangan. Penelitian ini menggunakan dua faktor. Faktor pertama yaitu konsorsium isolat bakteri, yang terdiri dari :

1. Tanpa konsorsium bakteri ($K_0$)
2. Konsorsium isolat bakteri rimpang nanas ($K_1$)
3. Konsorsium isolat bakteri TKKS ($K_2$)
4. Kombinasi konsorsium isolat bakteri rimpang nanas dan TKKS ($K_3$) dengan perbandingan antara konsorsium rimpang nanas dan TKKS adalah 1:1.

Faktor yang kedua yaitu perlakuan pupuk organonitrofos yang terdiri dari:

1. Tanpa pupuk organonitrofos ($O_0$)
2. Pupuk organonitrofos yang disterilisasi ($O_1$)
3. Pupuk organonitrofos tidak disterilisasi ($O_2$)

Sehingga dalam penelitian ini terdapat 12 perlakuan, yaitu:

$K_0O_0$ = Tanpa Konsorsium + Tanpa Organonitrofos

$K_0O_1$ = Tanpa Konsorsium + Organonitrofos disterilisasi

$K_0O_2$ = Tanpa Konsorsium + Organonitrofos tidak disterilisasi

$K_1O_0$ = Konsorsium Rimpang Nanas (RN) + Tanpa Organonitrofos

$K_1O_1$ = Konsorsium Rimpang Nanas (RN) + Organonitrofos disterilisasi

$K_1O_2$ = Konsorsium Rimpang Nanas (RN) + Organonitrofos tidak disterilisasi

$K_2O_0$ = Konsorsium TKKS + Tanpa Organonitrofos

$K_2O_1$ = Konsorsium TKKS + Organonitrofos disterilisasi

$K_2O_2$ = Konsorsium TKKS + Organonitrofos tidak disterilisasi

$K_3O_0$ = Kombinasi Konsorsium RN dan TKKS + Tanpa Organonitrofos

$K_3O_1$ = Kombinasi Konsorsium RN dan TKKS + Organonitrofos disterilisasi

$K_3O_2$ = Kombinasi Konsorsium RN dan TKKS + Organonitrofos tidak disterilisasi

Setiap perlakuan terdapat 3 ulangan sehingga terdapat 36 satuan percobaan. Tata letak dalam percobaan ini disusun seperti Gambar 3.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $K_1O_2$ | $K_2O_1$ | $K_1O_1$ | $K_0O_2$ | $K_3O_1$ | $K_2O_0$ |
| K0$O_2$ | $K_1O_0$ | $K_2O_2$ | $K_3O_2$ | $K_1O_1$ | $K_0O_2$ |
| $K_2O_0$ | $K_3O_0$ | $K_1O_2$ | $K_3O_1$ | $K_0O_0$ | $K_0O_1$ |
| $K_3O_1$ | $K_0O_1$ | $K_0O_0$ | $K_2O_1$ | $K_3O_2$ | $K_1O_2$ |
| $K_1O_1$ | $K_2O_2$ | $K_3O_0$ | $K_2O_0$ | $K_1O_0$ | $K_2O_2$ |
| $K_3O_2$ | $K_0O_0$ | $K_0O_1$ | $K_1O_0$ | $K_3O_0$ | $K_2O_1$ |
| Ulangan I | | Ulangan II | | Ulangan III | |

Gambar 3. Tata letak percobaan

Homogenitas ragam data diuji dengan uji Bartlet sedangkan aditivitas data diuji dengan uji Tukey. Kemudian data dianalisis dengan sidik ragam, serta perbedaan nilai tengah perlakuan diuji dengan Uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) pada taraf 5%.

## 3.4. Pelaksanaan Penelitian

### 3.4.1. Peremajaan Konsorsium Isolat Bakteri Terpilih

Langkah awal dalam peremajaan konsorsium isolat bakteri terpilih adalah membuat media YPA (*yeast potato agar*). Kemudian seleksi isolat bakteri yang akan digunakan. Isolat bakteri terpilih dari rimpang nanas yang digunakan yaitu An.N(2)50.12 K5, S.N(1)50.12 PKr 5, dan A.N(3) 50.12 PKr 5, 3. Isolat bakteri terpilih dari TKKS yaitu A.S(2) 50.8 B(8), AN.S(3)50.12 P(8), S.S(2)50.12 PB(8). Lalu tiap-tiap bakteri tersebut diambil menggunakan jarum ose dan digoreskan secara zigzag di media YPA untuk mendapatkan koloni tunggal dari bakteri yang akan digunakan.

Setelah mendapatkan koloni tunggal dari isolat bakteri terpilih maka selanjutnya dilakukan peremajaan di dalam tabung reaksi di media *potato pepton glucose agar* (PPGA). Kemudian isolat bakteri terpilih diambil menggunakan jarum ose, kemudian digoreskan secara zigzag pada media miring PPGA. Lalu ditutup menggunakan kapas dan plastik wrap serta beri label setiap jenis isolat. Setelah itu tabung tersebut diletakkan di rak tabung reaksi dan disimpan pada ruang yang steril. Kegiatan peremajaan ini dilakukan pada 1 hari sebelum aplikasi ke tanaman. Konsorsium isolat bakteri terpilih didapatkan dengan cara memanen setiap tabung isolat bakteri terpilih menggunakan jarum ose lalu dibuat suspensi dengan mencampurkan ke dalam 10 ml air steril lalu homogenkan dengan *vorteks mixer*. Kemudian isolat bakteri kombinasi diperoleh dari percampuran antara isolat bakteri terpilih dari rimpang nanas dan TKKS dengan perbandingan 1:1.

