

**KEANEKARAGAMAN MAKROFAUNA PADA BERBAGAI TUTUPAN  
LAHAN DI UB FOREST**

Oleh :

**EKA ZAINUL HASAN SYAHFINADA PUTRA**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
MALANG**

**2018**

**KEANEKARAGAMAN MAKROFAUNA PADA BERBAGAI TUTUPAN  
LAHAN DI UB FOREST**

Oleh

**EKA ZAINUL HASAN SYAHFINADA P.  
145040201111143**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI  
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN**

**SKRIPSI**

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



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN TANAH  
MALANG**

**2018**



## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Juli 2018

Eka Zainul Hasan Syahfinada Putra



### LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Keanekaragaman Makrofauna Pada Berbagai Tutupan Lahan Di Ub Forest  
Nama Mahasiswa : Eka Zainul Hasan Syahfinada Putra  
NIM : 145040201111143  
Jurusan : Tanah  
Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping II,

Cahyo Prayogo, SP., MP., Ph.D.  
NIP. 19730103 199802 1 002

Rina Rachmawati, SP., MP. M.Eng.  
NIP. 19810125 200604 2 002

Diketahui,  
Ketua Jurusan

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

Tanggal Persetujuan : .....



## LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

## MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

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

Cahyo Prayogo, SP. MP. Ph.D  
NIP. 19730103 199802 1 002

Penguji III

Penguji IV

Rina Rachmawati, SP. MP. M. Eng  
NIP. 19810125 200604 2 002

Aditya Nugraha Putra, SP.,MP.  
NIK. 201609891227 1 001

Tanggal Lulus:



~ Skripsi ini aku persembahkan untuk Kedua orangtuaku tercinta,  
adikku tersayang, dan kamu yang selalu ku sebut dalam doa ~



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Lumajang pada tanggal 12 Desember 1995 sebagai putra pertama dari tiga bersaudara dari keluarga Bapak Sahlal Arifin dan Ibu Adawiyah Gasoes Rubiyatiningsih

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Tegalrandu 02 Kecamatan Klakah Kabupaten Lumajang pada tahun 2002 - 2008, kemudian penulis melanjutkan ke SMP Negeri 2 Klakah pada tahun 2008 dan selesai pada tahun 2011. Pada tahun 2011 sampai 2014 penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri Klakah.. Pada tahun 2014 penulis terdaftar sebagai mahasiswa strata-1 Program Studi Agroekoteknologi Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah mengikuti program magang kerja yang bertempat di Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (BALITKABI) selama dua bulan. Penulis pernah aktif dalam kegiatan Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah (HMIT) sebagai anggota Departemen Kerumahtangaan dan Logistik tahun 2017. Selain itu penulis juga aktif mengikuti kegiatan kepanitiaan yang lain seperti Gatraksi tahun 2017 dan 2018, *School of Administration* tahun 2016, *Slash* tahun 2017, serta Olimpiade Ilmu Tanah tahun 2017.

## RINGKASAN

**EKA ZAINUL HASAN SYAHFINADA PUTRA. 145040201111143. Keanekaragaman Makrofauna Pada Berbagai Tutupan Lahan Di UB Forest. Dibawah bimbingan Cahyo Prayogo sebagai Pembimbing Utama dan Rina Rachmawati sebagai Pembimbing Pendamping.**

---

Indonesia adalah Negara yang mendapat sebutan sebagai *Mega Biodiversity* terbesar setelah Brazil dan Madagaskar. Diperkirakan 25% spesies dunia berada di Indonesia, dengan kombinasi yang cukup unik. Secara total keanekaragaman hayati di Indonesia sebesar kurang lebih 325.350 jenis flora dan fauna. Biodiversitas tanah merupakan salah satu bentuk diversitas alfa yang sangat berperan dalam mempertahankan dan meningkatkan fungsi tanah untuk menopang kehidupan di dalamnya. Makrofauna tanah berperan penting dalam meningkatkan kadar bahan organik tanah, umumnya kelimpahan makrofauna disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya tanaman penutup. Keberadaan fauna dapat dijadikan parameter dari kualitas tanah, fauna tanah yang digunakan sebagai bioindikator kesuburan tanah tentunya memiliki jumlah yang relatif melimpah. Namun permasalahan yang dihadapi yakni adanya dampak gangguan antropogenik pada keragaman ekosistem hutan, terutama adanya degradasi habitat hutan dan fragmentasi ekosistem. Konsekuensi dari fragmentasi hutan pada fungsi ekosistem, adalah adanya perubahan proses dekomposisi serasah dan siklus karbon dan nutrisi yang nantinya mempengaruhi ekosistem didalamnya.

Lokasi penelitian dilaksanakan di hutan pendidikan UB Kecamatan Karangploso, Malang, Jawa Timur yang dimulai pada bulan Desember 2017 hingga Bulan Februari 2018. Penelitian ini menggunakan metode survei dengan 8 plot pengamatan. Variabel yang diukur adalah pengambilan sampel makrofauna tanah (*Pitfall Traps*) dan sampel tanah komposit untuk pengukuran C fraksionasi dan menganalisis kandungan C-organik tanah; pengukuran berat serasah; dan identifikasi makrofauna tanah dilakukan di Laboratorium Biologi, Fisika dan Kimia Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Untuk melihat signifikansi pengaruh dari berbagai jenis tutupan lahan terhadap makrofauna tanah dan variabel lainnya dilakukan uji ANOVA dengan taraf 5%. Apabila terdapat perbedaan yang signifikan antar tutupan lahan maka dilanjutkan dengan uji Tukey menggunakan GENSTAT 18<sup>th</sup> edition. Uji korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan antar berbagai variabel pengukuran menggunakan aplikasi MS. Excel 2016.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa total kelimpahan individu makrofauna tanah yang didapat pada berbagai jenis tutupan lahan sebesar 572 morfospesies. Jenis tutupan lahan Pinus Kopi kelas umur pinus 35 th (PK7) memiliki indeks keanekaragaman makrofauna tanah tertinggi dibandingkan dengan indeks keanekaragaman makrofauna tanah pada tutupan lahan Mahoni Kopi (MK), diduga karena masukan serasah, ketersediaan bahan organik dan kandungan C-organik serta adanya pengolahan lahan memiliki hubungan yang cukup kuat terhadap kelimpahan makrofauna tanah sebagai tempat hidup makrofauna tanah dalam beraktifitas.

## SUMMARY

**Eka Zainul Hasan Syahfinada Putra. 145040201111143. Macrofauna Diversity in Various Land Covers at UB Forest. Under the guidance of Cahyo Prayogo as the Main Advisor and Rina Rachmawati as the Mentor Advisor.**

---

Indonesia is the country that has been named the biggest Mega Biodiversity after Brazil and Madagascar. It is estimated that 25% of the world's species are in Indonesia, with a combination that is quite unique. In total, biodiversity in Indonesia amounts to approximately 325,350 species of flora and fauna. Soil biodiversity is one form of alpha diversity that is very instrumental in maintaining and improving the function of land to sustain life in it. Soil macrofauna plays an important role in increasing the levels of soil organic matter, generally macrofauna abundance is caused by several factors, including cover crops. The existence of fauna can be used as a parameter of soil quality, soil fauna used as a bioindicator of soil fertility certainly has a relatively abundant amount. But the problem faced is the impact of anthropogenic disturbances on the diversity of forest ecosystems, especially the degradation of forest habitat and ecosystem fragmentation. The consequence of forest fragmentation in ecosystem functions, is a change in the process of decomposition of litter and carbon and nutrient cycles which will affect the ecosystem in it.

The research location was carried out in UB's education forest in Karangploso District, Malang, East Java, which began in December 2017 until February 2018. This study used a survey method with 8 observation plots. The variables measured were sampling of soil macrofauna (Pitfall Traps) and composite soil samples for measurement of fractionation C and analyzing soil C-organic content; litter weight measurement; and identification of soil macrofauna was carried out at the Laboratory of Biology, Physics and Chemistry, Department of Soil, Faculty of Agriculture, University of Brawijaya Malang. To see the significance of the effects of various types of land cover on soil macrofauna and other variables, ANOVA was tested with a level of 5%. If there are significant differences between land cover, then proceed to the Tukey test using GENSTAT 18th edition. Correlation test is used to determine the relationship between various measurement variables using the MS application. Excel 2016.

The results showed that the total abundance of soil macrofauna individuals obtained in various types of land cover was 572 morphospecies. Pine land cover type 35-year-old pine age coffee (PK7) has the highest soil diversity index compared to the diversity index of soil macrofauna in Mahogany Coffee (MK) land cover, allegedly due to litter input, availability of organic matter and C-organic content and processing land has a strong relationship to the abundance of soil macrofauna as a place to live soil macrofauna in activities.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan akhir skripsi yang berjudul “Keanekaragaman Makrofauna Pada Berbagai Tutupan Lahan di UB Forest”.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya, kepada :

1. Cahyo Prayogo, SP. MP. Ph.D., selaku pembimbing utama atas segala kesabaran, nasihat, arahan dan bimbingannya kepada penulis.
2. Rina Rachmawati, SP., MP., M.Eng. selaku pembimbing kedua atas segala nasihat, arahan dan bimbingannya kepada penulis
3. Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU., selaku Ketua Jurusan atas segala nasihat dan bimbingannya kepada penulis, beserta seluruh dosen yang selama ini memberikan arahan serta kepada karyawan Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya atas fasilitas dan bantuannya.
4. Keluarga Besar Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah (HMIT) atas segala nasihat, semangat serta supportnya kepada penulis sehingga penulis bisa sampai pada titik ini.

