

**KERAGAMAN DAN KELIMPAHAN ARTROPODA  
PADA PERTANAMAN JAGUNG YANG DIAPLIKASI  
TIGA JENIS *BIOCHAR* DAN PUPUK FOSFOR**

(Skripsi)

**Oleh**

Gede Artawan



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## ABSTRAK

### KERAGAMAN DAN KELIMPAHAN ARTROPODA PADA PERTANAMAN JAGUNG YANG DIAPLIKASI TIGA JENIS *BIOCHAR* DAN PUPUK FOSFOR

OLEH

Gede Artawan

Artropoda tanah berperan dalam jaring-jaring makanan yaitu sebagai herbivora, karnivora, dan dekomposer. Beberapa spesies Artropoda herbivora bersifat merugikan karena berperan sebagai hama tanaman yang merusak akar tanaman. Sementara itu, spesies lainnya bersifat menguntungkan karena menjadi musuh alami hama tanaman dan dekomposer bahan organik. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh aplikasi tiga jenis *biochar* dan pupuk fosfor serta interaksinya terhadap keragaman dan kelimpahan artropoda tanah pada pertanaman jagung. Pengambilan sampel artropoda menggunakan metode *Pitfall Trap* dan *Berlese Tullgren Extractor*. Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok faktorial 4 x 2 yang diulang 3 kali. Faktor pertama perlakuan *biochar* dengan 4 taraf yaitu *biochar* sekam padi, *biochar* tongkol jagung, *biochar* batang jagung dan kontrol tanpa *biochar*, sedangkan faktor kedua adalah pupuk fosfor dengan 2 taraf yaitu diberi pupuk fosfor dan kontrol tanpa pupuk fosfor. Hasil penelitian menunjukkan pemberian *biochar* sekam padi dapat meningkatkan keragaman dan kelimpahan artropoda pada fase generatif maksimum. Perlakuan *biochar* mempengaruhi keragaman, pemerataan dan, kekayaan jenis artropoda serta produksi tanaman jagung. Perlakuan pupuk fosfor mempengaruhi keragaman dan pemerataan artropoda serta produksi jagung. Keragaman, pemerataan, kekayaan jenis, dan kelimpahan artropoda tinggi pada tanaman jagung dengan perlakuan *biochar* sekam padi. Perlakuan *biochar* sekam padi dan pupuk fosfor dapat meningkatkan produksi jagung.

**Kata Kunci :** artropoda, *biochar*, jagung, pupuk fosfor.

**KERAGAMAN DAN KELIMPAHAN ARTROPODA  
PADA PERTANAMAN JAGUNG YANG DIAPLIKASI  
TIGA JENIS *BIOCHAR* DAN PUPUK FOSFOR**

**Oleh**

**Gede Artawan**

**Skripsi**

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

**Pada**

**Jurusan Agroteknologi  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

Judul Skripsi : **Keragaman dan Kelimpahan Artropoda pada  
Pertanaman Jagung yang Diaplikasi Tiga Jenis  
Biochar dan Pupuk Fosfor**

Nama Mahasiswa : **Gede Artawan**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1814121035

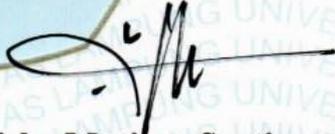
Jurusan : Agroteknologi

Fakultas : Pertanian



1. Komisi Pembimbing

  
**Prof. Dr. Ir. I Gede Swibawa, M.S.**  
NIP 196010031986031003

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

2. Ketua Jurusan Agroteknologi

  
**Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.**  
NIP 19630508198812001

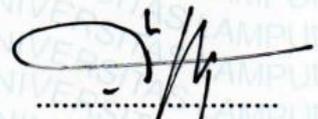
**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

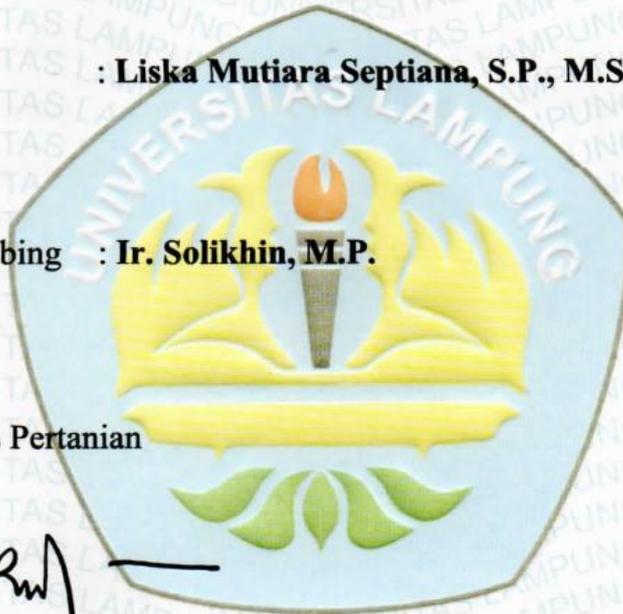
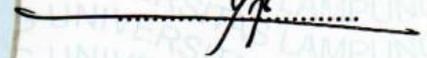
Ketua : **Prof. Dr. Ir. I Gede Swibawa, M.S.**



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



Penguji  
Bukan Pembimbing : **Ir. Solikhin, M.P.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



**Prof. Dr. Ir. Erwan Sukri Banuwa, M.Si.**

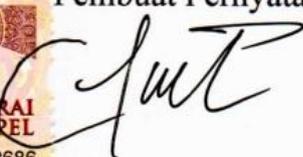
NIP 196110201986031002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 7 Maret 2023**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi dengan judul :  
“Keragaman dan Kelimpahan Artropoda pada Pertanaman Jagung yang Diaplikasi Tiga Jenis  
*Biochar* dan Pupuk Fosfor” merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain.  
Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah  
Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil  
salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan  
ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 15 Mei 2023

Pembuat Pernyataan  
  
Gede Artawan  
NPM 1814121035



## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Desa Sidorejo, Kecamatan Sekampung Udik, pada tanggal 11 Maret 2000. Penulis dilahirkan sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, tinggal di Desa Sukaraja Tiga, Kecamatan Margatiga, Lampung Timur

Penulis menyelesaikan pendidikan di Lampung Timur yakni SDN 1 Sukaraja Tiga pada tahun 2012, SMP N 2 Margatiga pada tahun 2015, dan SMA N 1 Sekampung pada tahun 2018. Tahun 2018 penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur penerimaan Seleksi Bersama Masuk Perguruan Negeri (SBMPTN).

Selama menempuh pendidikan di Unila, selain mengikuti kegiatan kuliah penulis juga aktif dalam organisasi intra kampus yakni Persatuan Mahasiswa Agroteknologi (Perma AGT) dan Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Hindu Unila dan organisasi ekstra kampus yakni Dewan Pimpinan Kabupaten (DPK) Peradah Lampung Timur.

Teruntuk keluargaku tercinta  
Bapak “Nyoman Sumarjaya” dan Ibu “Luh Nambrik”  
Adikku “Made Artama” dan “Niluh Komang Dina Ayu Ardani”

Kupersembahkan karya sederhana ini sebagai wujud syukur dan kesungguhan  
Terima kasih atas semua do’a, perhatian, dukungan moral, semangat, dan motivasi yang telah  
diberikan selama ini

Serta

Seluruh keluarga besarku dan teman-teman tercinta  
yang selalu memberi warna di hidupku.  
&  
Almamater tercinta, Universitas Lampung.

*Mā pṛṇanto duritamena āranmā jāriṣuh sūrayah suvratāsah  
anyasteṣām paridhirastu kaścidapṛṇantamabhi sam yantu*

“Wahai umat manusia, nikmatilah kebahagiaan dengan keturunanmu, jangan melakukan perbuatan dosa yang akan mengakibatkan kesedihan, oleh karena itu jangan melakukan karma yang tidak baik, berbuat kebaikan dengan bijaksana dan mengikuti dharma. Para guru mengusahakan kalian agar terhindar dari kebodohan karena pengikut adharma akan mendapat kesedihan dimana-mana”

**-Reg Veda: 1.125.7**

*“Hiduplah seolah-olah Anda akan mati besok,  
Belajarlah seolah-olah Anda akan hidup selamanya”*

**-Mahatma Gandhi**

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas anugerah dan sinar suci-Nya karya tulis ilmiah (skripsi) ini telah selesai. Berbagai hal telah penulis lalui untuk mewujudkan karya tulis ini, sehingga dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah ini hingga tuntas. Skripsi yang berjudul “Keragaman dan Kelimpahan Artropoda pada Pertanaman Jagung yang Diaplikasi Tiga Jenis *Biochar* dan Pupuk Fosfor” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung. Selama Pembuatan skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, oleh karenanya dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas semua fasilitas yang diberikan selama masa studi di Fakultas Pertanian,
2. Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, atas segala bantuan, saran dan nasihat,
3. Prof. Dr. Ir. I Gede Swibawa, M.S., selaku dosen pembimbing pertama atas kesediaannya memberikan bimbingan, motivasi, saran, dan kritik kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan,
4. Liska Mutiara Septiana, S.P., M.Si., selaku dosen pembimbing kedua atas kesediaannya memberikan bimbingan, motivasi, saran, dan nasihat-nasihat kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan,
5. Ir. Solikhin, M.P., selaku pembahas yang telah memberikan kritik saran, dan nasihat dalam penyelesaian skripsi ini, atas segala bantuan, saran dan nasihat,
6. Ir. Muhammad Nurdin, M.Si., selaku dosen pembimbing akademik atas kesediaannya memberikan motivasi, kegiatan akademik berlangsung,
7. Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.Si., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, yang telah memfasilitasi dan menilai kelayakan skripsi ini,