### 3.4.2. Persiapan Media Tanam

Media tanam yang akan digunakan adalah tanah yang berasal dari Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian. Tanah tersebut disterilisasi selama 4 jam menggunakan drum sterilisasi. Setelah disterilisasikan tanah tersebut ditimbang sebanyak 7 kg berat kering udara dan dimasukkan ke dalam polybag yang telah disiapkan. Dengan kadar air tanah sebesar 36,53%. Kemudian polybag disusun di dalam rumah kaca.

### 3.4.3. Penyemaian

Benih bunga kol yang digunakan dalam penelitian ini adalah varietas MONA F1. Penyemaian menggunakan polybag berisi tanah, kemudian benih disebar di atas permukaan tanah tersebut dan ditutup kembali menggunakan tanah. Setelah itu bibit tersebut dipindahkan ke dalam contongan yang terbuat dari daun pisang.

### 3.4.4. Pindah Tanam

Pindah tanam bunga kol (*Brassica oleracea* L.) dilakukan pada umur 3 minggu setelah semai. Bibit tersebut dipindahkan dari contongan ke dalam polybag yang berisi 7 kg tanah. Namun pada perlakuan pupuk organonitrofos sebelum pemindahan bibit, pupuk organonitrofos diaplikasikan terlebih dahulu kemudian didiamkan selama satu malam. Kemudian bibit bunga kol dimasukkan kedalam polybag dan ditutup kembali menggunakan tanah.

### 3.4.5. Aplikasi Konsorsium Isolat Bakteri Terpilih

Konsorsium isolat bakteri terpilih didapatkan dengan cara memanen setiap tabung isolat bakteri terpilih menggunakan jarum ose lalu dibuat suspensi dengan cara mencampurkannya ke dalam 10 ml air steril dan dihomogenkan menggunakan *vorteks mixer*. Kemudian ikuti langkah sebelumnya untuk tiap kode isolat bakteri asal rimpang nanas, sehingga terdapat 90 ml suspensi isolat bakteri asal rimpang nanas. Suspensi isolat bakteri yang sudah homogen kemudian dicampurkan dengan air steril sebanyak 2160 ml, sehingga didapatkan konsorsium isolat bakteri terpilih sebanyak 2250 ml (Yosita, 2020). Lakukan hal yang sama dalam pembuatan konsorsium isolat bakteri terpilih asal TKKS.

Kombinasi konsorsium isolat bakteri terpilih rimpang nanas dan TKKS didapatkan dengan cara memanen setiap tabung isolat bakteri terpilih menggunakan jarum ose lalu dibuat suspensi dengan cara mencampurkannya ke dalam 10 ml air steril dan dihomogenkan menggunakan *vortex mixer*. Kemudian ikuti langkah sebelumnya untuk tiap kode isolat bakteri asal rimpang nanas dan

TKKS, sehingga terdapat total suspensi sebanyak 60 ml dari masing masing isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS. Suspensi isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS dicampurkan dan dihomogenkan sehingga terdapat 120 ml suspensi isolat bakteri kombinasi asal rimpang nanas dan TKKS. Suspensi isolat bakteri kombinasi yang sudah homogen kemudian dicampurka dengan air steril sebanyak 2130 ml, sehingga didapatkan konsorsium isolat bakteri terpilih sebanyak 2250 ml (Yosita, 2020).

Kemudian suspensi konsorsium bakteri terpilih diaplikasikan pada setiap perlakuan dengan memberikan 250 ml konsorsium per tanaman pada setiap aplikasi. Pada perlakuan $K_0$ diberikan air steril sebanyak 250 ml per tanaman. Aplikasi konsorsium isolat bakteri terpilih dilakukan sebanyak 3 kali pada 8 Hari Setelah Tanam (HST), 15 HST, 22 HST.

### 3.4.6. 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 g $tanaman^{-1}$. Dosis penggunaan pupuk anorganik diberikan berdasarkan rekomendasi dosis yang optimum untuk tanaman bunga kol (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 g $tanaman^{-1}$), SP-36 250 kg $ha^{-1}$ (0,875 g $tanaman^{-1}$), KCl 200 kg $ha^{-1}$ (0,7 g $tanaman^{-1}$). Pemupukan dilakukan dengan cara dilarik dengan membuat larikan melingkar berjarak 5 cm dari lubang tanam lalu ditutup dengan tanah.

### 3.4.7. Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman yang dilakukan adalah penyiraman, penyiangan gulma, serta pengendalian hama dan penyakit tanaman. Penyiraman dilakukan dua kali sehari pada pagi dan sore hari. Penyiangan gulma dilakukan jika terdapat gulma disekitar tanaman, dilakukan secara manual dengan cara mencabut gulma tersebut.