Penghargaan yang tulus penulis berikan kepada kedua orangtua dan adik atas doa, cinta, kasih sayang, pengertian dan dukungan yang diberikan kepada penulis. Juga kepada kawan – kawan MSDL khususnya angkatan 2014 atas bantuan, dukungan, dan kebersamaan selama ini.

Penulis berharap semoga hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak, dan memberikan sumbangan pemikiran dalam kemajuan ilmu pengetahuan.

Malang, Juli 2018

Penulis

**DAFTAR ISI**

RINGKASAN .....	i
SUMMARY .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat .....	3
1.5 Hipotesis.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Makrofauna .....	4
2.2 Sistem Agroforestri .....	5
2.3 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Mobilitas Makrofauna .....	7
2.4 Rantai Makanan Dalam Tanah (Soil Food Web).....	8
III. METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Waktu dan Tempat .....	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.3 Rancangan Penelitian .....	15
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	16
3.5 Analisis Data .....	17
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	20
4.1 Hasil .....	20
4.2 Pembahasan.....	35
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
5.1 Kesimpulan .....	38
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA .....	39
LAMPIRAN.....	42

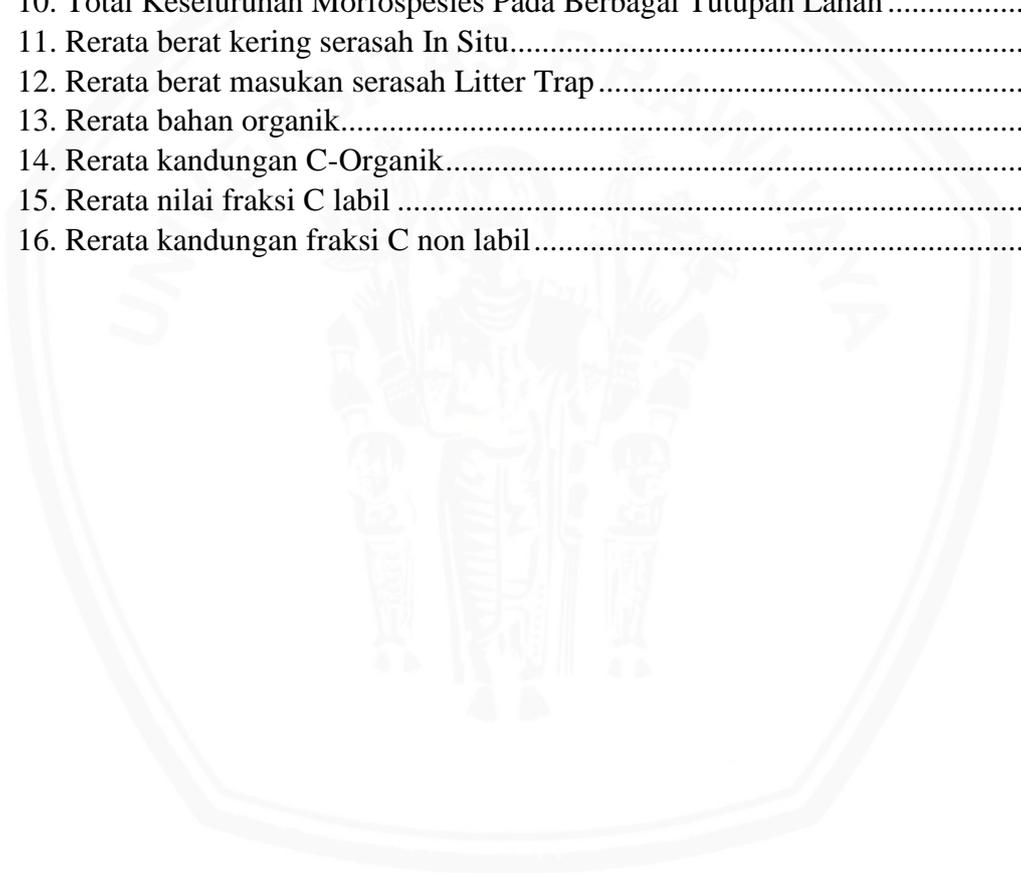
## DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Plot Pengamatan Berdasarkan Tutupan lahan.....	16
2.	Keragaman Makrofauna pada Berbagai Tutupan lahan.....	20
3.	Hasil Perhitungan Indeks Pada Berbagai Tutupan lahan.....	27
4.	Hasil Pengukuran Seresah, Bahan Masukan dan C-organik.....	29
5.	Nilai rerata rasio antar frkasi C pada berbagai jenis tutupan lahan.....	34



**DAFTAR GAMBAR**

Nomor	Teks	Halaman
1.	Jaring - jaring makanan di Tanah.....	8
2.	Peta Lokasi Pengamatan .....	14
3.	Susunan Pitfall Trap dalam plot.....	17
4.	Diagram jumlah famili pada masing-masing plot.....	21
5.	Dokumentasi Kumbang Kotoran (Coleoptera: Scarabaeidae) beserta gambar literatur .....	22
6.	Dokumentasi Orthoptera: Gryllinae) beserta gambar literatur.....	22
7.	Dokumentasi Semut (Hymenoptera: Formicidae) beserta gambar literatur. ....	23
8.	Dokumentasi Famili Acrididae beserta gambar literatur .....	24
9.	Dokumentasi Famili Oxyopidae beserta gambar literatur .....	25
10.	Total Keseluruhan Morfospesies Pada Berbagai Tutupan Lahan .....	28
11.	Rerata berat kering serasah In Situ.....	30
12.	Rerata berat masukan serasah Litter Trap .....	30
13.	Rerata bahan organik.....	31
14.	Rerata kandungan C-Organik.....	32
15.	Rerata nilai fraksi C labil .....	33
16.	Rerata kandungan fraksi C non labil.....	34



## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Koordinat geografik plot pengamatan pada berbagai tutupan lahan di kawasan hutan pendidikan UB Kec. Karangploso .....	42
2.	Hasil Uji Korelasi.....	43
3.	Uji ANOVA jumlah individu pada berbagai jenis tutupan lahan .....	43
4.	Uji ANOVA jumlah spesies pada berbagai jenis tutupan lahan .....	43
5.	Uji ANOVA jumlah masukan serasah (Litter trap) pada berbagai jenis tutupan lahan .....	43
6.	Uji ANOVA ketebalan serasah pada berbagai jenis tutupan lahan.....	43
7.	Uji ANOVA masukan serasah permukaan (in situ) pada berbagai jenis tutupan lahan .....	44
8.	Uji ANOVA kandungan C-organik pada berbagai jenis tutupan lahan.....	44
9.	Uji ANOVA bahan organik pada berbagai jenis tutupan lahan.....	44
10.	Uji ANOVA Fraksi C labil pada berbagai jenis tutupan lahan.....	44
11.	Uji ANOVA fraksi C non labil pada berbagai jenis tutupan lahan.....	44
12.	Data-data hasil wawancara dengan petani pemilik lahan .....	45
13.	Dokumentasi Plot Pengamatan .....	46
14.	Data-data hasil pengukuran makrofauna, serasah dan bahan organik serta kandungan C-organik .....	47
15.	Perhitungan C-organik (%) .....	48

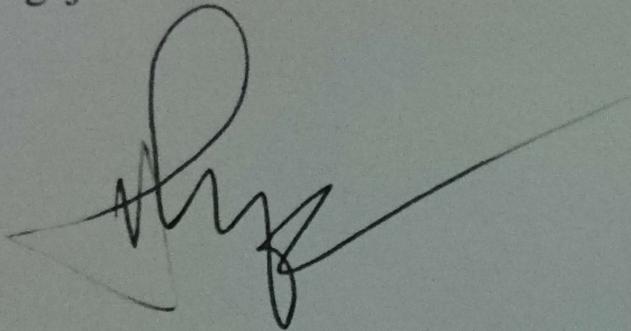


LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

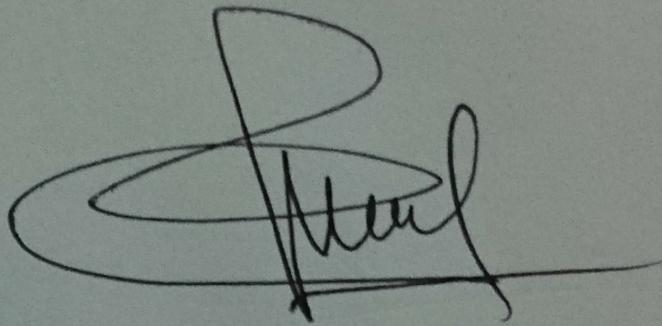
MAJELIS PENGUJI

Penguji I



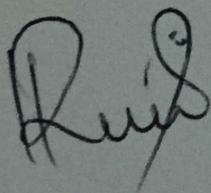
Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU.  
NIP. 19540501 198103 1 006