8. Teman-teman seperjuangan Jurusan Agroteknologi 2018 Sion, Ari, Nurul, Nur, Acha, Ajeng, Wulan, Sekar, Tama, Niluh, Desi, Prima, Salma, Lady, Indah, Pita, Sayu, Vio, Indira, Uus, Juanda, Risa, Umar, Meisy, Rosa, Erika, Fairuz, Wilda, Anin, Afi, Annisya, Desi, Icha, dan Titin yang telah memberi dukungan, semangat serta saran kepada penulis,
9. Seseorang yang memiliki NPM 1813041001 yang telah memberi dukungan, semangat serta saran kepada penulis,
10. Kepengurusan Persatuan Mahasiswa Agroteknologi (Perma AGT) Periode 2021 yang telah banyak memberikan motivasi dan pembelajaran yang sangat berharga yang tak terlupakan,
11. Teman-teman seperjuangan team *biochar* Aci, Alfina, Beni, Mella, Mutia, Abdillah, Tari, Ade, Teva, Cindy, Wulan, dan Bli Teguh yang telah menjadi rekan team dalam mengerjakan penelitian bersama-sama,

Dengan ketulusan hati penulis menyampaikan terima kasih dan semoga Tuhan YME membalas semua kebaikan mereka, semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 15 Mei 2023

Penulis

Gede Artawan

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Penelitian .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Kerangka Pemikiran .....	3
1.4 Hipotesis.....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Klasifikasi Tanaman Jagung .....	7
2.2 Morfologi Tanaman Jagung .....	8
2.2.1 Akar.....	8
2.2.2 Batang.....	8
2.2.3 Daun .....	8
2.2.4 Bunga .....	8
2.2.5 Tongkol .....	9
2.3 Fase Pertumbuhan Tanaman Jagung .....	9
2.3.1 Fase Perkecambahan .....	9
2.3.2 Fase Vegetatif dan Generatif.....	10
2.4 <i>Biochar</i> .....	13
2.5 Komunitas Artropoda.....	14
<b>III. BAHAN DAN METODE .....</b>	<b>15</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	15
3.2 Bahan dan Alat .....	15
3.3 Metode Penelitian .....	15
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	17
3.4.1 Pembuatan Pupuk <i>Biochar</i> .....	17
3.4.2 Persiapan Lahan.....	17
3.4.3 Pembuatan Petak Percobaan.....	18
3.4.4 Aplikasi <i>Biochar</i> .....	18
3.4.5 Penanaman.....	19

3.4.6	Pemupukan .....	19
3.4.7	Perawatan .....	20
3.4.8	<i>Pitfall Trap</i> .....	21
3.4.9	<i>Berlese Tullgren</i> (corong berlese) .....	22
3.4.10	Identifikasi Artropoda .....	22
3.4.11	Panen .....	23
3.5	Variabel Pengamatan.....	24
3.4.1	Variabel Utama.....	24
3.4.2	Variabel Pengamatan Pendukung.....	26
<b>IV.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>27</b>
4.1	Hasil Penelitian .....	27
4.1.1	Kelimpahan Relatif Artropoda .....	27
4.1.2	Indeks Keragaman Shannon .....	29
4.1.3	Kemerataan Artropoda .....	30
4.1.4	Kekayaan Jenis .....	31
4.1.5	Bobot Tongkol Jagung Pertanaman.....	32
4.2	Pembahasan.....	33
<b>V</b>	<b>SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>38</b>
5.1	Simpulan.....	38
5.2	Saran .....	38
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>39</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Hasil analisis ragam indeks keragaman Shannon ( $H'$ ), indeks kemerataan (E), dan indeks kekayaan jenis(Dm) artropoda pada tanaman jagung yang diberi perlakuan <i>biochar</i> dan pupuk fosfor selama 3 kali pengamatan.....	27
2. Kelimpahan relatif artropoda pada pertanaman jagung umur 90 HST yang diberi perlakuan <i>biochar</i> dan pupuk fosfor. ....	28
3. Nilai tengah indeks keragaman shannon artropoda pada tanaman jagung berumur 90 HST yang diberi perlakuan <i>biochar</i> dan pupuk fosfor ....	30
4. Nilai tengah indeks kemerataan artropoda pengambilan sampel Sebelum tanam dan 90 HST yang diberi perlakuan <i>biochar</i> dan pupuk fosfor. ....	31
5. Nilai tengah indeks kekayaan jenis artropoda pengambilan sampel Sebelum tanam dan 90 HST yang diberi perlakuan <i>biochar</i> dan pupuk fosfor.....	32
6. Bobot tongkol tanaman jagung (g/pertanaman) yang diberi perlakuan tiga jenis <i>biochar</i> dan pupuk fosfor .....	33
7. Data keragaman pengambilan sampel sebelum tanam.....	46
8. Analisis ragam keragaman pengambilan sampel sebelum tanam .....	46
9. Data keragaman pengambilan sampel 49 HST .....	46
10. Analisis ragam keragaman pengambilan sampel 49 HST.....	47
11. Data keragaman pengambilan sampel 90 HST .....	47
12. Analisis ragam keragaman pengambilan sampel 90 HST.....	48
13. Data kemerataan pengambilan sampel sebelum tanam.....	48

14. Analisis ragam pemerataan pengambilan sampel sebelum tanam .....	48
15. Data pemerataan pengambilan sampel 49 HST .....	49
16. Analisis ragam pemerataan pengambilan sampel 49 HST.....	49
17. Data pemerataan pengambilan sampel 90 HST .....	49
18. Analisis ragam pemerataan pengambilan sampel 90 HST.....	50
19. Kelimpahan absolut artropoda pengambilan sampel sebelum tanam .	50
20. Kelimpahan relatif artropoda pengambilan sampel sebelum tanam ...	51
21. Kelimpahan absolut artropoda pengambilan sampel 49 HST .....	52
22. Kelimpahan relatif artropoda pengambilan sampel 49 HST .....	53
23. Kelimpahan absolut artropoda pengambilan sampel 90 HST .....	54
24. Kelimpahan relatif artropoda pengambilan sampel 90 HST .....	55
25. Bobot tongkol jagung pertanaman (g) .....	55
26. Data transformasi $\log(x+1)$ bobot tongkol jagung per tanaman (g).....	56
27. Analisis ragam bobot tongkol jagung pertanaman (g) .....	56
28. Data kekayaan jenis pengambilan sampel sebelum tanam .....	57
29. Analisis ragam kekayaan jenis pengambilan sampel sebelum tanam.	57
30. Data kekayaan jenis pengambilan sampel 49 HST .....	57
31. Analisis ragam kekayaan jenis pengambilan sampel 49 HST .....	58
32. Data kekayaan jenis pengambilan sampel 90 HST .....	58
33. Analisis ragam kekayaan jenis pengambilan sampel 90 HST .....	59

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Alur pikir keragaman dan kelimpahan artropoda pada pertanaman Jagung yang dipengaruhi oleh pemberian tiga jenis <i>biochar</i> dan pupuk fosfor .....	6
2. Fase pertumbuhan tanaman jagung.....	10
3. Tata letak satuan percobaan .....	16
4. Proses pembuatan <i>biochar</i> .....	17
5. Pembersihan lahan dilakukan dengan cara pembabatan .....	18
6. Petak satuan percobaan yang telah dicangkul.....	18
7. Petak satuan percobaan yang telah diaplikasi <i>biochar</i> .....	19
8. Proses penanaman jagung .....	19
9. Pupuk NPK dan Urea.....	20
10. Penyiraman tanaman jagung .....	21
11. <i>Pitfall trap</i> yang dipasang pada titik sampel.....	21
12. Proses <i>ekstraksi</i> artropoda tanah dengan <i>Berlese Tullgren extractor</i> .....	22
13. Identifikasi artropoda menggunakan mikroskop stereo yang terhubung layar monitor .....	23
14. Tongkol jagung yang sudah siap di panen .....	23

15. Kelimpahan kelompok fungsi artropoda pada tanaman jagung yang diberi perlakuan <i>biochar</i> dan pupuk fosfor. B0 (Tanpa <i>biochar</i> ), B1 ( <i>Biochar</i> sekam padi), B2 ( <i>Biochar</i> tongkol jagung), B3 ( <i>Biochar</i> batang singkong), P0 (Tanpa pupuk fosfor) dan P1 (Pupuk fosfor) fosfor. ....	29
16. Acrididae (Orthoptera).....	60
17. Argasidae (Acari).....	60
18. Cecidomyiidae (Diptera) .....	60
19. Chironomidae (Diptera).....	61
20. Curculionidae (Coleoptera).....	61
21. Delphacidae (Hemiptera) .....	61
22. Dicyrtomidae (Collembola) .....	62
23. Entomobryidae (Collembola).....	62
24. Euphthiracaridae (Oribatida).....	63
25. Formicidae (Hymenoptera).....	63
26. Gryllidae (Orthoptera) .....	63
27. Hypogastruridae (Collembola).....	64
28. Isotomidae (Collembola).....	64
29. Japygidae (Diptera) .....	64
30. Labiidae (Dermaptera) .....	65
31. Scarabaeidae (Coleoptera) .....	65
32. Carabidae (Coleoptera) .....	65
33. Stratiomyidae (Diptera).....	66
34. Drosophilae (Diptera) .....	66
35. Libellulidae (Odonata) .....	66
36. Meloidae (Hemiptera).....	67

37. Miridae (Hemiptera) .....	67
38. Muscidae (Diptera) .....	67
39. Neanuridae (Collembola) .....	68
40. Nitidulidae (Coleoptera) .....	68
41. Onychiuridae (Collembola) .....	68
42. Pachylaelapidae (Acari) .....	69
43. Paradoxosomatidae (Polydesmida) .....	69
44. Phlaeothripidae (Thysanoptera) .....	70
45. Polyxenida (Glomerida) .....	70
46. Pseudoscorpiones (Class Arachnida) .....	71
47. Salticidae (Aranea) .....	71
48. symphyla (Symphyla) .....	72
49. Spirostreptidae (Spirostreptida) .....	72
50. Tenebrionidae (Coleoptera) .....	72
51. Termitidae (Isoptera) .....	73
52. Tetranychidae (Acari) .....	73
53. Trombiculidae (Acari) .....	73
54. Trigonalidae (Hymenoptera) .....	74

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Penelitian

Tanah menjadi suatu habitat yang memiliki keragaman hayati yang cukup tinggi. Habitat tersebut didominasi oleh kehadiran artropoda. Artropoda tanah berperan penting dalam jaring-jaring makanan yaitu sebagai perombak bahan organik tanah. Artropoda berperan dalam proses penghumusan dan distribusi dari materi mineral tanah melalui proses dekomposisi tanah (Agustianawati dkk., 2016).