Pengendalian hama dan penyakit dilakukan secara kimiawi dengan cara menyemprotkan pestisida (Fastac® 15 EC yang berbahan aktif Alfametrin untuk mengendalikan hama *Plutella xylostela*).

### 3.4.8. Panen

Pemanenan dilakukan pada saat tanaman bunga kol siap panen ditandai oleh ukuran *curd* (bunga) yang sudah besar tetapi massa *curd* masih rapat. Pemanenan bunga kol dilakukan dengan memotong buah dengan jarak antara batang dan dan kurang lebih sepanjang 25 cm atau mendekati permukaan tanah (pangkal batang) (Cahyono, 2001).

### 3.4.9. Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan sebanyak tiga kali, yaitu sebelum tanam, saat pembungaan dan setelah panen. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara mengambil tanah pada masing-masing polybag kemudian dilakukan analisis di laboratorium.

## 3.5. Variabel Pengamatan

### 3.5.1. 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).

#### 3.5.1.1. 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 4). 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 5). Setelah 10 hari, toples dibuka dan botol film yang berisi KOH segera ditutup.

Gambar 4. Pelaksanaan inkubasi tanah untuk pengukuran respirasi tanah

Gambar 5. Pelaksanaan inkubasi tanah untuk pengukuran respirasi kontrol

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 dititrasi 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 $CO_2$ yang difiksasi KOH.

(A)
Larutan KOH 0,2 *N* ditambahkan 2 tetes indikator *phenolphthalein*

(B)
Larutan KOH 0,2 *N* setelah dititrasi 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 dititrasi dengan HCl 0,1 *N* warna kuning berubah menjadi merah muda

Gambar 6. Proses titrasi pada larutan KOH 0.2 *N* pada percobaan respirasi tanah

Reaksi yang terjadi:

1. Reaksi pengikatan $CO_2$

   $2KOH + CO_2 \longrightarrow K_2CO_3 + H_2O$

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

   $K_2CO_3 + HCl \longrightarrow KCl + KHCO_3$

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

   $KHCO_3 + HCl \longrightarrow KCl + H_2O + CO_2$

Jumlah $CO_2$ dihitung menggunakan rumus:

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

Keterangan:
a = ml HCl untuk sampel tanah
b = ml HCl untuk kontrol
t = normalitas HCl
n = jumlah hari inkubasi
r = jumlah C-$CO_2$

### 3.5.1.2. Cara Pengukuran Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-Mik) Tanah

Pengukuran biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah dilakukan dengan menggunakan metode fumigasi-chloroform (Jenkinson dan Powlson, 1976) yang telah disempurnakan oleh Franzluebbers dkk. (1995). Analisis dimulai dengan perhitungan kadar air tanah sampel dengan cara mengoven tanah sampel selama 1 satu hari dengan suhu 105 $^{o}$C. Kadar air tanah ditentukan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar air tanah (\%)} = \frac{(B - A) - (C - A)}{C - A}\ x\ 100\%$$

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 lembab 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 diamkan selama 48 jam. Sebanyak 10 g tanah inokulan diikat rapat dalam plastik kemudian dimasukkan ke dalam lemari pendingin.

Gambar 7. Proses fumigasi tanah menggunakan kloroform ($CHCl_3$)

Setelah tanah difumigasi 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 sampai kedap udara dengan menggunakan lakban dan diinkubasi di tempat gelap selama 10 hari.

Gambar 8. Pelaksanaan inkubasi tanah untuk pengukuran biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah

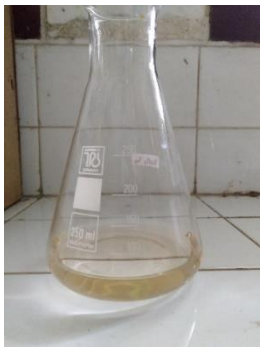
Setelah diinkubasi 10 hari, kemudian dilakukan analisis di laboratorium. Analisis dilakukan untuk mengetahui jumlah C-$CO_2$ yang diikat oleh larutan KOH yang ditentukan dengan cara titrasi. Titrasi dilakukan dengan cara memindahkan terlebih dahulu larutan KOH yang berada di botol film ke dalam Erlenmeyer, setelah itu ditambahkan 2 tetes indikator *phenolphthalein* (larutan KOH akan berubah menjadi berwarna merah muda), kemudian dititrasi 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.

Sedangkan untuk tanah 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 dioven 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).