Penguji II



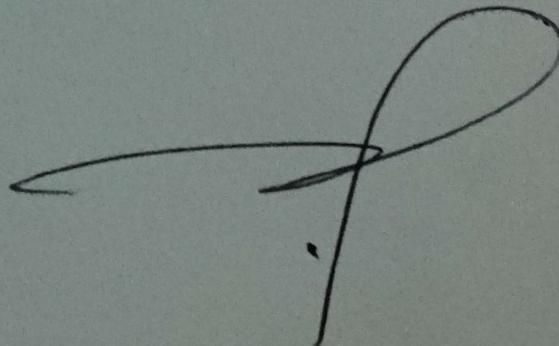
Cahyo Prayogo, SP. MP. Ph.D  
NIP. 19730103 199802 1 002

Penguji III



Rina Rachmawati, SP. MP. M. Eng  
NIP. 19810125 200604 2 002

Penguji IV



Aditya Nugraha Putra, SP.,MP.  
NIK. 201609891227 1 001

Tanggal Lulus:

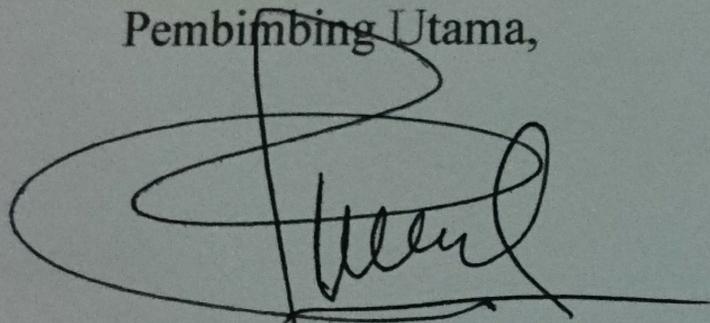
03 JAN 2019

## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Keanekaragaman Makrofauna Pada Berbagai Tutupan  
Lahan Di Ub Forest  
Nama Mahasiswa : Eka Zainul Hasan Syahfinada Putra  
NIM : 145040201111143  
Jurusan : Tanah  
Program Studi : Agroekoteknologi

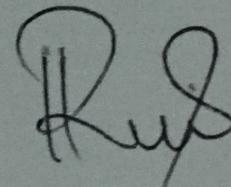
Disetujui

Pembimbing Utama,



Cahyo Prayogo, SP., MP., Ph.D.  
NIP. 19730103 199802 1 002

Pembimbing Pendamping II,



Rina Rachmawati, SP., MP. M.Eng.  
NIP. 19810125 200604 2 002

Diketahui,

Ketua Jurusan



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

Tanggal Persetujuan : 20 DEC 2018

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah Negara yang mendapat sebutan sebagai *Mega Biodiversity* terbesar setelah Brazil dan Madagaskar. Hal ini dikarenakan hampir 25% spesies dunia berada di Indonesia, dengan kombinasi yang cukup unik. Secara total keanekaragaman hayati di Indonesia sebesar kurang lebih 325.350 jenis flora dan fauna (Imawan, 2013). Keanekaragaman hayati merupakan bentuk keseluruhan dari kehidupan organisme di suatu kawasan tertentu (Sugiyarto *et al.*, 2007).

Biodiversitas suatu kawasan merupakan fungsi dari diversitas lokal atau habitat tertentu dan struktur yang ada didalamnya pada daerah terestial (Suwondo, 2007). Biodiversitas tanah merupakan salah satu bentuk diversitas alfa yang sangat berperan dalam mempertahankan dan meningkatkan fungsi tanah untuk menopang kehidupan di dalamnya (Giller *et al.*, 1997). Diversitas alfa merupakan keanekaragaman di dalam areal tertentu seperti komunitas dan ekosistem dan biasanya diungkapkan dengan kekayaan jenis pada suatu areal. Keanekaragaman *alpha* diukur dengan cara menghitung jumlah taksa (perbedaan kelompok organisme, misalnya famili, genus, spesies) yang terdapat di dalam ekosistem. Pemahaman tentang biodiversitas tanah masih sangat terbatas, baik dari segi taksonomi maupun fungsi ekologisnya. Untuk itu diperlukan upaya untuk mengkaji dan sekaligus melestarikannya (Sugiyarto, 2000). Biodiversitas fauna tanah adalah hewan-hewan yang hidup di atas maupun di bawah permukaan tanah (Bruyn, 1997). Berdasarkan ukuran tubuhnya, fauna tanah dapat dibedakan menjadi empat kelompok, yaitu mikrofauna dengan diameter tubuh 0,02-0,2 mm; mesofauna dengan diameter tubuh 0,2-2 mm, makrofauna dengan diameter tubuh 2-20 mm, dan megafauna dengan diameter lebih besar dari 2 cm (Nusroh, 2007). Menurut Brussaard (1998) organisme tanah dibedakan menjadi tiga kelompok fungsional, yaitu: biota akar (mikorizha, rhizobium, nematoda, dan lain-lain); dekomposer (mikroflora, mikrofauna, dan mesofauna); dan "*ecosystem engineer*" (mesofauna dan makrofauna).

Makrofauna tanah berperan penting dalam meningkatkan kadar bahan organik tanah, umumnya kelimpahan makrofauna disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya tanaman penutup (Merlim *et al.*, 2005). Keberadaan fauna tanah sangat

dipengaruhi oleh kondisi tanah, salah satunya adalah adanya bahan organik dalam tanah (Putra, 2012). Keberadaan fauna dapat dijadikan parameter dari kualitas tanah, fauna tanah yang digunakan sebagai bioindikator kesuburan tanah tentunya memiliki jumlah yang relatif melimpah (Ibrahim, 2014). Ada banyak penelitian tentang dampak gangguan antropogenik pada keragaman dalam ekosistem hutan, terutama degradasi habitat hutan dan fragmentasi ekosistem (Riutta *et al.* 2012). Namun, konsekuensi dari fragmentasi hutan pada fungsi ekosistem, adalah dengan perubahan proses dekomposisi serasah dan siklus karbon dan nutrisi. Namun kurang dipahami, terlepas dari implikasi penting untuk konservasi hutan dan strategi manajemennya (Riutta *et al.* 2012).

Dekomposisi serasah daun dikontrol oleh faktor lingkungan (terutama kelembaban dan suhu), struktur bahan kimia dan kelimpahannya, serta jenis fungsional dan aktivitas organisme tanah (Sariyildiz, 2008). Fragmentasi habitat dan perubahan iklim mempengaruhi kontrol dekomposisi biotik dan abiotik. Keterbatasan kelembaban sering membayangi efek suhu pada tingkat dekomposisi serasah di daerah beriklim sedang (Aerts, 2006). Namun, meskipun penelitian itu menyoroti pentingnya kelembaban, telah ada beberapa studi yang benar-benar menguji efek potensial dari perubahan kondisi kelembaban pada proses dekomposisi serasah daun (Aerts, 2006). Kelimpahan, keragaman, jenis dan distribusi fungsional makrodekomposer dengan ukuran yang berbeda, diprediksi bervariasi dengan perubahan kondisi iklim yang akan menghasilkan perubahan tingkat dekomposisi dan perubahan dalam fungsi ekosistem. Tanggapan makrodekomposer dan dekomposisi terhadap perubahan iklim dan tutupan lahan sangat sedikit dipelajari di lapangan (David dan Handa, 2010). Oleh karena itu penelitian ini penting dilakukan guna mengetahui interaksi antara jenis tutupan lahan dan keberadaan makroarthropoda pada area hutan UB untuk menentukan dampak potensial dari perbedaan tutupan lahan tersebut terhadap keragaman makrofauna.

## 1.2 Rumusan Masalah

Apakah perbedaan masukan serasah dan perbedaan tutupan lahan berpengaruh terhadap keanekaragaman makrofauna tanah?