Artropoda tanah meliputi berbagai kelompok fungsi, ada yang menguntungkan dan ada yang merugikan. Dalam jaring-jaring makanan mikro di dalam tanah, artropoda berperan sebagai herbivora, karnivora dan dekomposer. Beberapa spesies artropoda herbivora dapat merugikan karena berperan sebagai hama tanaman, yang merusak akar tanaman. Banyak artropoda yang mengganggu pertumbuhan tanaman sehingga dapat menurunkan produksi jagung. Spesies artropoda karnivora bersifat menguntungkan dalam budidaya jagung, karena menjadi musuh alami pengendali hama. Artropoda lainnya berperan sebagai dekomposer bahan organik tanah sumber unsur hara bagi tanaman (Odum, 1998).

Kemampuan adaptasi yang baik terhadap lingkungan menyebabkan keragaman dan kelimpahan artropoda tinggi. Akan tetapi, keragaman dan kelimpahan artropoda juga dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor tersebut antara lain kemampuannya untuk menyebar, seleksi habitat, kondisi suhu udara, kelembaban udara, kelembaban tanah, cahaya, curah hujan, vegetasi, dan ketersediaan makanan (Subekti, 2012).

Pengaplikasian *biochar* dapat memperbaiki sifat-sifat tanah. Tanah yang mengandung *biochar* dapat menyediakan habitat yang baik (*vaporable*) bagi biota

tanah termasuk artropoda. Artropoda ini membantu perombakan bahan organik untuk menghasilkan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. *Biochar* tidak dikonsumsi oleh artropoda seperti bahan organik lainnya. Aplikasi *Biochar* dapat mengatasi beberapa masalah tanah dalam budidaya tanaman dan menyediakan tambahan pilihan untuk mengelola tanah. Salah satu masalah tersebut adalah tanah yang mudah kehilangan unsur hara dan kelembapan (Gani, 2009).

Selain *biochar*, kehadiran fosfor tidak kalah pentingnya dalam budidaya tanaman. Fosfor tergolong unsur hara esensial karena dibutuhkan dalam jumlah yang cukup besar oleh tanaman. Bagi tanaman, fosfor berperan penting dalam proses fotosintesis, respirasi, transfer, dan penyimpanan energi, pembelahan dan pembesaran sel serta proses-proses lain di dalam tanaman. Fosfor dibutuhkan oleh tanaman dalam proses pembentukan sel pada jaringan akar dan tunas yang sedang tumbuh serta memperkuat batang, sehingga tidak mudah rebah pada ekosistem alami (Aleel, 2008). Menurut Rinsema (1986 dalam Dahlia dan Setiono, 2020) fosfor sangat diperlukan dalam pertumbuhan generatif, terutama untuk pertumbuhan bunga dan tongkol pada tanaman jagung.

Tanaman jagung memiliki banyak manfaat. Tanaman jagung banyak dimanfaatkan sebagai bahan industri makanan, industri rumah tangga, industri farmasi, dan lain sebagainya. Selain itu, jagung juga banyak dimanfaatkan sebagai pakan ternak (Habib, 2013). Kebutuhan jagung setiap tahunnya mengalami peningkatan bersamaan dengan peningkatan jumlah penduduk dan berkembangnya industri di Indonesia. Tingginya kebutuhan tersebut belum bisa diimbangi dengan produksi tanaman jagung yang baik.

Pengaplikasian *biochar* berpengaruh dalam menyediakan habitat yang baik untuk organisme tanah, sementara itu, penambahan fosfor berperan penting bagi pertumbuhan tanaman jagung. Belum tersedia informasi mengenai bagaimana pengaruh penambahan *biochar* dan fosfor ke dalam tanah terhadap komunitas artropoda tanah. Oleh karena itu, maka penelitian mengenai hal ini masih relevan.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mempelajari pengaruh aplikasi *biochar* terhadap keragaman dan kelimpahan artropoda tanah pada pertanaman jagung.
- 2) Mempelajari pengaruh aplikasi pupuk fosfor terhadap keragaman dan kelimpahan artropoda tanah pada pertanaman jagung.
- 3) Mempelajari pengaruh interaksi *biochar* dan pupuk fosfor terhadap keragaman dan kelimpahan artropoda tanah pada pertanaman jagung.

## 1.3 Kerangka Pemikiran

Penambahan amelioran dapat meningkatkan kesuburan tanah melalui perbaikan kondisi biologi, fisik, dan kimia tanah. Kriteria amelioran yang baik yaitu memiliki kejenuhan basa yang tinggi, mampu meningkatkan derajat pH, mampu memperbaiki struktur tanah, memiliki kandungan unsur hara yang lengkap dan mampu mengusir senyawa beracun terutama asam-asam organik. Amelioran dapat berasal dari bahan organik maupun anorganik. Beberapa bahan amelioran yang sering digunakan adalah pupuk kimia, pupuk kandang, kapur dan *biochar* (Suwardjo dan Sinukaban, 1986).

Pemanfaatan *biochar* merupakan cara dalam pemanfaatan limbah pertanian, karena bahan baku *biochar* dibuat dari limbah pertanian, seperti sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong. *Biochar* dapat meningkatkan penyerapan unsur hara, mengurangi pencucian unsur hara, meningkatkan kapasitas air, mengurangi pencucian unsur hara dan degradasi tanah, meningkatkan KTK, meningkatkan biomassa dan mikroorganisme, serta membantu menetralkan pH tanah (Campos *et al.*, 2021).

*Biochar* mampu mengatasi kendala kehilangan unsur fosfor dengan meningkatkan kelarutan fosfor dalam tanah melalui sifat permukaan *biochar* yang *hidrofobik* sehingga akan menjerap molekul organik yang terikat dengan logam  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,

dan  $\text{Ca}^{2+}$ . Selain itu, pH tanah juga dapat meningkat karena *biochar* mengandung logam alkali oksida yang tinggi sehingga dapat mengurangi konsentrasi  $\text{Al}^{3+}$  dalam tanah. Selain mengatasi fiksasi fosfor, *biochar* juga dapat mengatasi kendala pencucian N karena permukaan oksida *biochar* yang efektif menjerap  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{NO}_3^-$  (Putri dkk., 2017).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Siahaan (2016) menunjukkan adanya perbedaan sifat *biochar* tergantung pada bahan yang digunakan. Pada tanah yang pHnya 6,1, setelah diaplikasikan *biochar* dengan bahan baku sekam padi pH nya naik menjadi 7,7, sedangkan jika diaplikasikan *biochar* dengan bahan baku batang singkong pH naik menjadi 8,3 dan pH naik menjadi 8,6 jika di aplikasi diaplikasikan *biochar* dengan bahan baku tongkol jagung.

Selain *biochar* amelioran lain yang digunakan adalah pupuk fosfor. Unsur P yang tidak tersedia bagi tanaman perlu diatasi karena dapat menyebabkan hasil produksi menjadi menurun. Hal tersebut dapat terjadi karena unsur fosfor berperan dalam pertumbuhan benih, pertumbuhan buah, merangsang pembungaan, dan pertumbuhan akar. Selain itu, unsur fosfor termasuk dalam komponen penyusun enzim, protein, ATP, RNA, dan DNA pada tanaman. Apabila tanaman jagung kekurangan unsur fosfor, maka akan timbul gejala berupa daun berwarna ungu kemerahan dari ujung sampai pangkal daun, serta pembentukan biji menjadi tidak sempurna karena kesuburan polen menurun (Mautuka dkk., 2022).