(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* menjadi merah muda

(D)
Larutan KOH 0,5 *N* setelah dititrasi dengan HCl 0,1 *N* warna kuning berubah

Gambar 9. Proses titrasi pada larutan KOH 0.5 *N* pada percobaan biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah

Reaksi yang terjadi:

1. Reaksi pengikatan $CO_2$

   $2KOH + CO_2 \longrightarrow K_2CO_3 + H_2O$

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

   $K_2CO_3 + HCl \longrightarrow KCl + KHCO_3$

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

   $KHCO_3 + HCl \longrightarrow KCl + H_2O + CO_2$

Biomassa mikroorganisme tanah dihitung menggunakan rumus:

$$r(\text{mg C} - CO_2\ 100\ g^{-1}\ 10\ \text{hari}^{-1}) = \frac{(a - b)x\ t\ x\ 120}{n}$$

$$C - \text{Mik} = \frac{r_{\text{fumigasi}} - r_{\text{non-fumigasi}}}{Kc}$$

Keterangan:
a = ml HCl untuk sampel
b = ml HCl untuk blanko
n = waktu inkubasi (hari)
r = mg C-$CO_2$ 100 $g^{-1}$ 10 $hari^{-1}$
t = normalitas HCl (N)
Kc = 0,41 (Voroney dan Paul, 1984 dalam Franzluebbers dkk., 1995).

### 3.5.2. Variabel Pendukung

Variabel pendukung yang diamati yaitu:

1. Kadar air tanah (metode gravimetri)

Analisis dilakukan berdasarkan metode gravimetri. Langkah awal menimbang tanah kurang lebih 10 g kemudian tanah tersebut diletakkan kedalam alumunium foil yang sudah ditimbang kemudian tutup. Lalu sampel tanah tersebut diletakkan kedalam oven dengan suhu 105 $^oC$ selanjutunya diamkan selama 24 jam. Setelah 24 jam tanah beserta alumunium foil ditimbang kembali (Afandi, 2019).

Perhitungan kadar air dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air tanah (\%)} = \frac{(B - A) - (C - A)}{C - A}\ x\ 100\%$$

Keterangan: A = berat aluminium foil (g)
B = berat tanah + aluminium foil (g)
C = berat tanah + aluminium foil setelah dioven (g)

2. Suhu dan kelembaban tanah (termometer tanah)

Suhu dan kelembaban diukur menggunakan termometer tanah dengan cara meletakkan termometer tersebut ke tanah yang akan diukur suhu dan kelembabannya. Kemudian catat hasil yang tertera pada termometer tanah, suhu ($^{o}$C) dan kelembaban (%).

3. pH (metode elektrometrik)

Pengukuran pH tanah dilakukan menggunakan pH meter. Tanah yang akan dianalisis dicampurkan dengan akuades dengan perbandingan 1:2,5. Kemudian sampel tersebut di *shaker* selama 30 menit dan diamkan selama kurang lebih 10 menit. Lalu ukur menggunakan pH meter dan catat hasilnya (Thom dan Utomo, 1991).

4. P-tersedia (metode Bray dan Kurtz I)

P-tersedia dianalisis menggunakan metode Bray dan Kurtz I, dengan cara menimbang sampel tanah sebanyak 2 g. Lalu ditambahkan dengan pengekstrak Bray dan Kurtz I sebanyak 20 ml dan di*shaker* selama 10 menit. Saring larutan tersebut. Setelah itu ekstrak tersebut dimasukkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 5 ml, tambahkan larutan kerja sebanyak 10 ml dan didiamkan selama 30 menit. Selanjutnya sampel tersebut diukur transmitannya menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 800 nm (Thom dan Utomo, 1991). Kadar P-tersedia dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Kadar P tersedia (ppm)} = \frac{20}{2} \times \frac{(10+5)}{5} \times \text{ppm P dalam larutan tanah}$$

Keterangan: 20 = ml larutan pengekstrak tanah (Bray 1)
2 = jumlah (g) sampel tanah
10 = ml larutan kerja
5 = ml ekstrak sampel

5. C-organik (metode Walkley dan Black)

C-organik dianalisis menggunakan metode Walkley dan Black, dengan cara menimbang sampel tanah sebanyak 0,5 g, ditambahkan dengan 5 ml $K_2Cr_2O_7$ dan 10 ml $H_2SO_4$. Kemudian sampel didiamkan di ruang asam selama 30 menit.

Setelah 30 menit, tambahkan 100 ml aquades, 5 ml asam fosfat, 2,5 ml NaF 4% dan 5 tetes ondikator difenil amin. Selanjutnya titrasi menggunakan larutan ($(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$) 0,5 *N* (Thom dan Utomo, 1991). Kadar C-organik dihitung menggunakan rumus:

$$\%C - \text{Organik} = \frac{\text{ml } K_2Cr_2O_7 \times \left(1 - {}^{V_b}/_{V_s}\right)}{\text{Berat sampel tanah}} \times 0{,}3886\%$$

Keterangan: $V_b$ = volume blanko (ml)
$V_s$ = volume sampel (ml)

6. N-Total (metode Kjeldhal)

N-total dianalisis menggunakan metode Kjeldhal, dengan cara mencampurkan 1 g sampel tanah, 1 g selen dan 3 ml $H_2SO_4$ 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 yang disebabkan oleh penguapan. Kemudian titrasi asam borat menggunakan HCl 0,1 *N* (Thom dan Utomo, 1991). Kadar N-total dihitung menggunakan rumus:

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

Keterangan: $V_b$ = volume blanko (ml)
$V_s$ = volume sampel (ml)

Pengambilan sampel dilakukan pada saat awal dan akhir pertanaman bunga kol (*Brassica oleracea* L.).