### **1.3 Tujuan**

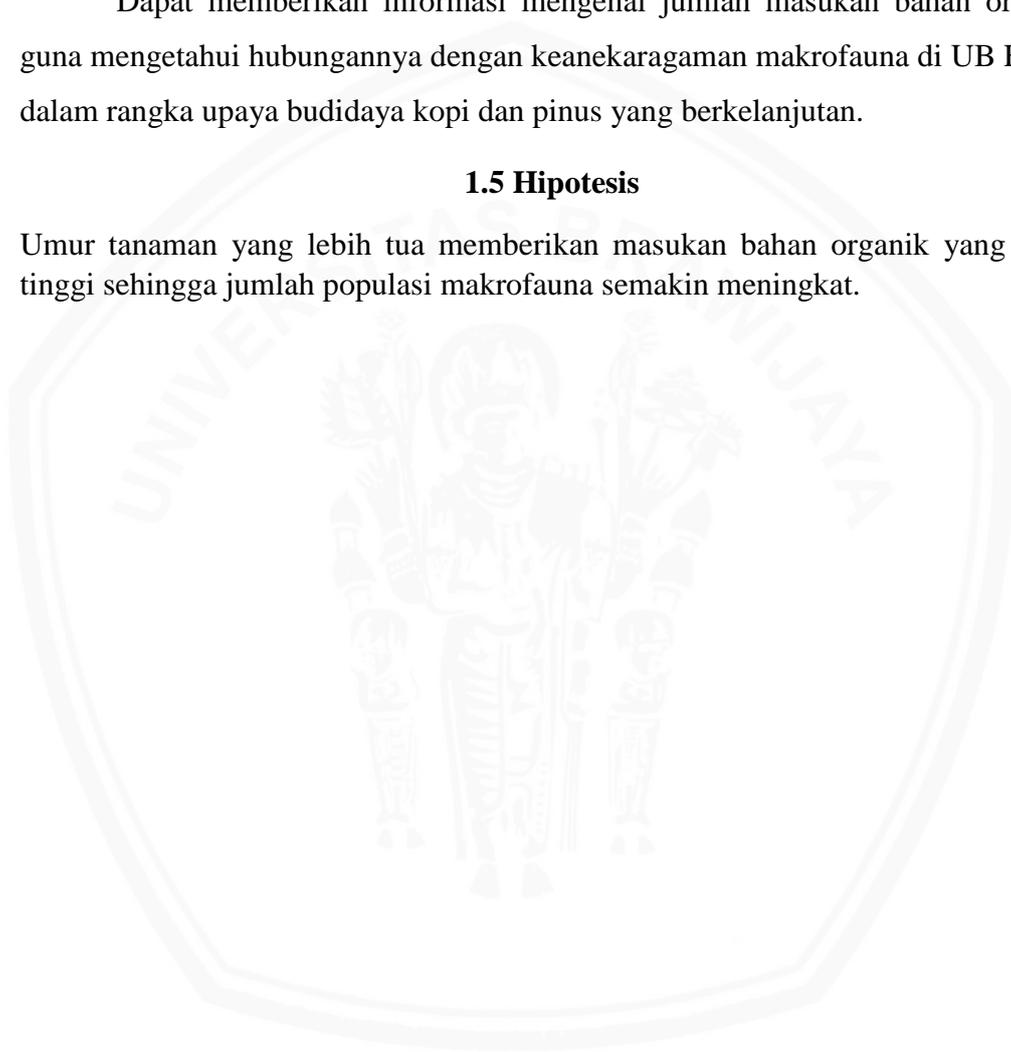
1. Mempelajari pengaruh perbedaan masukan seresah terhadap populasi makrofauna.
2. Membandingkan pengaruh perbedaan tutupan lahan terhadap dinamika kelimpahan dan keanekaragaman makrofauna.

### **1.4 Manfaat**

Dapat memberikan informasi mengenai jumlah masukan bahan organik guna mengetahui hubungannya dengan keanekaragaman makrofauna di UB Forest dalam rangka upaya budidaya kopi dan pinus yang berkelanjutan.

### **1.5 Hipotesis**

Umur tanaman yang lebih tua memberikan masukan bahan organik yang lebih tinggi sehingga jumlah populasi makrofauna semakin meningkat.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Makrofauna

Biodiversitas fauna tanah adalah hewan-hewan yang hidup di atas maupun di bawah permukaan tanah. Berdasarkan ukuran tubuhnya, fauna tanah dapat dibedakan menjadi empat kelompok yaitu Mikrofauna dengan diameter tubuh 0,02-0,2 mm, Mesofauna dengan diameter tubuh 0,2-2 mm contoh nematoda, collembola dan acarina. Makrofauna dengan diameter tubuh 2-20 mm contoh cacing, semut, dan rayap Megafauna dengan diameter tubuh lebih besar dari 2 cm contoh bekicot (Nusroh, 2007). Peran aktif makrofauna tanah dalam menguraikan bahan organik tanah dapat mempertahankan dan mengembalikan produktivitas tanah dengan didukung faktor lingkungan disekitarnya (Thamrin dan Hanafi *dalam* Wulandari dkk., 2005).

Menurut Rousseau *et al.* (2013), makrofauna tanah merupakan indikator yang paling sensitif terhadap perubahan dalam tutupan lahan, sehingga dapat digunakan untuk menduga kualitas lahan. Dalam menjalankan aktivitas hidupnya, makrofauna tanah memerlukan persyaratan tertentu. Kondisi lingkungan merupakan faktor utama yang menentukan kelangsungan hidupnya, yaitu: iklim (curah hujan, suhu), tanah (kemasaman, kelembaban, suhu tanah, hara), dan vegetasi (hutan, padang rumput) serta cahaya matahari (Hakim *et al.*, 1986 *dalam* Wibowo dan Syamsudin 2017). Menurut Notohadiprawiro (1998) *dalam* Wibowo dan Syamsudin (2017), makrofauna tanah lebih banyak ditemukan pada daerah dengan keadaan lembab dan kondisi tanah yang memiliki tingkat kemasaman lemah sampai netral. Oleh karena itu, keberadaan makrofauna tanah dapat menjadi penduga kualitas lingkungan, terutama kondisi tanah.

Ada hubungan yang kuat antara kesuburan tanah, jumlah biomassa dan makrofauna tanah. Makrofauna tanah berkontribusi dalam proses dekomposisi dapat secara langsung ataupun tidak langsung (Musyafa, 2005). Kontribusi secara langsung dapat dilihat dari nutrisi yang mengalami pelindian karena makrofauna sendiri. Sedangkan efek tidak langsung terjadi jika makrofauna itu mempengaruhi mikroorganisme yang berperan dalam proses dekomposisi. Efek secara tidak langsung ini dilakukan dengan mengubah kualitas substrat bagi mikroorganisme,

seperti mengubah rasio C: nutrient yang dapat dipertukarkan (*exchangeable nutrient*) di dalam substrat (Musyafa, 2005).

Keanekaragaman makrofauna tanah dikatakan tinggi apabila nilai indeks diversitas Simpsons berada di atas 0,50. Semakin tinggi keanekaragaman makrofauna tanah pada suatu tempat, maka semakin stabil ekosistem di tempat tersebut (Rahmawaty, 2000).

## 1.2 Sistem Agroforestri

Pada plot yang akan dilakukan pengamatan, tutupan lahan yang ada berbasis agroforestri. Hal ini dilihat dari adanya tanaman penabung (utama) seperti pinus atau mahoni dan tanaman budidaya (musiman) seperti kopi dan aneka tanaman sayur-sayuran.

### 2.2.1 Pengertian Agroforestri

Menurut Nair (1982) dalam Hairiah *et al.* (2003) Agroforestri merupakan sistem tutupan lahan terpadu, yang memiliki aspek sosial dan ekologi, dilaksanakan melalui pengkombinasian pepohonan dengan tanaman pertanian dan/atau ternak (hewan), baik secara bersama-sama atau bergiliran, sehingga dari satu unit lahan tercapai hasil total nabati atau hewan yang optimal dalam arti berkesinambungan.

### 2.2.2 Sistem Agroforestri

Agroforestri menurut Hairiah *et al.* (2003) terdiri dari tiga komponen pokok, yaitu kehutanan, pertanian, dan hewan/peternakan. Setiap komponen agroforestri dapat berdiri sendiri pada suatu bentang lahan. Sistem agroforestri yang dikemukakan oleh Huxley (1999), yaitu untuk menghasilkan keuntungan sosial, ekonomi, dan lingkungan bagi semua pengguna lahan dengan adanya pengelolaan pada lahan agroforestri yang dinamis secara ekologi.

Menurut De Foresta dan Michon (1997), agroforestri dapat dikelompokkan menjadi dua sistem, yaitu sistem agroforestri sederhana dan sistem agroforestri kompleks. Perbedaan kedua sistem tersebut yaitu:

#### 1) Sistem agroforestri sederhana

Sistem agroforestri sederhana adalah suatu sistem pertanian di mana pepohonan ditanam secara tumpangsari dengan satu atau lebih jenis tanaman semusim (Hairiah *et al.* 2003). Jenis-jenis pohon yang ditanam sangat beragam, bisa yang bernilai

ekonomi tinggi seperti kelapa (*Cocos nucifera*), karet (*Hevea brasiliensis*), cengkeh (*Syzygium aromaticum*), kopi (*Coffea*), kakao (*Theobroma cacao*), jati (*Tectona grandis*), mahoni (*Swietenia mahagoni*) dan ada juga tanaman yang memiliki nilai ekonomi rendah seperti lamtoro (*Leucaena leucocephala*), dadap (*Erythrina variegata*), kaliandra (*Calliandra haematocephala*). Jenis tanaman semusim biasanya berkisar pada tanaman pangan berupa padi, jagung, kedelai, aneka kacang-kacangan, sayuran, rerumputan, ubikayu atau jenis-jenis tanaman lainnya.

## 2) Sistem Agroforestri Kompleks

Sistem agroforestri kompleks merupakan suatu sistem pertanian menetap yang didalamnya terdapat banyak jenis tanaman berbasis pohon yang ditanam dan dirawat oleh penduduk setempat dengan pola tanam dan ekosistem seperti kawasan hutan. Sistem ini mencakup sejumlah besar komponen pepohonan, perdu, tanaman semusim atau juga rerumputan. Penampakan fisik dan dinamika didalamnya mirip dengan ekosistem hutan alam baik primer maupun sekunder. Sistem agroforestri kompleks ini dibedakan atas:

### a) Pekarangan

Biasanya terletak di sekitar tempat tinggal dan luasannya hanya sekitar 0,1-0,3 hektar. Dengan demikian sistem ini lebih mudah dibedakan dengan hutan. Contohnya: kebun talun dan karang tiri.

### b) Agroforestri kompleks

Agroforestri kompleks dalam hal ini merupakan hutan masif yang merupakan gabungan dari beberapa kebun berukuran satu sampai dua hektar milik perorangan atau berkelompok yang letaknya jauh dari tempat tinggal bahkan terletak pada perbatasan dan umumnya tidak dikelola secara intensif. Contohnya: agroforestry atau kebun karet, kebun damar dan lain sebagainya.