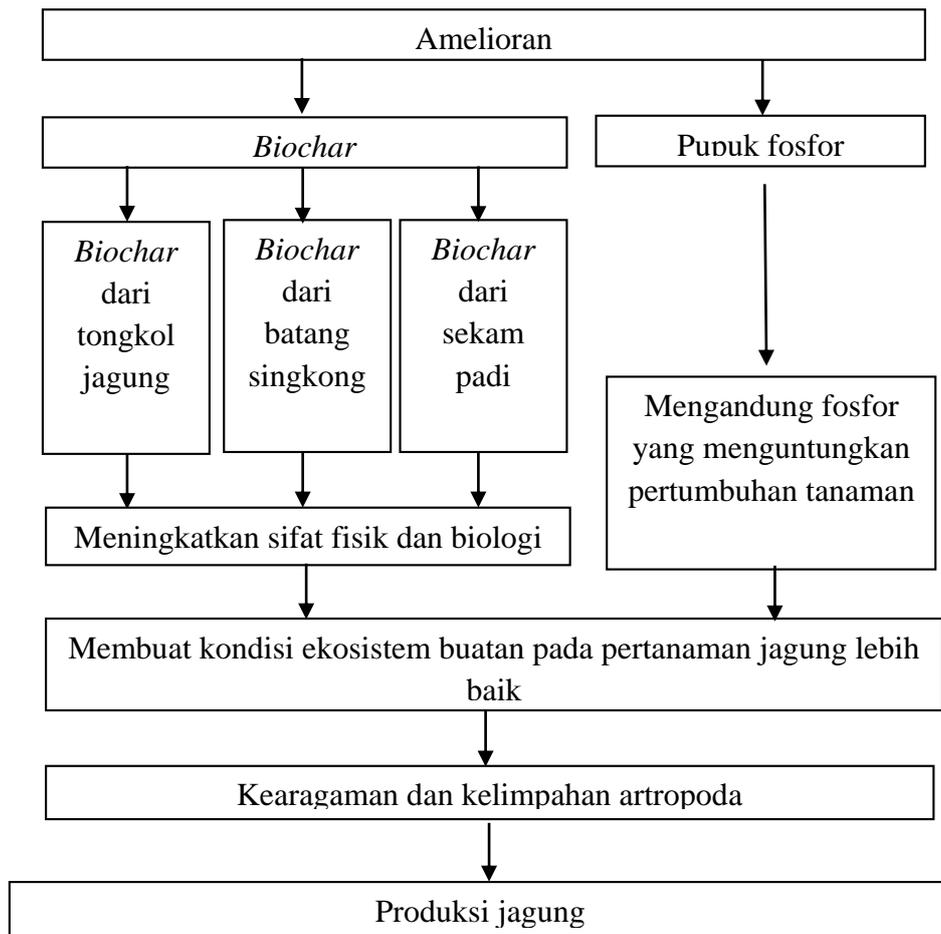
Derajat keasaman (pH) tanah merupakan faktor pembatas bagi kehidupan organisme termasuk artropoda tanah. Kematian organisme dapat terjadi apabila kondisi pH terlalu asam atau terlalu basa. Menurut Suin (2012), artropoda tanah yang dapat hidup pada tanah dengan kondisi pH yang asam dan basa, yaitu Collembola. Collembola yang hidup di tanah dengan pH asam disebut Collembola golongan asidofil. Collembola yang hidup di tanah dengan pH basa disebut Collembola kalsinofil. Collembola yang hidup di tanah dengan pH asam dan basa disebut Collembola golongan *indifferent*.

Keragaman artropoda tanah pada pertanaman bisa menurun ataupun meningkat, hal tersebut dipengaruhi oleh kondisi lingkungan pertanaman dan kehidupan mikroorganisme di dalam tanah. Kehadiran suatu jenis artropoda tanah dalam suatu habitat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan antara lain kemampuan untuk menyebar, seleksi habitat, kondisi suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah, cahaya, curah hujan, vegetasi, dan ketersediaan makanan (tanaman inang/mangsa) (Subekti, 2012).

Pengaplikasian pupuk fosfor pada penelitian ini sangat baik untuk tanaman. Pupuk fosfor pada tanaman jagung dapat meningkatkan laju pertumbuhan jaringan tanaman pada titik tumbuh, membantu dalam proses pembentukan bunga dan pematangan biji. Pengaruh lain pemberian fosfor yakni dapat membuat jagung menjadi tahan terhadap serangan hama penyakit karena unsur fosfor dapat menyusun dan menstabilkan dinding sel. Pengaplikasian *biochar* dapat memperbaiki ekosistem pada pertanaman jagung sehingga artropoda menjadi berlimpah dan beragam.

Pada ekosistem yang keragaman biotanya tinggi umumnya terdapat rantai makanan yang lebih panjang dan kompleks, sehingga lebih banyak terjadi interaksi artropoda herbivora, karnivora dan dekomposer. Dalam agroekosistem jagung, secara alami terjadi interaksi antara semua komponen biotik di dalamnya sehingga membentuk jaring-jaring makanan, yang setiap kelompoknya saling memerlukan untuk kelangsungan hidupnya. Herbivora dianggap hama karena populasinya tinggi dan memakan tanaman yang dibudidayakan. Ketika berperan sebagai hama, kehadiran artropoda herbivora merugikan secara finansial. Karnivora seperti parasitoid dan predator sebagai faktor pengatur populasi herbivora di ekosistem merupakan faktor biotik yang mempunyai peran paling besar sebagai musuh alami. Artropoda dekomposer berperan penting dalam ekosistem dengan berperan sebagai pengurai bahan organik di alam. (Ivackdalam, 2011).

Bagan alur pikir keragaman dan kelimpahan artropoda pada pertanaman jagung akibat pemberian tiga jenis *biochar* dan pupuk P disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur pikir keragaman dan kelimpahan artropoda pada pertanaman jagung yang dipengaruhi oleh pemberian tiga jenis *biochar* dan pupuk fosfor

#### 1.4 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran diajukan hipotesis sebagai berikut:

1. Aplikasi *biochar* mempengaruhi keragaman dan kelimpahan artropoda tanah pada pertanaman jagung.
2. Pemberian pupuk fosfor mempengaruhi keragaman dan kelimpahan artropoda tanah pada pertanaman jagung.
3. Interaksi aplikasi *biochar* dengan pupuk fosfor mempengaruhi keragaman dan kelimpahan artropoda tanah pada pertanaman jagung.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Klasifikasi Tanaman Jagung

Jagung merupakan salah satu tanaman pangan yang menempati posisi penting untuk mendukung perekonomian nasional dan provinsi Lampung. Tanaman jagung, selain sebagai sumber karbohidrat juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri pangan, pakan ternak unggas dan ternak ikan. Oleh karena itu, terjadi peningkatan kebutuhan terhadap jagung seiring pertumbuhan penduduk dan peningkatan konsumsi (Revavindo dan Herawaty, 2016).

Menurut *United States Department of Agriculture* (USDA, 2020), klasifikasi tanaman jagung sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Subdivisi	: Spermatophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Cyperales
Famili	: Poaceae (Ginae)
Genus	: <i>Zea</i>
Spesies	: <i>Zea mays</i> L.

Jagung dengan nama latin *Zea mays* termasuk ke dalam tanaman biji-bijian yang memiliki bunga jantan dan betina terpisah. Jagung termasuk dalam kelompok tanaman yang sangat adaptif terhadap perubahan iklim dan memiliki masa hidup 70-210 hari dan dapat tumbuh hingga ketinggian 3 m. Di daerah Asia Tenggara, fase kekeringan terjadi pada April-Mei dan menjadi faktor pembatas pada pertumbuhan tanaman jagung. Hasil panen jagung dapat melimpah saat curah

hujan 300 mm/bulan, apabila curah hujan kurang dari 300 mm maka pertumbuhan tanaman jagung kurang optimum (Belfield and Brown, 2008).

## **2.2 Morfologi Tanaman Jagung**

### **2.2.1 Akar**

Jagung memiliki jenis perakaran serabut yang terdiri dari tiga tipe akar, yaitu akar seminal, akar adventif, dan akar udara. Akar seminal adalah akar yang berkembang dari radikula dan embrio. Akar adventif disebut juga akar tunggang, akar ini tumbuh dari buku paling bawah. Akar udara adalah akar yang keluar dari dua atau lebih buku di atas permukaan tanah (Purwono dan Hartono, 2005).

### **2.2.2 Batang**

Batang jagung memiliki bentuk bulat silindris. Batang yang masih muda berwarna hijau dan memiliki rasa manis, karena banyak mengandung zat gula. Batang jagung beruas-ruas dan pada bagian pangkal beruas sangat pendek dengan jumlah sekitar 8-20 ruas. Rata-rata tinggi tanaman jagung antara 1-3 m (Koswara, 2009).

### **2.2.3 Daun**

Tanaman jagung memiliki jumlah daun sama dengan jumlah buku batang. Jumlah daun umumnya berkisar antara 10-18 helai. Rata-rata munculnya daun yang terbuka sempurna adalah 3-4 hari setiap daun. Setiap daun terdiri atas helaian daun, ligula, dan pelepah daun yang erat melekat pada batang. Bentuk ujung daun jagung berbeda, yaitu runcing, runcing agak bulat, bulat, bulat agak tumpul, dan tumpul. Berdasarkan letak posisi daun (sudut daun) terdapat dua tipe daun jagung, yaitu tegak (*erect*) dan menggantung (*pendant*) (Subeki, 2012).

### **2.2.4 Bunga**

Bunga tanaman jagung termasuk kedalam kelompok bunga berumah satu. Bunga betina, tongkol, muncul dari *axillary apices* tajuk. Bunga jantan (*tassel*) berkembang dari titik tumbuh apikal di ujung tanaman. Pada tahap awal, kedua bunga memiliki primordia bunga biseksual. Selama proses perkembangan,

*primordia stamen* pada *axillary* bunga tidak berkembang dan menjadi bunga betina (Palliwal, 2000).

### **2.2.5 Tongkol**

Tanaman jagung biasanya dapat muncul hingga dua tongkol, tergantung varietas. Tongkol jagung diselimuti oleh kelobot. Jika tanaman jagung terdapat dua tongkol maka yang terletak pada bagian atas umumnya lebih dahulu terbentuk dan lebih besar dibanding yang terletak pada bagian bawah. Setiap tongkol memiliki jumlah yang selalu genap yang terdiri atas 10-16 baris (Subeki, 2012).