# V. SIMPULAN DAN SARAN

## 5.1. Simpulan

Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan penelitian yang dilakukan, yaitu:

1. Respirasi dan biomassa C-mik tanah lebih tinggi dengan pemberian konsorsium bakteri dibandingkan tanpa konsorsium bakteri pada 44 HST dan 65 HST. Biomassa C-mik tanah lebih tinggi dengan pemberian konsorsium bakteri asal TKKS dibandingkan pemberian konsorsium bakteri asal rimpang nanas dan kombinasi konsorsium bakteri pada 65 HST.
2. Respirasi dan biomassa C-mik tanah lebih tinggi dengan pemberian pupuk organonitrofos (sterilisasi atau tidak disterilisasi) dibandingkan tanpa pupuk organonitrofos, tetapi tidak ada perbedaan antara pupuk organonitrofos disterilisasi dan yang tidak disterilisasi terhadap respirasi tanah dan biomassa C-mik tanah pada 44 dan 65 HST.
3. Tidak terdapat interaksi antara konsorsium bakteri asal rimpang nanas dan TKKS dengan pupuk organonitrofos terhadap respirasi, biomassa C-mik, dan beberapa sifat tanah pada 44 HST, namun terdapat interaksi terhadap biomassa C-mik tanah 65 HST. Konsorsium bakteri asal TKKS dengan pupuk organonitrofos disterilisasi menghasilkan biomassa C-mik tanah lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya.
4. Kelembaban dan pH tanah lebih tinggi pada perlakuan tanpa konsorsium bakteri, namun tidak ada perbedaan antara tanpa konsorsium bakteri dengan kombinasi konsorsium bakteri terhadap pH tanah pada 65 HST. Perlakuan tanpa organonitrofos mampu meningkatkan kelembaban tanah, namun tidak ada perbedaan dengan perlakuan organonitrofos tidak disterilisasi pada 65 HST. Perlakuan organonitrofos (disterilisasi atau tidak disterilisasi) mampu meningkatkan pH tanah dibandingkan perlakuan tanpa organoitrofos pada 65

HST. Interaksi antara tanpa organonitrofos dengan konsorsium TKKS mampu menghasilkan kadar air yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya pada 65 HST. Interaksi antara tanpa konsorsium bakteri dengan organonitrofos disterilisasi mampu menghasilkan suhu tanah tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya pada 65 HST. Interaksi antara konsorsium rimpang nanas dengan organonitrofos disterilisasi menghasilkan P-tersedia tanah lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya pada 65 HST.

5. Terdapat korelasi positif antara pH tanah dengan respirasi tanah pada 65 HST.

## 5.2. Saran

Berdasarkan hasil yang didapatkan perlu dilakukanya penelitian lanjut di lahan mengenai pengaruh pengaplikasian pupuk hayati dengan rekomendasi pemakaian pupuk hayati yang optimal terhadap kesuburan tanah dan perlu dilakukannya analisis mengenai total bakteri yang diaplikasikan.

# DAFTAR PUSTAKA


Adiguna, G.S. dan Aryantha, I.N.P. 2020. Aplikasi fungi rizosfer sebagai pupuk hayati pada bibit kelapa sawit dengan memanfaatkan limbah tandan kosong kelapa sawit sebagai media pertumbuhan. *Jurnal Manfish* 1(1): 32-42.

Afandi. 2019. *Metode Analisis Fisika Tanah*. Anugrah Utama Raharja. Bandar Lampung. 16 hlm.

Afrianti, N. A., Niswati, A., Wicaksono, A., dan Buchari, H. 2019. Pengaruh sistem olah tanah dan aplikasi herbisida terhadap respirasi tanah pada pertanaman ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) musim tanam ke-4 di gedong meneng. *Jurnal Wacana Pertanian* 15(1): 1-12.

Airlangga, T.A. 2015. Pengaruh Pemberian Kombinasi Pupuk Organonitrofos dan Kimia, dengan Penambahan Biochar terhadap Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-mik) pada Tanah Ultisol yang Ditanami Jagung (*Zea Mays* L.). *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 40 hlm.

Anas, I. 1989. *Biologi Tanah dalam Praktek*. Pusat Antar Universitas Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 161 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. 36 hlm.

Antonius, S. dan Agustiyani, D. 2011. Pengaruh pupuk organik hayati yang mengandung mikroba bermanfaat terhadap pertumbuhan dan hasil panen tanaman semangka serta sifat biokimia tanahnya pada percobaan lapangan di Malinau-Kalimantan Timur. *Jurnal Berkala Penelitian Hayati* 16: 203-206.

Antonius, S., Sahputra, R. D., Nuraini, Y., dan Dewi, T. K. 2018. Manfaat pupuk organik hayati, kompos dan biochar pada pertumbuhan bawang merah dan pengaruhnya terhadap biokimia tanah pada percobaan pot menggunakan tanah Ultisol. *Jurnal Biologi Indonesia* 14(2): 243-250.