## 2.2.3 Ciri-Ciri Sistem Agroforestri

Beberapa ciri penting agroforestri yang dikemukakan oleh Hairiah (2003) yaitu diantaranya:

1. Agroforestri biasanya tersusun dari dua jenis tanaman dan/atau hewan atau lebih, minimal satu diantaranya merupakan tumbuhan berkayu.
2. Sistem agroforestri selalu lebih dari satu tahun pengelolaannya.

3. Adanya interaksi baik dari aspek ekologi maupun ekonomi antara tanaman berkayu dengan tanaman tidak berkayu.
4. Agroforestri selalu memiliki dua macam produk atau lebih (*multi product*), misalnya pada suatu lahan yang menerapkan sistem Agroforestri yang dikelola menghasilkan pakan ternak, kayu bakar, buah-buahan, serta obat-obatan.
5. Agroforestri minimal memiliki satu fungsi pelayanan jasa (*service function*), misalnya sebagai pelindung angin, penabung, penyubur tanah, atau peneduh. Dengan demikian, kawasan tersebut dapat dijadikan sebagai pusat berkumpulnya masyarakat.

### 2.3 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Mobilitas Makrofauna

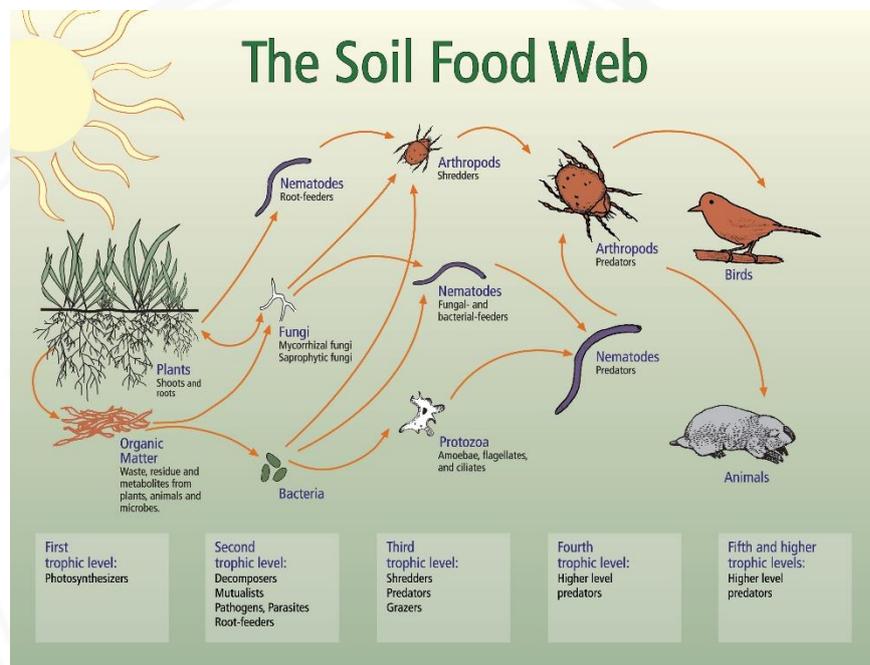
Makalew (2001) menjelaskan faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi aktivitas organisme tanah antara lain : iklim (curah hujan, suhu), tanah (kemasaman, kelembaban, suhu tanah, hara), dan vegetasi (hutan, padang rumput) serta cahaya matahari. Cahaya mempengaruhi kegiatan biota tanah, dalam hal ini cahaya mempengaruhi distribusi dan aktivitas organisme yang berada di permukaan tanah, pada tanah tanpa penutup tanah, serta di permukaan batuan. Cahaya merupakan sumber energi pada komponen fotoautotropik biota tanah (Malakew, 2001).

Kelembaban udara menggambarkan kandungan uap air di udara, hal ini penting untuk mengetahui seberapa besar jumlah atau kandungan uap air yang ada. Jika besarnya kandungan uap air yang ada melebihi atau kurang dari kebutuhan yang diperlukan, maka akan menimbulkan gangguan atau kerusakan (Anggraini *et al.*, 2003).

Suhu tanah merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan kehadiran dan kepadatan organisme tanah, dengan demikian suhu tanah akan menentukan tingkat dekomposisi material organik tanah. Fluktuasi suhu tanah lebih rendah dari suhu udara, dan suhu tanah sangat tergantung dari suhu udara. Suhu tanah lapisan atas mengalami fluktuasi dalam satu hari satu malam dan tergantung musim. Fluktuasi itu juga tergantung pada keadaan cuaca, topografi daerah dan keadaan tanah (Suin, 1997).

## 2.4 Rantai Makanan Dalam Tanah (Soil Food Web)

Keanekaragaman hayati (*biodiversity*) berkaitan langsung dengan, kimia, fisika tanah dan kesuburan biologis. Populasi organisme pada tanah lapisan atas (*top soil*) yang subur sangat mengagumkan. Bila dibandingkan populasi makhluk penghuni bumi lainnya, ternyata dalam beberapa gram tanah jumlah organisme sudah melampaui populasi manusia. Diperkirakan dalam satu hektar tanah subur dengan kedalaman 15 – 10 cm terdapat sekitar 1000 ton bakteri, 1000 ton *actinomycetes*, 2000 ton buluk, 100 ton algae, 200 ton Protozoa, 100 ton insekta, 1000 ton cacing dan 2000 ton akar tanaman (Ingham, 2004).



Gambar 1. Jaring - jaring makanan di Tanah (USDA.2018)

Menurut Simarmata (2012), Organisme yang berperan penting dalam menentukan kualitas tanah (*soil quality*) dan jaringan makanan (*food web*) dalam tanah dapat dibagi menjadi 6 golongan, yaitu:

### 1. Bakteri

Bakteri umumnya merupakan mikroba yang paling banyak terdapat dalam tanah (*soil inhabitant*) dan tidak mempunyai membran inti dan termasuk kelompok prokaryotik. Berukuran mikroskopik yaitu sekitar 1 µm dengan bentuk kokus, batang atau spiral dan sebagian berfilamen. Bakteri hidup berasosiasi dengan berbagai

tanaman dan makhluk hidup lainnya di dalam tanah. Diperkirakan dalam satu sendok teh tanah subur mengandung sekitar  $10^6 - 10^9$  bakteri atau setara dengan bobot 2 – 4 ekor sapi per hektar (Simarmata, 2012). Salah satu kontribusi bakteri terhadap tanaman adalah mensuplai unsur hara. Beberapa spesies tertentu melepaskan nitrogen, sulfur, fosfor dan unsur hara mikro. Spesies lainnya dengan merombak senyawa organik menghasilkan K, P, Mg, Ca, Fe dan unsur hara lainnya.

Berdasarkan fungsi dan peranannya dalam jaringan makanan (*food web*), Simarmata (2012) menggolongkan bakteri menjadi 4 golongan, yaitu:

a. Dekomposer (pengurai), yaitu bakteri yang mengkonsumsi senyawa karbon sebagai sumber makanan dan energi. Misalnya eksudat akar, senyawa organik sederhana dan serasah tanaman segar. Dalam proses ini, bakteri mengkonversi energi dari bahan organik tanah menjadi energi yang dapat digunakan oleh organisme lainnya dalam rantai makanan dalam tanah. Sejumlah bakteri tersebut mampu menguraikan pestisida dan polutan di dalam tanah. Secara tidak langsung mikroba ini berperan penting dalam siklus hara, immobilisasi hara sehingga dapat mencegah terjadinya kehilangan hara dari *rhizosfir*, terutama unsur hara yang bersifat mobil (*nitrat dan ammonium*).

b. Bersimbiosis Dengan Tanaman (*mutualists*), yaitu bakteri yang membentuk kerjasama atau partnership dengan tanaman, misalnya bakteri penambat N simbiosis dan interaksi bakteri dengan mikoriza (Tolanjer, 2006).

c. Bakteri Patogen, yaitu bakteri yang menyebabkan tanaman sakit atau menggunakan tanaman sebagai sumber makanan (substrat). Misalnya *Pseudomonas solanacearum* menyebabkan penyakit layu pada tanaman *solanaceae*, *Xymonas sp*, *Erwinia sp* dan *Agrobacterium sp* menimbulkan penyakit puru seperti bengkak akar atau *gall* pada tanaman.

d. Litotrof atau Chemolitotrof, yaitu bakteri memperoleh energi dari senyawa yang mengandung nitrogen, belerang, besi atau hidrogen namun tidak menggunakan senyawa karbon sebagai sumber energi. Bakteri ini berperan dalam siklus Nitrogen dan degradasi polutan atau senyawa *xenobiotika* di dalam tanah.

## 2. Jamur

Fungi atau Jamur adalah sel mikroskopik yang tumbuh memanjang seperti benang yang dikenal sebagai hifa dapat menembus diantara partikel tanah, akar tanaman dan bebatuan (Simarmata, 2012). Diameter hifa hanya beberapa  $\mu\text{m}$ , tetapi dapat tumbuh

memanjang hingga mencapai beberapa meter. Beberapa fungi hanya bersel satu seperti ragi (*yeast*). Hifa yang tumbuh membentuk massa atau bergabung disebut sebagai *mycelium* atau tebal menyerupai kawat dan disebut sebagai *rhizomorphs* yang tampak seperti akar. (NRCS, 2004).