## **2.3 Fase Pertumbuhan Tanaman Jagung**

Pertumbuhan jagung dikelompokkan menjadi 2 fase yaitu fase vegetatif dan fase generatif. Fase pertumbuhan vegetatif, yaitu fase mulai munculnya daun pertama yang terbuka sempurna sampai *tasseling* dan sebelum keluarnya rambut dari tongkol (*silking*), fase ini diidentifikasi dengan jumlah daun yang terbentuk. Fase generatif, yaitu fase pertumbuhan setelah *silking* sampai masak fisiologis.

### **2.3.1 Fase Perkecambahan**

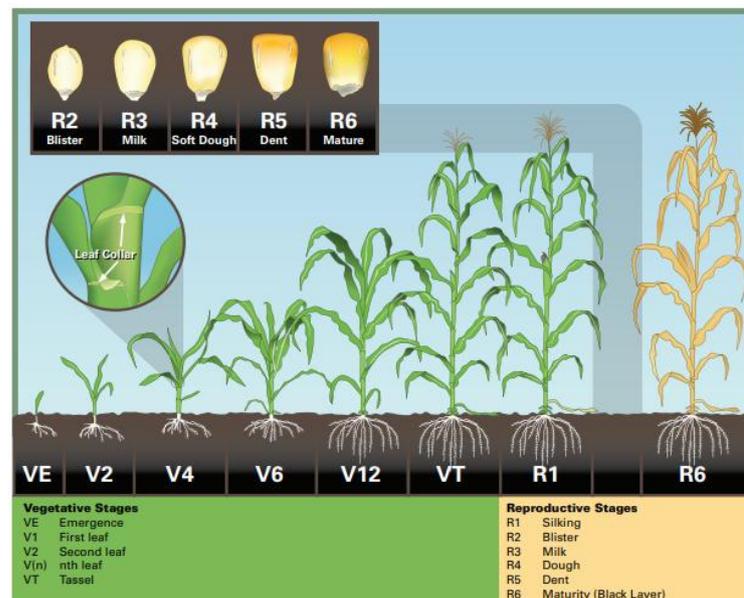
Perkecambahan jagung terjadi apabila radikula muncul dari kulit biji. Benih jagung akan berkecambah jika kadar air tanah mencapai >30%. tahap awal perkecambahan yakni ketika benih menyerap air (*imbibisi*). Melalui proses *imbibisi* dan benih membengkak yang diikuti oleh kenaikan aktivitas enzim dan respirasi yang tinggi (Subeki, 2010).

Perubahan awal meliputi proses katabolisme pati, lemak, dan protein yang tersimpan dihidrolisis menjadi zat-zat yang mobil, gula, asam-asam lemak, dan asam amino yang dapat diangkut ke bagian embrio yang tumbuh aktif. Pada proses perkecambahan, koleoriza memanjang menembus *pericarp*, kemudian radikel menembus koleoriza. Setelah radikel muncul, kemudian empat akar seminal lateral juga muncul. Ketika ujung koleoptil muncul ke luar permukaan

tanah, pemanjangan mesokotil terhenti dan plumul muncul dari koleoptil dan menembus permukaan tanah (Subeki, 2010).

### 2.3.2 Fase Vegetatif dan Generatif

Setelah perkecambahan, pertumbuhan jagung melewati beberapa fase vegetatif dan fase generatif. Fase vegetatif meliputi VE-VT dan fase generatif meliputi R1-R6 (Gambar 2).



Gambar 2. Fase pertumbuhan tanaman jagung (Nleya *et al.*, 2016)

#### 1) Fase V3-V5 (jumlah daun yang terbuka sempurna 3-5)

Menurut McWilliams *et al.* (1999, dalam Subeki 2010) fase ini berlangsung pada tanaman berumur 10-18 hari setelah berkecambah. Pada fase V3-V5 suhu tanah sangat berpengaruh terhadap titik tumbuh. Suhu rendah akan memperlambat keluar daun, meningkatkan jumlah daun, dan menunda terbentuknya bunga jantan. Fase ini akar seminal sudah mulai berhenti tumbuh, tetapi akar nodul sudah mulai aktif.

## 2) V6-V10 (jumlah daun terbuka sempurna 6-10)

Fase ini berlangsung pada tanaman berumur 18 -35 hari setelah berkecambah. Pada fase ini tanaman mulai menyerap hara dalam jumlah yang lebih banyak, karena itu pemupukan pada fase ini diperlukan untuk mencukupi kebutuhan hara bagi tanaman (Subeki, 2010). Fase ini titik tumbuh sudah berada di atas permukaan tanah, perkembangan akar di tanah sangat cepat, dan pemanjangan batang meningkat dengan cepat. Pada fase ini bakal bunga jantan (*tassel*) dan perkembangan tongkol dimulai (Lee, 2007).

## 3) Fase V11- Vn (jumlah daun terbuka sempurna 11 sampai daun terakhir 15-18)

Fase ini berlangsung pada tanaman berumur 33-50 hari setelah berkecambah. Pada V11-Vn tanaman tumbuh dengan cepat dan akumulasi bahan kering meningkat dengan cepat pula. Kebutuhan hara dan air relatif sangat tinggi untuk mendukung laju pertumbuhan tanaman. Tanaman sangat sensitif terhadap kekurangan air dan hara. Pada fase ini, kekeringan dan kekurangan hara sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tongkol yang akibatnya menurunkan hasil (Lee, 2007).

## 4) Fase Tasseling/VT (berbunga jantan)

Fase ini berlangsung pada tanaman berumur 45-52 hari, ditandai adanya cabang terakhir dari bunga jantan sebelum kemunculan bunga betina (*silking*). Tahap VT dimulai 2-3 hari sebelum rambut tongkol muncul. Pada periode ini tinggi tanaman hampir mencapai tinggi maksimum serta mulai menyebarkan serbuk sari (*pollen*). (Subeki, 2010).

## 5) Fase R1 (*silking*)

Fase ini berlangsung pada tanaman mulai 2-3 hari setelah *tasseling*, diawali oleh munculnya rambut dari dalam tongkol yang terbungkus kelobot. Pada fase ini terjadi penyerbukan (*polinasi*) ketika serbuk sari yang dilepas oleh bunga jantan jatuh menyentuh permukaan rambut tongkol. Rambut tongkol yang siap diserbuki selama 2-3 hari setelah keluar dari dalam tongkol. Rambut tongkol tumbuh

memanjang 2,5-3,8 cm/hari dan akan terus memanjang hingga diserbuki. Proses penyerbukan membutuhkan waktu sekitar 24 jam untuk serbuk sari mencapai sel telur (*ovule*). Bakal biji dari pembuahan akan tumbuh dalam suatu struktur tongkol dengan dilindungi oleh tiga bagian penting biji (*glume*, *lemma*, dan *palea*). Bakal biji memiliki warna putih pada bagian luar biji, sedangkan pada bagian dalam biji berwarna bening dan mengandung sangat sedikit cairan (Lee 2007).

#### **6) Fase R2 (blister)**

Fase ini berlangsung pada tanaman 10-14 hari setelah fase R1. Pada fase R2 rambut tongkol sudah kering dan berwarna gelap. Ukuran tongkol, kelobot, dan janggol hampir sempurna. Sedangkan pada biji, sudah mulai nampak dan berwarna putih melepuh, pati mulai diakumulasi ke endosperm, kadar air biji sekitar 85%, dan akan menurun terus sampai panen (Subeki, 2010).

#### **7) Fase R3 (masak susu)**

Fase ini berlangsung pada tanaman 18 -22 hari setelah fase R1. Pada fase R3 pengisian biji semula dalam bentuk cairan bening, berubah seperti susu. Warna biji sudah mulai berwarna kuning dan bagian sel pada endosperm sudah terbentuk lengkap. Kekeringan pada fase R3 dapat menurunkan ukuran dan jumlah biji yang terbentuk (Subeki, 2010).

#### **8) Fase R4 (dough)**

Fase ini berlangsung pada tanaman 24-28 hari setelah fase R1. Biji jagung mulai mengering dan bagian dalam masih lunak (belum mengeras sepenuhnya). Pada Fase ini kadar air biji menurun menjadi sekitar 70%. Kekeringan pada fase ini akan berpengaruh terhadap bobot biji (Subeki, 2010).

#### **9) Fase R5 (pengerasan biji)**

Fase ini berlangsung pada tanaman 35-42 hari setelah fase R1. Ditandai dengan biji jagung sudah terbentuk sempurna dan embrio sudah masak. Kadar air biji menurun menjadi 55% (Subeki, 2010).

## 10) Fase R6 (masak fisiologis)

Fase ini berlangsung pada tanaman 55-65 hari setelah fase R1. Pada fase R6 semua biji pada tongkol telah mencapai bobot kering maksimum. Lapisan pati sudah mengeras, biji telah berkembang dengan sempurna dan terbentuk lapisan absisi berwarna coklat atau kehitaman. Pembentukan lapisan hitam (*black layer*) berlangsung secara bertahap, dimulai dari biji pada bagian pangkal tongkol menuju ke bagian ujung tongkol. Pada tahap ini kadar air biji berkisar 30-35% (Subeki, 2010).

## 2.4 Biochar

*Biochar* adalah arang hitam yang dapat dijadikan sebagai pembenah tanah. Banyak penelitian yang sudah dilakukan terkait peran, fungsi, keunggulan dalam mengaplikasikan *biochar* sebagai bahan pembenah tanah (Tambunan dkk., 2014). *Biochar* terbentuk melalui proses pembakaran bahan organik tanpa atau dengan sedikit oksigen (*pyrolysis*) dengan temperatur 250-500 °C. Kualitas *biochar* ditentukan oleh jenis bahan baku (kayu lunak, kayu keras, sekam padi dll.) dan metode karbonisasi. Dalam menilai kualitas *biochar* yang akan digunakan untuk pembenah tanah dapat dilihat dalam 7 kriteria yaitu: pH, kandungan bahan mudah menguap, kadar abu, kapasitas memegang air, BD (*bulk density*), volume pori, dan luas permukaan spesifik (Nurida dkk., 2015).