Antralina, M., Kania. D., dan Santoso, J. 2015. Pengaruh pupuk hayati terhadap kalimpahan bakteri penambat Nitrogen dan pertumbuhan tanaman kina (*Cinchona ledgeriana* Moens) klon Cib. 5. *Jurnal Penelitian Teh dan Kina* 18(2): 177-185.

Arsanti, I. W. dan Boehme, M. 2006. Sistem Usahatani Tanaman Sayuran di Indonesia: Apresiasi Multifungsi Pertanian, Ekonomi, dan Eksternalitas Lingkungan. *Seminar Multifungsi Pertanian, Lido* 26-27.

Asri, A. C. dan Zulaika, E. 2016. Sinergisme antar isolat Azotobacter yang dikonsorsiumkan. *Jurnal sains dan seni ITS* 5(2): 57-59.

Azizah, S.N., Muzakhar, K., dan Arimurti, S. 2014. Skrining bakteri selulolitik asal vermicomposting tandan kosong kelapa sawit. *Berkala Sainstek* 2(1): 26-30.

BPS. 2020. Data Produksi Kembang Kol (*https://www.bps.go.id/*). Diakses pada 22 September 2020.

Cahyono, B. 2001. *Kubis Bunga dan Broccoli*. Kanisius. Yogyakarta. 126 hlm.

Dermiyati, D., Utomo, S. D., Hidayat, K. F., Lumbanraja, J., Triyono, S., Ismono, H., Ratna, N. E., Putri, N. T., dan Taisa, R. 2016. Effectiveness of organonitrofos plus fertilizer on sweet corn and soil chemical properties of Ultisols. *Journal of Tropical Soils* 21(1): 9-17.

Dermiyati. 2017. *Pupuk Organik: Organonitrofos dan Implementasinya*. Plantaxia. Yogyakarta. 33-52 hlm.

Dewi, T.M., Nurbaity, A., Suryatmana, P., dan Sofyan, E.T. 2017. Efek sterilisasi dan komposisi media produksi inokulan fungi mikoriza arbuskula terhadap kolonisasi akar, panjang akar dan bobot kering akar sorgum. *Jurnal Agro* 4(1): 24-31.

Edi, S. dan Bobihoe, J. 2010. *Budidaya Tanaman Sayuran*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP). Jambi. 18-20 hlm.

Franzluebbers, A. J., Hons, F. M., dan Haney, R. L. 1999. Relationship of chloroform fumigation-incubation to soil organic matter pools. *Soil Biology and Biochemistry* 31: 395-405.

Firdausi, N. dan Muslihatin, W. 2016. Pengaruh kombinasi media pembawa pupuk hayati bakteri pelarut fosfat terhadap pH dan unsur hara fosfor dalam tanah. *Jurnal Sains dan Seni ITS* 5(2): 53-56.

Gale, E.S., Sullivan, D.M., Cogger, C.G., Bary, A.I., Hemphill, D.D. dan Myhre, E.A. 2006. Estimating plant-available nitrogen release from manures, composts, and specialty products. *Journal of Environmental Quality* 35: 2321-2332.

Gandi, W., Triyono, S., Tusi, A., Oktafri, Nugroho, S. G., Dermiyati, Lumbanraja, J., dan Ismoyo, H. 2013. Pengujian pupuk organonitrofos terhadap respon tanaman tomat (*Lycopersicon pimpinellifolium*) dalam pot (*pot experiment*). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* 2(1): 17-26.

Giri, I., Yusnaini, S., Lumbanraja, J., dan Buchari, H. 2020. Pengaruh sistem olah tanah dan aplikasi herbisida terhadap biomassa karbon mikroorganisme tanah (C-mik) pada pertanaman jagung (*Zea mays* L.) musim tanam ke-5 di Gedong Meneng. *Agrotek Tropika 8*(1): 1-10.

Ginting, R. C. B., Saraswati, R., dan Husen, E. 2011. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Kementrian Pertanian. Bogor. 141-158 hlm.

Giyanto, Suhendar, A., dan Rustam. 2009. Kajian Pembiakan Bakteri Kitinolitik pseudomonas fluorescens dan Bacillus sp. pada Limbah Organik dan Formulasinya sebagai Pestisida Hayati (*bio-pesticide*). Laporan Penelitian Hibah Bersaing. IPB. Bogor. 849-858. (https://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/57959/PRO2009_GYT.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Diakses pada 25 September 2020.

Hamdiyati, Y. 2011. *Pertumbuhan dan Pengendalian Mikroorganisme II* (*Bahan Ajar*). Universitas Pendidikan Indonesia Press. Bandung. 9 hlm.

Harini, N.V.A. 2020. Given of organic matter to the population of phosphate solubilizing microorganism in Ultisol soil. *Jurnal Peternakan* 4(2): 85-92.

Harris, R., Kantikowati, E., dan Agustian, W. H. 2018. Karakteristik pertumbuhan dan hasil pakchoy (*Brasica rappa* L.) akibat pemberian pupuk hayati. *Jurnal Ilmiah Pertanian* 1(1): 1-8.

Hartatik, W. dan Setyorini, D. 2012. *Pemanfaatan Pupuk Organik untuk Meningkatkan Kesuburan Tanah dan Kualitas Tanaman*. Badan Penelitian Litbang Pertanian Balai Penelitian Tanah. Bogor. 571-582 hlm.