Jamur memiliki peranan yang sangat penting dalam ekosistem tanah untuk meningkatkan kesehatan dan kualitas tanah. Secara garis besar peranan jamur dalam tanah menurut Simarmata (2012) antara lain adalah sebagai berikut;

- a. Merombak senyawa organik.
  - b. Meningkatkan akumulasi bahan organik tanah.
  - c. Retensi nutrisi dalam tanah.
  - d. Mengikat partikel-partikel tanah.
  - e. Merupakan sumber makanan bagi organisme tanah lainnya.
  - f. Meningkatkan ketersediaan air dan nutrisi bagi tanaman (cenda-wan mikoriza).
  - g. Berkompetisi dan mengendalikan populasi organisme yang patogen pada tanaman.
3. Protozoa.

Protozoa adalah hewan bersel tunggal yang sebagian besar berukuran mikroskopik dan sebagian lagi termasuk makroskopik (Diameter : 5 – 500  $\mu\text{m}$ ). Menurut Simarmata (2012), Protozoa berperan penting dalam proses mineralisasi bahan organik dan menghasilkan unsur hara tersedia bagi tanaman dan organisme lainnya. Protozoa seperti nematoda mempunyai kandungan N-ratio yang lebih kecil dibandingkan dengan bakteri. C/N protozoa adalah 10:1 sedangkan bakteri 3:1 – 10:1 yang artinya, bakteri yang dimangsa oleh protozoa mengandung terlalu banyak N sehingga kelebihan N tersebut dikeluarkan dalam bentuk ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) yang sangat diperlukan oleh tanaman

#### 4. Nematoda

Nematoda adalah cacing tidak bersegmen dengan ukuran diameter kurang lebih 50  $\mu\text{m}$  dan panjang 2,5 cm (1 inchi). Secara alami nematoda akan terdapat di daerah atau zona yang cukup bahan makanan, yaitu mangsa dari nematoda tersebut (Simarmata, 2012). Sebagian besar nematoda termasuk dalam kategori menguntungkan (*beneficial organism*) bagi tanaman dan meningkatkan kualitas tanah. Peranan dan fungsi nematoda yang terpenting dalam tanah menurut Simarmata (2012) antara lain adalah;

- a. Silkus hara (*Nutrients cycling*). Nematoda berperan penting dalam proses mineralisasi dan melepaskan nutrisi dalam bentuk tersedia bagi tanaman. Jika nematoda memangsa bakteri atau fungi, maka  $\text{NH}_4^+$  akan dilepaskan atau dieksresikan ke luar tubuhnya karena baik bakteri maupun fungi mengandung lebih banyak nitrogen daripada yang dibutuhkan oleh nematoda.
- b. Grazing. Nematoda dengan populasi pemakan organisme lainnya sebagai mangsanya, maka populasi korban tersebut dapat meningkat atau distimulir. Jika bakteri yang dimangsa, maka populasi bakteri tersebut akan meningkat. Jika tanaman yang dimangsa, maka pertumbuhan tanaman akan meningkat. Pada populasi yang tinggi, maka populasi organisme yang mangsa akan berkurang. Konsekuensinya dapat menurunkan pertumbuhan tanaman, dan menimbulkan pengatur negatif terhadap pertumbuhan dan perkembangan jamur *mycorrhiza* dan menurunkan laju dekomposisi dan immobilisasi oleh bakteri maupun jamur (fungi).
- c. Distribusi Mikroba (*Dispersal microbes*). Nematoda berperan penting dalam distribusi atau transportasi bakteri maupun jamur di rhizosfir atau perakaran tanaman dengan membawa mikroba pada permukaan tubuhnya atau dalam pencernaannya dalam bentuk hidup atau dalam bentuk dorman.
- d. Sumber Makanan. Nematoda merupakan sumber makanan bagi level organisme predator yang lebih tinggi, nematoda predator, arthropoda mikro dan insekta dalam tanah.
- e. Menekan Patogen. Sebagian besar nematoda mampu menekan pertumbuhan dan perkembangan organisme parasit atau penyebab penyakit dalam tanah atau melindungi akar dari parasit. Tetapi sebagian nematoda juga menyebabkan penyakit pada akar tanaman (*plant feeders*).

## 5. Arthropoda

Arthropoda adalah hewan tidak bertulang belakang (*Invertebrates*) sehingga pergerakannya sangat tergantung pada kulit eksternal yang dikenal sebagai eksoskeleton. Ukurannya bervariasi dari mulai mikroskopik sampai makroskopik (beberapa inchi). Sebagian besar hama termasuk Arthropoda, termasuk insekta antara lain: kumbang, *Springtails*, Laba-laba, *Crustaceae*, Rayap, Tungau, *Colembola*, *Myriapoda*, *Centipedes*, *Millipede*, Kalajengking (Ingham, 2004). Populasi arthropoda umumnya terkonsentrasi pada tanah lapisan atas, dan semakin dalam populasinya semakin sedikit. Hal ini, berkaitan erat dengan ketersediaan makanan dan kondisi lingkungan yang

diperlukan oleh organisme tersebut. Pada tanah lapisan atas populasinya berkisar antara 500 – 200.000 ekor/yard (tergantung dari jenis tanah, vegetasi dan sistem pengelolaan).

## 6. Cacing Tanah

Cacing tanah merupakan indikator dalam menentukan kualitas tanah. Tanah subur umumnya dicirikan dengan tingginya populasi cacing. Populasi cacing berkaitan erat dengan karakteristik lokalita (setempat), yaitu ketersediaan makanan, kondisi tanah, musim dan jenis (Simarmata. 2012). Populasi cacing pada tanah subur dapat mencapai hingga 300 – 1000 ekor/m<sup>2</sup>. Tanah dikatakan subur bila mengandung sekitar 100 ekor/m<sup>2</sup>. Cacing tanah yang berperan penting dalam meningkatkan kualitas tanah (*soil quality*) dan pertanian termasuk *Familie Lumbricidae*, meliputi *genus Lumbricus*, *Aporrectodea*. Populasi cacing akan meningkat dengan bertambahnya kandungan bahan organik tanah.

Jaringan makanan (*food web*) dari setiap ekosistem akan bervariasi satu dengan yang lainnya. ekosistem lahan kering, lahan basah, hutan dan lahan pertanian lainnya akan mempunyai jaringan makanan spesifik. Perbedaan tersebut juga tercermin dalam proporsi populasi bakteri, fungi dan organisme lainnya (Smith dan Collins, 2007). Perbedaan tersebut merupakan resultant dari:

1. Tanah (jenis tanah).
2. Vegetasi (jenis dan umur vegetasi).
3. Faktor iklim (curah hujan, temperatur).
4. Topografi.
5. Manajemen pengelolaan lahan.

Pada dasarnya, jumlah dan komposisi organisme dalam suatu ekosistem akan menentukan struktur jaringan makanan dalam tanah. Setiap ekosistem akan memiliki struktur jaringan yang spesifik. Hal ini terjadi karena, keberadaan suatu organisme (*trophic level*) akan menentukan keberadaan organisme lainnya. Menurut Simarmata (2012), struktur jaringan makanan tersebut dapat terlihat dari :

- a. Ratio Bakteri dengan Fungi : Setiap ekosistem memiliki perbandingan bakteri dengan jamur yang spesifik. Dominasi bakteri umumnya terdapat pada tanah pertanian dan padang rumput. Lahan pertanian yang dikelola secara intensif memiliki perbandingan sekitar 1 : 1 atau kurang dihitung berdasarkan biomassa. Sebaliknya pada tanah hutan, jamur akan mendominasi rantai makanan pada lahan tersebut dengan

perbandingan sekitar 5 : 1 sampai 10:1, bahkan pada hutan pinus (*conifer*) ratio tersebut bisa mencapai 100 : 1 (Ingham, 2004).

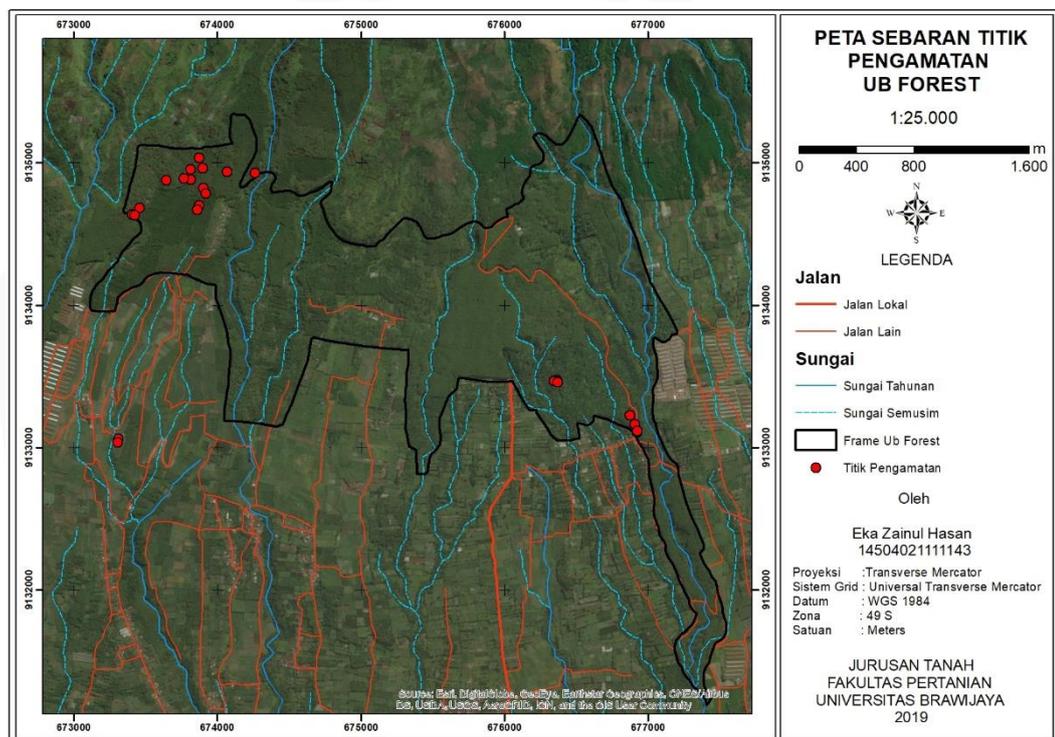
b. Organisme : Kehadiran suatu organisme dalam tanah akan menggambarkan keberadaan sumber makanannya. Jika di dalam tanah terdapat banyak protozoa, maka dapat dipastikan bahwa di dalam tanah tersebut terdapat populasi bakteri yang besar. Artinya, populasi bakteri lebih dominan dari fungi. Demikian juga, akan terdapat populasi nematoda yang menggunakan bakteri sebagai makanannya akan lebih banyak jumlahnya dari pada nematoda yang memakan fungi.