Bahan baku *biochar* harus diperhatikan karena merupakan faktor penting dalam menentukan dampak terhadap tanah. Limbah pertanian sebagai bahan baku pembuatan *biochar* terbagi menjadi dua jenis yaitu limbah pertanian yang mudah terurai (jerami, batang jagung dan sisa tanaman) dan limbah pertanian yang persisten (sekam padi, tempurung kakao, kayu, batok kelapa, cangkang kelapa sawit dan jagung rebus). Faktor penentu lainnya adalah kandungan C organik yang berpengaruh terhadap peningkatan kualitas tanah sehingga keberadaannya tidak mencemari tetapi malah memberikan keuntungan dan dibutuhkan untuk memperbaiki kesuburan tanah (Shenbagavalli and Mahimairaja, 2012).

## 2.5 Komunitas Artropoda

Artropoda berasal dari kata *arthros* dan *podos*, *arthros* yang memiliki arti sendi atau ruas sedangkan *podos* memiliki tungkai. Artropoda merupakan hewan yang memiliki tungkai beruas-ruas. Artropoda merupakan filum terbesar dalam kingdom Animalia. Filum Artropoda merupakan hewan yang tidak memiliki tulang belakang, ruas-ruas tidak hanya pada tungkai, tetapi juga pada seluruh tubuhnya (Campbell and Reece, 2008).

Filum Artropoda meliputi banyak kelas, salah satunya adalah Insekta atau serangga. Serangga keragamannya tinggi dan melimpah di muka bumi ini dan dapat hidup pada banyak habitat. Di dalam agroekosistem serangga hidup di tajuk tanaman dan di dalam tanah. Dalam agroekosistem serangga meliputi kelompok fungsi herbivora, karnivora, polinator dan detritivore. Suatu spesies serangga herbivora yang kelimpahannya tinggi akan menjadi hama yang merusak tanaman dan merugikan usaha tani.

Keragaman jenis adalah suatu karakteristik komunitas yang menunjukkan banyaknya spesies. Keragaman dapat digunakan untuk menetapkan struktur komunitas. Suatu komunitas dikatakan mempunyai keragaman jenis tinggi, jika komunitas terdiri dari banyak spesies dengan kelimpahan yang sama. Sebaliknya, jika komunitas terdiri dari sedikit spesies dan terdapat suatu spesies yang dominan, maka keragamannya rendah. Keragaman jenis yang tinggi menunjukkan bahwa suatu komunitas memiliki kompleksitas tinggi. Jadi, dalam suatu komunitas yang mempunyai keragaman jenis yang tinggi akan terjadi interaksi spesies yang melibatkan transfer energi (jaring makanan), predasi, kompetisi, dan pembagian relung yang secara teoritis lebih kompleks (Soegianto, 1994). Kelimpahan menunjukkan banyaknya individu dalam suatu komunitas.

### III. BAHAN DAN METODE

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Kegiatan di laboratorium lapang ini meliputi pembuatan *biochar* dan penanaman jagung. Penelitian berlangsung bulan Januari sampai November 2022. Proses identifikasi artropoda dilakukan di Laboratorium Ilmu Hama Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

#### 3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah benih jagung (merek dagang Betras 9), *biochar* sekam padi, *biochar* tongkol jagung, *biochar* batang singkong, pupuk fosfor (P), alkohol 70% dan *ethylene glycol*. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan, meteran, gelas plastik, botol koleksi artropoda, tisu, kertas label, *mikroskop stereo binokuler*, alat *Berlese extractor* yang terdiri corong, lampu, ring tanah, dan botol spesimen.

#### 3.3 Metode Penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Percobaan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial dengan dua faktor perlakuan. Faktor pertama berupa pemberian 3 jenis *biochar* (B), yang terdiri atas :

- B0 : tanpa *biochar*
- B1 : *biochar* sekam padi
- B2 : *biochar* tongkol jagung
- B3 : *biochar* batang singkong

Faktor kedua yaitu perlakuan pupuk fosfor (P), yang terdiri dari :

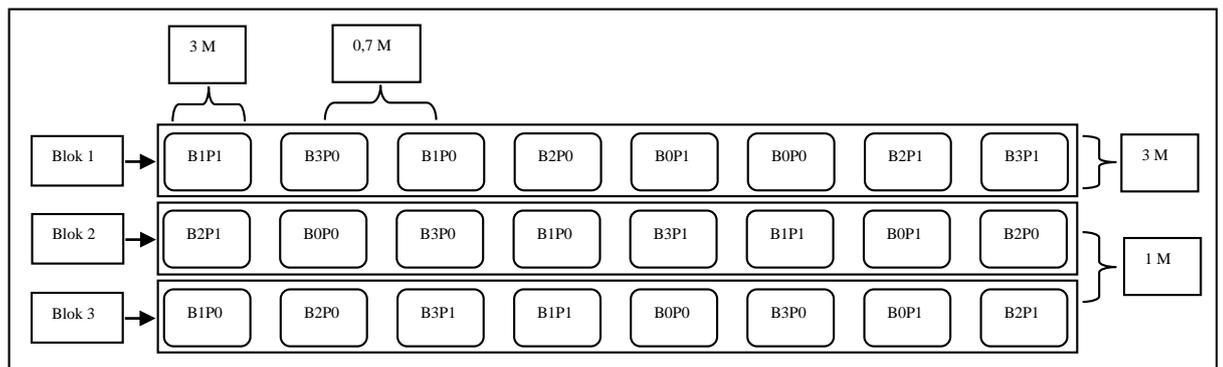
P0 : tanpa pupuk fosfor

P1 : pemberian pupuk fosfor

Berdasarkan kedua faktor perlakuan, maka diperoleh delapan kombinasi perlakuan yaitu sebagai berikut :

1. B0P0 = *Biochar* 0 ton/ha + tanpa pupuk fosfor
2. B1P0 = *Biochar* sekam padi 10 ton/ha + tanpa pupuk fosfor
3. B2P0 = *Biochar* tongkol jagung 10 ton/ha + tanpa pupuk fosfor
4. B3P0 = *Biochar* batang singkong 10 ton/ha + tanpa pupuk fosfor
5. B0P1 = *Biochar* 0 ton/ha + pupuk fosfor
6. B1P1 = *Biochar* sekam padi 10 ton/ha + pupuk fosfor
7. B2P1 = *Biochar* tongkol jagung 10 ton/ha + pupuk fosfor
8. B3P1 = *Biochar* batang singkong 10 ton/ha + pupuk fosfor

Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali dan total satuan percobaan 4 x 2 x 3 sehingga diperoleh 24 satuan percobaan (Gambar 3).



Gambar 3. Tata letak satuan percobaan

Data yang diperoleh selanjutnya diuji menggunakan Uji Bartlett dan Uji Tukey. Apabila dari kedua uji tersebut terpenuhi maka dilanjutkan analisis ragam. Jika memenuhi syarat maka data yang diperoleh diolah dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%.

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Pembuatan *biochar*

Pembuatan *biochar* dilakukan di Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pembuatan berbagai macam *biochar* menggunakan limbah pertanian yaitu sekam padi, tongkol jagung dan batang singkong yang tidak jarang dimanfaatkan. Pembuatan *biochar* dilakukan menggunakan cara tradisional, dimana bahan baku disusun menggunung dan diberi corong (kawat kasa dengan lubang berukuran 1 cm x 1 cm) di tengah-tengah gundukan. Untuk bahan baku batang singkong dan tongkol jagung melalui tahap penggilingan untuk mempermudah proses pembuatan *biochar*. Setelah pembuatan *biochar* selesai, *biochar* ditumbuk dan diayak terlebih dahulu, sebelum diaplikasikan ke dalam tanah agar *biochar* berikatan dengan tanah. Proses pembuatan *biochar* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses pembuatan *biochar*

#### 3.4.2 Persiapan Lahan

Percobaan ini menggunakan lahan seluas 11 m x 30 m. Pembersihan lahan dilakukan dengan cara pembabatan (Gambar 5). Setelah itu, dilakukan pembakaran pada serasah gulma yang sudah dipotong sambil tetap dijaga agar api tidak merambat ke tempat lain. Pembakaran tersebut dilakukan agar gulma yang tidak terpotong oleh pemotong rumput ikut terbakar dan mati.



Gambar 5. Lahan yang dibersihkan dengan cara pembabatan

### 3.4.3 Pembuatan Petak Percobaan

Pembuatan petak percobaan meliputi pengukuran plot dan pengolahan lahan. Petak satuan percobaan dibuat dengan ukuran luas 3 m x 3 m. Terdapat sebanyak 24 satuan percobaan. Satuan percobaan dikelompokkan ke dalam 3 blok dengan jarak 0,7 meter antar blok dan antar petak satuan percobaan. Setelah petak satuan percobaan ditentukan selanjutnya diolah dengan menggunakan cangkul agar tanah menjadi gembur. Petak satuan percobaan yang telah diolah dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Petak satuan percobaan yang telah dicangkul

### 3.4.4 Aplikasi *Biochar*

Pengaplikasian *biochar* dilakukan sebagai perlakuan pada saat sebelum tanam. Takaran yang dibutuhkan yaitu 20 ton/ha untuk *biochar*. Aplikasi *biochar* dilakukan dengan cara di larik 7 hari sebelum waktu tanam (Gambar 7). Larikan

ditutup dan diaduk menggunakan cangkul agar *biochar* bisa tercampur dan masuk ke dalam tanah.