Helmi, S. 2017. Pupuk organik untuk pertanian berkelanjutan. *Info Teknologi*: 1-17.

Ilmiasari, Y. 2020. Kelimpahan, Karakterisasi, dan Kemampuan Mikroorganisme Lokal Asal Rimpang Nanas Sebagai Antagonis Jamur Phytophtora nicotianae serta Pemacu Pertumbuhan Tanaman. *Thesis*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

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.

Kirana, A. 2010. Pengaruh Sistem Olah Tanah Konservasi dan Pemupukan Nitrogen Jangka Panjang terhadap Biomassa Karbon Mikroorganisme Tanah (C-mik) dan Produksi Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) di Tanah Ultisol. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 63 hlm.

Kindo, S. S. dan Singh, D. 2018. Varietal Evaluation of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. Botrytis) under agro-climatic condition of Allahabad. *Trends in Biosciences* 6(1): 99-100.

Krisantini, Yusuf, M., dan Tjia, B. 1996. Pengaruh sterilisasi dan dosi pupuk kandang terhadap pertumbuhan umbi Calla Lily (*Zanthedeschia elliottiana*). *Buletin Agronomi* 24(1): 21-24.

Lingga, P. dan Marsono. 2001. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Penebar Swadaya. Jakarta. 19-58 hlm.

Margolang, R. D. M. R. D., Jamilah, J., dan Sembiring, M. 2014. Karakteristik beberapa sifat fisik, kimia, dan biologi tanah pada sistem pertanian organik. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara* 3(2): 717-723.

Notohadiprawiro, T., Soekodarmodjo, S., dan Sukana, E. 2006. *Pengelolaan Kesuburan Tanah dan Peningkatan Efisiensi Pemupukan*. Ilmu Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. 3 hlm.

Novriyanti, R. 2018. Pengaruh Pemberian Kombinasi Pupuk Organonitrofos dan Pupuk Anorganik terhadap Respirasi Tanah Selama Pertanaman Jagung (*Zea mays* L.) Musim Kedua Tanam. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Nugroho, S.G., Dermiyati, Lumbanraja, J., Triyono, S., dan Ismoyo, H. 2012. Optimum ratio of fresh manure and grain of phosphate rock mixture in a formulated compost for organomineral fertilizer. *Journal Tropical Soil* 17(2): 121-128.

Nurani, A. B. dan Tyasmoro, S. Y. 2020. Pengaruh aplikasi PGPR (plant growth promoting rhizobacteria) dan dosis pupuk kandang ayam terhadap pertumbuhan dan hasil kubis bunga (B*rassica oleracea var. botritys L.*). *Jurnal Produksi Tanaman* 8(8): 724-733.

Omon, R.M. 2004. Pengaruh sterilisasi media terhadap perkembangan ektomikoriza dan penyerapan unsur hara pada stek shorea leprosula miq. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 1(1): 111-127.

Pangestuning, E., Yusnaini, S., Niswati, A., dan Buchari, H. 2017. Pengaruh sistem olah tanah dan aplikasi herbisida terhadap respirasi tanah pada lahan pertanaman jagung (Z*ea mays*) musim tanam ke tiga. *Jurnal Agrotek Tropika* 5(2): 113-118.

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.

Pratiwi, T. D., Niswati, A., Arif, M. S., dan Buchari, H. 2013. Pengaruh pengolahan tanah dan pemberian mulsa bagas terhadap kandungan biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah pada lahan pertanaman tebu tahun kedua. *Jurnal Agrotek Tropika* 1(3): 347-351.

Priyadi, Kurniawati, N., dan Nugroho, P. 2018. Aktivitas biologi tanah yang berasal dari perkebunan karet pada berbagai kondisi kelengasan. *Environment Science* 2(1): 10–15.

Purwani J, Purnomo J., dan Saraswati R. 2008. *Pengaruh Pemberian Bahan Organik dan Pemupukan Fosfat pada Teknik Budidaya Ubi Kayu terhadap Sifat Kimia dan Aktivitas Dehydrogenase Lahan Kering Asam Ultisol Lampung*. Balai Penelitian Tanah. Lampung. 482 hlm.

Putra, I. dan Jalil, M. 2018. Pengaruh bahan organik terhadap beberapa sifat kimia tanah pada lahan kering masam. *Jurnal Agrotek Lestari* 1(1): 27-34.

Putri, N. A., Niswati, A., Yusnaini, S., dan Buchari, H. 2017. Pengaruh sistem olah tanah dan aplikasi mulsa bagas terhadap respirasi tanah pada pertanaman tebu (S*accharum officinarum* L.) ratoon ke-1 periode 2 di PT Gunung Madu Plantations. *Jurnal Agrotek Tropika* 5(2): 109-113.

Raminda, A. D., Yusnaini, S., Hendarto, K., dan Niswati, A. 2019. Pengaruh pupuk hayati dan konsentrasi pupuk pelengkap terhadap respirasi tanah pada pertanaman bawang putih (*Allium sativum* L.) ketinggian 500 Mdpl Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Agrotek Tropika 7*(3): 325-333.