c. Pengelolaan : Pengelolaan lahan akan mempengaruhi secara langsung struktur rantai makanan. Penambahan suatu *substrat* atau tindakan pengolahan tanah akan merubah ketersediaan makanan dan kondisi mikro yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan organisme tanah. Misalnya ; pengolahan lahan akan meningkatkan ratio fungi terhadap bakteri, dengan demikian populasi cacing tanah dan antropoda akan menjadi lebih banyak. Pemahaman akan ekosistem yang menguntungkan dari sudut pandang manusia dan kepentingan lingkungan merupakan faktor penting untuk membentuk pertanian ekologis yang berkelanjutan.

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2017 sampai dengan bulan Mei 2018 bertempat di Dusun Summersari dan Dusun Bocek, Desa Tawang Argo, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur yang terdiri dari kegiatan pengambilan data dan identifikasi makrofauna tanah. Identifikasi makrofauna tanah dilakukan di Laboratorium Biologi, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengamatan

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Pengambilan Sampel Di Lapangan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi GPS (*Global Positioning System*), cetok, meteran, tali rafia, plastik, mikroskop binokuler, buku KDS (Kunci Determinasi Serangga), kamera, pinset dan alat tulis. Sedangkan untuk bahan yang digunakan selama penelitian meliputi air sabun, alkohol 70 %, Formalin 5 %, serta sampel makrofauna yang telah di sortir.

### 3.2.2 Analisis Laboratorium

#### a) Laboratorium Biologi Tanah

Alat dan bahan yang digunakan di Laboratorium Biologi Tanah adalah mikroskop binokuler, pinset, buku KDS (Kunci Determinasi Serangga), kamera dan alat tulis. Alat-alat tersebut digunakan untuk membantu dalam identifikasi makrofauna yang didapat dari Hand Shorting. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu sampel populasi makrofauna yang didapatkan dari lokasi penelitian dan telah di sortir.

#### b) Laboratorium Fisika Tanah

Alat dan bahan yang digunakan di Laboratorium Fisika Tanah adalah bejana, satu set ayakan (4,75 mm, 2 mm, 1 mm, 500  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$ ), timbangan, cawan, corong, baki, oven, kamera dan alat tulis. Sedangkan bahan yang digunakan adalah sampel tanah komposit. Hal ini digunakan dalam proses pengayakan basah untuk analisis C-Fraksionasi POM C.

#### c) Laboratorium Kimia Tanah

Alat dan bahan yang digunakan di Laboratorium Kimia Tanah adalah timbangan, gelas ukur, pipet, labu erlenmeyer 250 ml, magnetik stirer, buret asam. Sedangkan bahan yang digunakan adalah sampel tanah komposit hasil ayakan basah, akuades,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Asam Sulfat),  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (Kalium Dikromat), indikator *diphenylamine*,  $\text{FeSO}_4$  (Ferro Sulfat).

#### d) Pengukuran Biomassa

Alat dan bahan yang digunakan di laboratorium dalam pengukuran biomassa ini adalah timbangan, oven, alat tulis, amplop dan kamera. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan adalah sampel serasah daun, ranting, akar dan understorey.

### 3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini tidak menggunakan rancangan dikarenakan memakai metode survei pada jenis-jenis tutupan lahan yang ada di UB Forest, terdapat 8 jenis penggunaan lahan yang dijadikan sebagai plot pengamatan antara lain :

Tabel 1. Plot Pengamatan Berdasarkan Tutupan lahan

Plot	Keterangan
PK 1	Pinus (kelas umur 4) + Kopi
PK 2	Pinus (kelas umur 7) + Kopi
PK 3	Pinus (kelas umur 8) + Kopi
PK 4	Pinus (kelas umur 6) + Kopi
Pmo	Pinus Monokultur (kelas umur 5)
PS	Pinus (kelas umur 8) + Sayur (Kubis, Wortel, dan Cabai)
MT	Mahoni (kelas umur 8) + Talas
MK	Mahoni (kelas umur 8) + Kopi

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

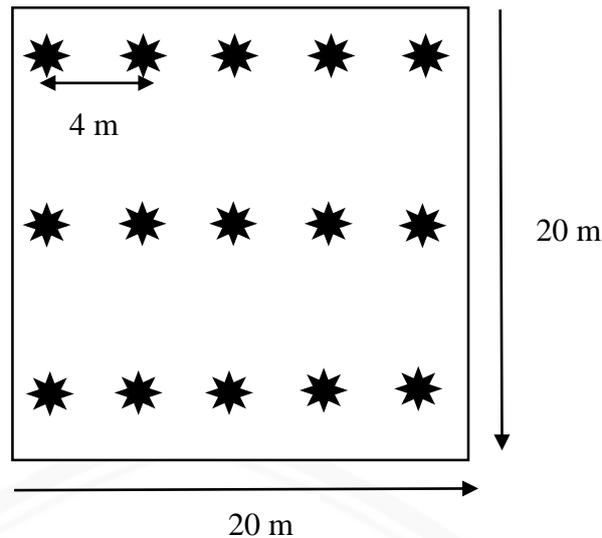
#### 3.4.1 Penentuan dan Pembuatan Plot

Penentuan plot menggunakan metode survey dengan menggunakan alat GPS (Global Positioning System) dengan titik koordinat yang sudah ditentukan yaitu berdasarkan tutupan lahan dengan kelas umur yang berbeda-beda (tabel 1). Setelah itu, membuat plot berukuran 20 m x 20 m dengan menggunakan meteran, tali rafia dan patok kayu.

#### 3.4.2 Pengambilan Makrofauna Tanah Metode Pitfall

Setiap lokasi pengambilan sampel makrofauna tanah ditentukan secara terstruktur sebelumnya. Pada masing – masing lokasi pengamatan dalam petak berukuran 20 x 20 meter diambil sebanyak 15 titik sampling dengan pengaturan jarak sejauh 4 meter antar titik sampling.

Penangkapan makrofauna tanah dilakukan dengan menggunakan metode perangkap pitfall. Pengambilan dilakukan dengan cara sampel yang terperangkap dalam pitfall dimasukkan ke dalam plastik, setelah itu sampel di sortir berdasarkan jenisnya lalu diawetkan menggunakan alkohol 70% atau Formalin 5% untuk menjaga keutuhan sampel.



Gambar 2. Susunan *Pitfall Trap* dalam plot

### 3.4.3 Identifikasi Makrofauna

Setelah pengambilan makrofauna di lapangan, melakukan identifikasi di laboratorium namun sebelumnya makrofauna harus disortir terlebih dahulu sesuai dengan bentuk dan jenisnya kemudian dihitung populasinya. Identifikasi makrofauna pada penelitian ini diidentifikasi hingga tingkat famili menggunakan buku kunci determinasi serangga (KDS), *Study of Insects*. 7 th Edition (Borror et al., 2005). Untuk menjaga keakuratan dalam proses identifikasi dapat menggunakan mikroskop binokuler untuk mengamati sifat makrofauna yang berukuran kecil seperti semut, cacing tanah dan lain-lain.

### 3.5 Analisis Data

Dari hasil identifikasi dan kuantifikasi makrofauna tanah yang telah didapat maka dilanjutkan dengan penghitungan indeks keanekaragaman atau kelimpahan dan indeks nilai penting makrofauna yang telah didapatkan pada masing-masing plot pengamatan. Selanjutnya diuji ANOVA apabila terdapat pengaruh dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji BNT dengan taraf 5%. Uji ANOVA dan BNT dilakukan dengan menggunakan program Genstat 18th. Data-data perhitungan indeks keanekaragaman dihitung menggunakan rumus:

#### **Indeks Kelimpahan atau Keanekaragaman Jenis (*Indeks of Heterogenity*)**

Untuk mengetahui indeks diversitas pada masing-masing plot pengamatan digunakan rumus indeks diversitas Shannon (Magurran, 1988) dengan persamaan:

$$H' = \sum_{\substack{i=1 \\ P_i=ni/N}}^S [P_i \ln P_i]$$

Keterangan:

H' = Indeks keanekaragaman jenis

ni = Jumlah individu suatu jenis

N = Jumlah individu seluruh jenis

Pi = Proporsi jumlah individu jenis ke-i dengan jumlah individu semua jenis

Jika nilai H' <1, maka komunitas makrofauna dengan kondisi lingkungan kurang stabil; jika nilai H' antara 1-2, maka komunitas makrofauna dengan kondisi lingkungan stabil; jika nilai H' >2, maka komunitas makrofauna dengan kondisi lingkungan sangat stabil (Kent dan Paddy, 1992).