Gambar 7. Petak satuan percobaan yang telah diaplikasi *biochar*

#### 3.4.5 Penanaman

Penanaman jagung dilakukan setelah aplikasi *biochar* dengan jarak tanam 75 cm x 25 cm. Lobang tanam dibuat dengan cara ditugal dengan kedalaman 2-3 cm. Tiap lubang tanam diberi benih jagung yaitu 2 benih (Gambar 8).



Gambar 8. Proses penanaman benih jagung

#### 3.4.6 Pemupukan

Pemupukan yang akan dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari 2 macam, yang pertama yaitu pemupukan fosfor sebagai perlakuan dan yang kedua yaitu nitrogen

dan kalium sebagai pupuk dasar. Pemupukan fosfor akan menggunakan pupuk TSP dengan dosis  $222,2 \text{ kg ha}^{-1}$ . Pemupukan nitrogen akan menggunakan pupuk Urea dengan dosis  $435 \text{ kg ha}^{-1}$  dan pemupukan kalium akan menggunakan pupuk KCl dengan dosis  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ . Pemupukan kalium dan fosfor diaplikasikan saat tanaman berumur 14 hari setelah tanam. Sedangkan, pemupukan nitrogen diaplikasikan dua kali saat tanaman berumur 14 hari setelah tanam dan saat tanaman jagung berumur 40 hari setelah tanam.



Gambar 9. Pupuk NPK dan Urea

### 3.4.7 Perawatan

Perawatan jagung meliputi beberapa kegiatan yaitu penyiraman, penyiangan, penyulaman, dan pembumbunan. Penyiraman yang dilakukan pada pagi dan sore hari (Gambar 10). Penyiangan gulma yang dilakukan setiap ada gulma yang muncul. Penyulaman yang dilakukan apabila ada bibit jagung yang tidak tumbuh atau mengalami kerusakan. Pembumbunan adalah penutupan akar tanaman yang timbul di atas permukaan tanah dengan cara menimbun. Pembumbunan berfungsi untuk memperkokoh tanaman jagung.



Gambar 10. Penyiraman tanaman jagung

### 3.4.8 *Pitfall Trap*

Pengambilan sampel artropoda yang aktif di permukaan tanah lantai pertanaman jagung dilakukan dengan menggunakan metode *pitfall trap* yang dipasang selama 24 jam. *Pitfall trap* dibuat dari gelas plastik dengan tinggi 10 cm dan diameter 7,5 cm yang berisi cairan detergen 1% sekitar 1/3 tinggi gelas. *Pitfall trap* selanjutnya diletakkan pada lubang dan diupayakan agar mulut gelas berposisi rata dengan permukaan tanah, kemudian diberi atap dari plastic mika (Gambar 11). *Pitfall trap* ditempatkan di tengah petak pertanaman jagung yang menjadi titik sampel. Artropoda yang tertangkap dalam gelas plastik kemudian dikumpulkan kemudian dicuci untuk menghilangkan larutan detergen. Artropoda kemudian dihitung dan diidentifikasi di laboratorium.



Gambar 11. *Pitfall trap* yang dipasang pada titik sampel

### 3.4.9 *Berlese Tullgren* (Corong Berlese)

*Berlese tullgren extractor* adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengekstraksi organisme dari dalam tanah. *Berlese tullgren extractor* bekerja dengan menciptakan gradien suhu pada sampel dengan memanaskan dan mengeringkan tanah dari bagian atas menggunakan lampu pijar (25 W). Sampel tanah diambil menggunakan *soil corer* diameter 6 cm tinggi 10 cm terbuat dari paralon yang diberi plastik waring. *Soil corer* ini diletakkan pada corong yang di bawahnya dipasang botol plastik penampung artropoda berisi larutan *ethylene glycol*. Bola lampu pijar berposisi sekitar 20 cm di atas setiap *soil corer* selama 1 minggu. Pemanasan ini akan memaksa artropoda turun terekstraksi dari tanah dan masuk ke dalam botol yang berisi larutan *ethylene glycol*. Artropoda tanah akan menjauh dari suhu yang lebih tinggi dan jatuh ke dalam bagian bawah *berlese* yaitu botol penampung yang merupakan pemisahan artropoda dengan tanah, (Bano and Roy, 2016). *Berlese Tullgren extractor* yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 12. Artropoda yang tertangkap kemudian diproses di laboratorium.

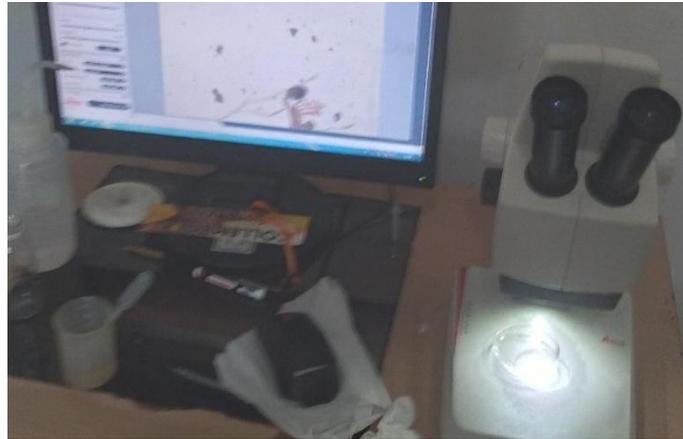


Gambar 12. Proses ekstraksi artropoda tanah dengan *Berlese Tullgren extractor*

### 3.4.10 Identifikasi Artropoda

Mikroskop stereo binokuler dan kamera digunakan dalam identifikasi artropoda yang berada dalam botol sampel. Identifikasi artropoda berdasarkan ciri morfologi dilakukan sampai pada tingkat takson famili dengan bantuan buku kunci determinasi artropoda (Siwi, 1991). Jumlah individu setiap famili yang ditemukan

dihitung. Selain identifikasi menurut taksonimi, artropoda juga diidentifikasi kelompok fungsinya yang meliputi, herbivora, karnivora, dan dekomposer.



Gambar 13. Identifikasi artropoda menggunakan mikroskop stereo yang terhubung layar monitor

#### **3.4.11 Panen**

Pemanenan jagung dilakukan saat jagung sudah mengering. Ciri lainnya yaitu, tongkol sudah mengeras dan berbiji kering. Jagung biasanya dapat dipanen setelah 80-110 hari setelah tanam tergantung varietas yang digunakan. Tongkol jagung yang siap dipanen dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Tongkol jagung yang sudah siap dipanen

### 3.5 Variabel Pengamatan

#### 3.5.1 Variabel Utama

Variabel utama dalam penelitian ini meliputi indeks keragaman Shannon, kelimpahan, indeks pemerataan, indeks kekayaan jenis, dan kelimpahan relatif artropoda.

#### A. Keragaman Artropoda

Karakteristik komunitas berdasarkan kelimpahan spesies yang dapat digunakan untuk menetapkan struktur komunitas disebut keragaman. Keragaman meliputi jumlah famili, indeks keragaman Shannon, dan indeks pemerataan. Indeks keragaman Shannon dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

- a. Rumus yang digunakan untuk menghitung indeks keragaman Shannon Wiener ( $H'$ ) adalah (Magurran, 2004):

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \dots\dots\dots (1)$$

$$p_i = n_i/N \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

$H'$  = Indeks keragaman Shannon-Wiener

$p_i$  = Proporsi individu yang ditemukan pada famili ke- $i$

$n_i$  = Jumlah individu pada famili ke- $i$

$N$  = Jumlah total individu

$\ln$  = Logaritma natural

Menurut Krebs (1978 dalam Fitriana, 2006), indeks keragaman ( $H'$ ) komunitas artropoda dapat dikategorikan menjadi rendah, sedang, dan tinggi.

Kategori tersebut dapat dilihat dibawah ini.

$H' < 1$  = Keragaman rendah

$1 < H' < 3,22$  = Keragaman sedang

$H' > 3,22$  = Keragaman tinggi

- b. Rumus yang digunakan untuk menghitung indeks kemerataan adalah (Magurran, 2004):

$$E = H' / H' \text{ max} \dots\dots\dots(1)$$

$$H' \text{ max} = 1 \ln S \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

E = Indeks kemerataan (0-1)

H' = Indeks keragaman Shannon-Wiener

S = jumlah jenis

Kemerataan jenis memiliki nilai E berkisar 0 -1. Apabila nilai E = 1 berarti pada habitat tersebut tidak ada jenis yang mendominasi, dan sebaiknya apabila nilai E mendekati 0 terdapat jenis yang mendominasi.