Roidah, I. S. 2013. Manfaat penggunaan pupuk organik untuk kesuburan tanah. *Jurnal Bonorowo* 1(1): 30-43.

Safitri, I. N., Setiawati, T. C., dan Bowo, C. 2018. Biochar dan kompos untuk peningkatan sifat fisika tanah dan efisiensi penggunaan air. *Techno: Jurnal Penelitian* 7(1): 116-127.

Saidy, A. R. 2018. *Bahan Organik Tanah: Klasifikasi, Fungsi dan Metode Studi*. Lambung Mangkurat University Press. Banjarmasin. 4-6 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 tanaman ubi kayu (M*anihot esculenta crantz*). *Jurnal Agrotek Tropika* 8(1): 95-109.

Saraswati, R., Santosa, E., dan Yuniarti, E. 2006. Organisme perombak bahan organik. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati* 211-230.

Sari, E.P., Lumbanraja, J., Buchari, H. dan Niswati, A. 2015. Uji efektivitas pupuk organonitrofos dan kombinasinya dengan pupuk kimia terhadap pertumbuhan, serapan hara dan produksi tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata*) di musim tanam ketiga pada tanah Ultisol Gedung Meneng. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* 15(3): 174-182.

Setiadi, A., Ginting, Y., Dirmawati, S. R., dan Telambanua, M. 2021. Pengaruh jenis bakteri pelarut fosfat (bpf) dan jenis pupuk fosfat terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman mentimun (*Cucumis sativus* L.). *Jurnal Agrotek Tropika* 9(3): 443-451.

Setiawati, S. B. M., Dermiyati, D., 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 taman bogo yang ditanami jagung manis (*Zea mays* L. *Saccharata Sturt*). *Jurnal Agrotek Tropika 9*(1): 102-111.

Sipayung, E.S., Sitanggang, G., dan Damanik, M.M.B. 2014. Perbaikan sifat fisik dan kimia tanah Ultisol simalingkar kecamatan pancur batu dengan pemberian pupuk organik supernasa dan rockphosphit serta pengaruhnya terhadap produksi tanaman jagung. *Jurnal Agroekoteknologi* 2(2): 393-403.

Sudaryono. 2009. Tingkat kesuburan tanah Ultisol pada lahan pertambangan batu bara Sangatta, Kalimantan Timur. *Jurnal Teknik Lingkungan* 10(3): 337-346.

Suherman, C., Soleh, M. A., Nuraini, A., dan Fatimah, A. N. 2018. Pertumbuhan dan hasil tanaman cabai (*Capsicum* sp.) yang diberi pupuk hayati pada pertanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*.) TBM I. *Jurnal Kultivasi* 17(2): 648-655.

Suri, D. P., Lumbanraja, J., dan Novpriansyah, H. 2019. Uji efektifitas kombinasi pupuk organonitrofos dan pupuk anorganik terhadap pertumbuhan, produksi, dan serapan hara tanaman ubi kayu (*Manihot esculenta crantz*) pada musim tanam ketiga di Gedung Meneng. *Jurnal Agrotek Tropika* 7(3): 487-496.

Susilawati, Budhisurya, E., Anggono, R. C. W., dan Simanjuntak, B. 2013. Analisis kesuburan tanah dengan indikator mikroorganisme tanah pada berbagai sistem penggunaan lahan di plateau dieng. *Agric*, 25(1): 64-72.

Sutedjo, M. M. 2010. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Rineka Cipta. Jakarta. 177 hlm.

Thom, W.O. dan Utomo, M. 1991. *Manajemen Laboratorium dan Metode Analisis Tanah dan Tanaman*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 32 hlm.

Widati, S. 2007. *Metode Analisis Biologi Tanah*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor. 145-146 hlm.

Wijaya, A.A., Lumbanraja, J., dan Ginting, Y. C. 2015. Uji efektivitas pupuk organonitrofos dan kombinasinya dengan pupuk anorganik terhadap pertumbuhan, serapan hara dan produksi tanaman mentimun (*Cucumis sativus* L.) pada musim tanam kedua di tanah Ultisol Gedung Meneng. *Jurnal Agrotek Tropika* 3(3): 409-421.

Yanti, F. 2015. Aplikasi Konsorsium Bakteri terhadap Pertumbuhan dan Hasil pada Beberapa Varietas Padi. *Skripsi*. Universitas Jember. Jember. 36 hlm.

Yosita, R. 2020. Kelimpahan, Karakterisasi, dan Kemampuan Mikroorganisme Lokal Asal Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Antagonis Jamur Ganoderma boninense dan Pemacu Pertumbuhan Tanaman. *Thesis*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 34 hlm.

Yuliana, D., Yusnaini, S., Hendarto, K., dan Niswati, A. 2019. Pengaruh pupuk hayati dan konsentrasi pupuk pelengkap alkalis terhadap respirasi tanah pada pertanaman bawang putih (*Allium sativum* L.) ketinggian 600 mdpl di Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Agrotek Tropika 7*(3): 413-422.