Kriteria komunitas dalam suatu lingkungan berdasarkan indeks kemerataan:

0,00 < E < 0,50 = Komunitas tertekan

0,50 < E < 0,75 = Komunitas labil

0,75 < E < 1,00 = Komunitas stabil

## B. Kekayaan Jenis (Dmg)

Indeks kekayaan jenis (*Species Richness* = Dmg) menunjukkan kekayaan jenis atau famili dalam setiap komunitas yang dijumpai. Rumus yang digunakan untuk menghitung indeks kekayaan jenis adalah sebagai berikut.

$$Dmg = (S-1) / 1 \ln N$$

Keterangan:

Dmg = indeks kekayaan jenis margalef

S = Jumlah famili

N = total individu dalam sampel

Menurut Jorgensen *et al.* (2005 dalam Ardiyanti, 2019), kriteria komunitas berdasarkan indeks kekayaan jenis adalah sebagai berikut

Dmg < 2,5 : Buruk

Dmg 2,5-4,0 : Moderat

Dmg > 4,0 : Baik

### **C. Kelimpahan Relatif**

Kelimpahan relatif dihitung dari proporsi (persentase) populasi setiap jenis atau famili (Suin, 1997) sebagai berikut.

$$P_i = (n_i/N) \times 100\%$$

Keterangan:

$P_i$  = kepadatan populasi relatif jenis ke-i

$n_i$  = kelimpahan jenis ke-1

$N$  = Jumlah total seluruh individu

### **3.5.2 Variabel Pendukung**

#### **A. Produksi Buah**

Pengamatan produksi buah dilakukan setelah pemanenan dilakukan pada saat jagung sudah mengering. Data produksi buah diperoleh dari bobot buah pertanaman setiap satuan percobaan. Bobot buah setiap petak didapat dari 3 sampel tanaman jagung.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Simpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Perlakuan *biochar* mempengaruhi kekayaan jenis dan kelimpahan relatif Artropoda tanah pada pertanaman jagung.
2. Perlakuan aplikasi pupuk fosfor mempengaruhi kekayaan jenis dan kelimpahan relatif Artropoda tanah pada pertanaman jagung.
3. Ketika tanaman jagung berumur 90 HST, indeks keragaman kemerataan, kekayaan jenis dan kelimpahan relatif artropoda tinggi pada tanaman jagung dengan perlakuan *biochar* sekam padi.

### 5.2. Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat membuat variasi dosis pupuk tiga jenis *biochar* dan pupuk agar hasil dapat maksimal. Selain itu, sebaiknya peneliti selanjutnya dapat melakukan pengamatan lebih spesifik ke hama yang menyerang tanaman budidaya sehingga dapat menjadi acuan bagi petani jagung.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agus, Y.H. 2007. Keanekaragaman Collembola, Semut dan Laba-Laba Permukaan Tanah pada Empat Tipe Penggunaan Lahan. *Disertasi*. IPB. Bogor.
- Agustianawati, T. M., Hibban dan Wahid. A. 2016. Keragaman artropoda permukaan tanah pada tanaman cabai (*Capsicum annum* L) dengan sistem pertanaman yang berbeda di Kabupaten Sigi. *J. Agrotekbis*. 4(1): 8-15.
- Aleel, K.G. 2008. Phosphate Accumulation in Plant: Signaling. *Plant Physiol*. 148: 3-5.
- Ardiyanti, S. 2019. Keragaman Artropoda Tanah pada dua Tipe Pengelolaan Lahan Kopi (*coffea* sp) di Kecamatan Gedung Surian Kabupaten Lampung Barat, *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Bano, R. and Roy, S. 2016. Extraction of soil microarthropoda: A low cost berlese tullgren funnels extractor. *Journal of Fauna and Biological Studies*. 3(2): 14-17.
- Belfield, S. and Brown, C. 2008. *Field Crop Manual: Maize (A Guide to Upland Production in Cambodia)*. Canberra.
- Campbell, N. A. and Reece, J. B. 2008. *Biologi, Edisi Kedelapan Jilid 3. Terjemahan: Damaring Tyas Wulandari*. Erlangga. Jakarta.
- Campos, P., Knicker, H., López, R. and De la Rosa, J.M.. 2021. Application of *biochar* produced from crop residues on trace elements contaminated soils: effects on soil properties, enzymatic activities and brassica rapa growth. *Agronomy*. 11(7): 1-18.
- Dahlia, I. dan Setiono. 2020. Pengaruh pemberian kombinasi dolomit + SP-36 dengan dosis yang berbeda terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* L.) di ultisol. *Jurnal Sains Agro*. 5(1): 1-9.
- Farah, I. N. 2017. Keragaman serangga tanah di perkebunan apel konvensional dan semi organik Kecamatan Bumiaji Kota Batu. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulanamalikibrohimi Malang. Malang.

- Fitriana, Y. R. 2006. Keragaman dan kelimpahan makrozoobenthos di hutan mangrove hasil rehabilitasi taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali. *Jurnal Biodiversitas* 7(1): 67-72.
- Gani, A. 2009. Potensi arang hayati *biochar* sebagai komponen teknologi perbaikan produktivitas lahan pertanian. *Jurnal Iptek Tanaman Pangan*. 4(1): 33-48.
- Goldsworthy, P. dan Fisher, N. 1992. *Fisiologi Tanaman Budidaya Tanaman Tropik*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Habib, A. 2013. Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi produksi jagung. *Agrium*. 18(1): 78-89.
- Ivakdalam, L. M. 2011. Agroekosistem pertanaman jagung di Desa Sasa Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Ilmiah agribisnis dan Perikanan*. 4(1): 23-29.
- Koswara. 2009. *Respons Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung Manis (Zea mays saccharata Sturt.) terhadap Pemberian Pupuk Cair Tnf dan Pupuk Kandang Ayam*. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Lee, C. 2007. *Corn growth and development*. [www.uky.edu/ag/graincrops](http://www.uky.edu/ag/graincrops). Diakses pada 27 April 2022.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. WileyBlackwell, Oxford, UK.
- Mautuka, Z. A., Astriana, M. dan Martasiana, K. 2022. Pemanfaatan *biochar* tongkol jagung guna perbaikan sifat kimia tanah lahan kering. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*. 8(1): 201-208.
- Meilin, A. dan Nasamsir. 2016. Serangga dan peranannya dalam bidang pertanian dan kehidupan. *Jurnal Media Pertanian*. 1(1): 18-28.
- Melati, C., Prawiranegara, B. M. P., Flatian, A. N. dan Suryadi, E. 2020. Pertumbuhan, hasil dan serapan fosfor (32p) tanaman jagung manis (*Zea mays* L.) akibat pemberian *biochar* dan sp-36. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*. 16(2): 67-76.
- Nurida, N.L., Rachman, A. dan Sutomo. 2015. *Biochar Pembenh Tanah Yang Potensial*. IAARD Press.
- Odum, E. P. 1998. *Dasar-dasar Ekologi (Fundamental of Ecology)*. Diterjemahkan oleh T. J. Samingan. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

- Oka, I. N. 1995. *Pengendalian Hama Terpadu dan Implementasinya di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Palliwal, R. L. 2000. Tropical maize morphology. In: tropical maize: improvement and production. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Rome. p. 13-20.
- Purwono dan Hartono, R. 2005. *Kacang hijau*. Penerbit Penebar Swadaya.
- Putri, K., Santi, R., dan Aini S.N. 2019. Keragaman Collembola dan serangga permukaan tanah di berbagai umur perkebunan kelapa sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.). *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 21(1): 36-41.
- Putri, V. I., Mukhlis, dan Benny, H. 2017. Pemberian beberapa jenis *biochar* untuk memperbaiki sifat kimia tanah ultisol dan pertumbuhan tanaman jagung. *Jurnal Agroteknologi*. 5(4): 824-828.
- Revavindo, Q. dan Herawaty, R. 2016. Pengaruh Luas panen dan harga produksi terhadap produksi tanaman jagung Kabupaten Karo. *Jurnal Agrica*. 4(1): 74-79.
- Sari, P., Syahribulan, S. Sjam., dan S. Santosa. 2017. Analisis keragaman jenis serangga herbivore di areal persawahan Kelurahan Tamalanrea Kota Makassar. *Bioma: Jurnal Biologi Makassar*. 2(1): 35-45.
- Shenbagavalli, S. and Mahimairaja, S. 2012. Production and characterization of *biochar* from different biological wastes. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*. 2(1): 197-201.
- Siahaan, C. D. 2016. Pengaruh Berbagai Jenis *Biochar* Terhadap Retensi Air, C-Organik dan Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) di Lahan Kering. *Skripsi*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Siringoringo, H. H. dan Chairil A. S. 2011. Pengaruh aplikasi arang terhadap pertumbuhan awal *Michelia Montana* Blume dan perubahan sifat Kesuburan tanah pada tipe tanah latosol. *Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 8(1): 65-85.
- Siwi. S.S. 1991. *Kunci Determinasi Serangga*. Kanisius. Yogyakarta.
- Solihin, E., Rija S. dan Nadia, N. K. 2019. Aplikasi pupuk kalium dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays* L.). *Jurnal Agrikultura*. 30(2): 40-45.
- Subekti, N. 2012. Keragaman jenis serangga di kawasan hutan Tinjomoyo Semarang, Jawa Tengah. *Skripsi*. Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang. Semarang.

- Subekti, N. A. 2010. Morfologi Tanaman dan fase pertumbuhan jagung, teknik produksi dan pengembangan. *Jurnal PPM Pupuk*. 1(2): 13-20.
- Suin, N. M. 1997. *Ekologi Hewan Tanah*. Penerbit Bumi Aksara. Jakarta.
- Suwardjo dan Sinukaban, N. 1986. *Masalah Erosi dan Kesuburan Tanah di Lahan Kering Podsolik Merah Kuning di Indonesia*. Lokakarya Usaha Tani Konservasi di Lahan Alang-Alang Podsolik Merah Kuning. Palembang.
- Tambunan, S., Bambang, S., dan Eko, H. 2014. Pengaruh aplikasi bahan organik segar dan *biochar* terhadap ketersediaan p dalam tanah di lahan kering Malang Selatan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 1 (1): 85-92.
- United States Department of Agriculture (USDA). 2020. *Classification for kingdom plantae down to species zea mays L*. <https://Plants.usda.gov/java/classificationServlet?source=display&classi=ZEMA>. Diakses pada 27 Desember 2021.
- Warnock, D. D., Lehmann, J., Kuyper, T. W. and Rillig, M. C.. 2007. Mycorrhizal responses to biochar in soil - concepts and mechanisms. *J. Plant and Soil*. 30(1): 9-20.