### **Indeks Kemerataan Spesies (e)**

Indeks kemerataan spesies dinyatakan dengan rumus:

$$e = \frac{H'}{\ln S}$$

Keterangan:

e : Indeks kemerataan Pielou evenness

H' : Indeks keanekaragaman spesies

S : Jumlah spesies

Indeks kemerataan jenis menunjukkan perataan penyebaran individu dari jenis-jenis organisme yang menyusun suatu ekosistem. Magurran (1988) menyatakan bahwa kriteria yang digunakan untuk menginterpretasikan kemerataan evenness yaitu: jika nilai e < 0,3 kemerataan rendah; nilai e diantara 0,3-0,6 kemerataan sedang; jika nilai e > 0,6 dapat dikatakan kemerataan tinggi.

### **Indeks Kekayaan Spesies (*Richness Index*)**

Nilai kekayaan spesies digunakan untuk mengetahui keanekaragaman spesies berdasarkan jumlah spesies pada suatu ekosistem. Indeks yang digunakan adalah indeks kekayaan spesies Margalef (Ludwig dan Reynolds 1988):

$$DMg = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

Keterangan:

DMg = Indeks kekayaan spesies Margalef

S = Jumlah spesies yang ditemukan

N = Jumlah individu seluruh spesies

Indeks kekayaan spesies Margalef merupakan indeks yang menunjukkan kekayaan spesies suatu komunitas, dimana besarnya nilai ini dipengaruhi oleh banyaknya spesies dan jumlah individu pada area tersebut. Nilai dari indeks kekayaan spesies Margalef ini digunakan untuk membandingkan tingkat kekayaan spesies pada 2 atau lebih komunitas.

### **Indeks Dominansi Simpson (1/D)**

Penentuan spesies dominan didasarkan pada indeks dominansi simpson menggunakan rumus (Brower *et al.* 1990):

$$D = \frac{\sum ni (ni - 1)}{N(N - 1)}$$

Keterangan : ni = Jumlah seluruh individu spesies ke-I; N = Jumlah seluruh individu dari seluruh spesies

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil

Hasil makrofauna yang telah ditemukan dan teridentifikasi selama Bulan Desember 2017 sampai dengan Bulan Februari 2018 pada berbagai macam tutupan lahan di hutan UB Forest secara spesifik disajikan pada Tabel.

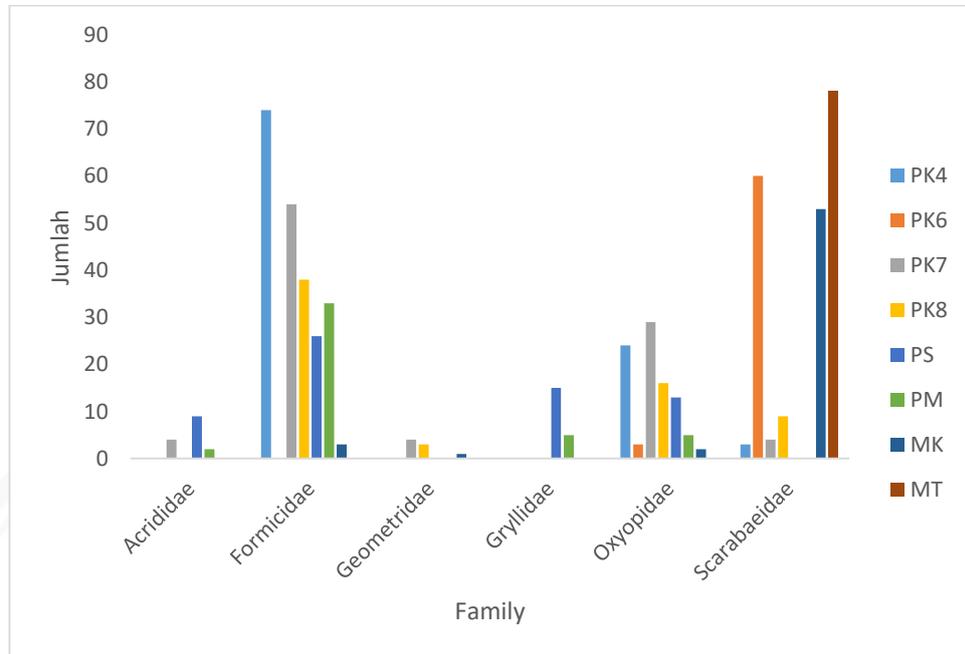
Tabel 1. Keragaman Makrofauna pada Berbagai Tutupan lahan

Keragaman Makrofauna			Tutupan lahan							
Kelas	Ordo	Family	PK4	PK6	PK7	PK8	PM	PS	MT	MK
Insecta	Orthoptera	Acrididae	-	-	4	-	2	9	-	-
		Gryllidae	-	-	-	-	5	15	-	-
	Hymenoptera	Formicidae	74	-	54	38	33	26	-	3
	Lepidoptera	Geometridae	-	-	4	3	-	-	-	1
	Coleoptera	Scarabaeidae	3	60	4	9	-	-	78	53
Arachnida	Araneae	Oxyopidae	24	3	29	16	5	13	-	2
Jumlah Individu			101	63	95	66	45	63	78	59
Jumlah Spesies			21	10	25	15	13	18	9	12
Total Individu			572							
Total Spesies			123							

Keterangan: PK4 = pinus kopi kelas umur 20 tahun; PK6 = pinus kopi kelas umur 30 tahun; PK7 = pinus kopi kelas umur 35 tahun; PK8 = pinus kopi kelas umur 40 tahun; PM = pinus mono; PS = pinus sayur; MT = mahoni talas; MK = mahoni kopi.

Berdasarkan data tabel dapat diketahui bahwa hasil identifikasi makrofauna tanah secara keseluruhan terdiri dari 2 fillum, 2 kelas, 5 ordo, dan 6 famili dengan total individu makrofauna tanah yang didapatkan yaitu sebanyak 572 morfospesies dan total spesies makrofauna tanah yaitu sebanyak 123 spesies. Kelimpahan individu makrofauna tertinggi ditemukan pada jenis tutupan lahan Pinus Kopi kelas umur pinus 20 tahun (PK4) yaitu sebanyak 101 morfospesies. Sedangkan, jumlah individu makrofauna terendah terdapat pada jenis tutupan lahan Pinus Mono (PM) yaitu sebanyak 45 morfospesies. Kelimpahan spesies makrofauna tanah tertinggi yang telah ditemukan berada pada jenis tutupan lahan Pinus Kopi kelas umur 35 th (PK7) yaitu sebanyak 25 spesies, berikutnya kelimpahan spesies makrofauna tanah tertinggi kedua berada pada jenis tutupan lahan Pinus Kopi kelas umur 20 th (PK4)

yaitu sebanyak 21 spesies. Kelimpahan spesies makrofauna yang ditemukan terendah berada pada jenis tutupan lahan Mahoni Talas (MT) yaitu sebanyak 9 spesies.



Gambar 1. Diagram jumlah famili pada masing-masing plot

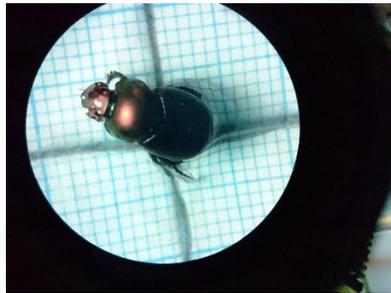
Dari grafik diatas diketahui pola sebaran morfospesies pada berbagai tutupan lahan di UB Forest, dimana banyak diantaranya terdiri atas family formicidae, scarabaeidae dan juga oxyopidae yang hampir ditemukan pada setiap plot tutupan lahan. Ada beberapa tipe morfospesies tertentu yang hanya terdapat pada tipe tutupan lahan tertentu dan tidak ditemukan pada tutupan lahan yang lain.

#### 4.1.1 Deskripsi Makrofauna Kelas Insecta

##### 4.1.1.1 Ordo Coleoptera Famili Scarabaeidae

Kelompok makrofauna ini berasal dari Kelas Insekta Famili dari Scarabaeidae ditemukan pada 6 plot pengamatan yaitu: PK, MT, dan MK. Peran dari makrofauna yang berasal dari ordo Coleoptera ini sebagai dekomposer. Kumbang-kumbang tanah ini adalah famili yang terbesar ketiga dari kumbang-kumbang lain. Anggota-anggotanya memperlihatkan variasi yang besar dalam ukuran, bentuk dan warna. Kebanyakan jenis adalah gelap, mengkilat, dan agak gepeng dengan elitra yang bergaris-garis (Borror *et al.* 2005).

Kumbang Scarabaeidae ini adalah kelompok yang memiliki 1400 jenis dan anggota-anggotanya sangat bervariasi dalam ukuran, warna dan kebiasaan-kebiasaan. Scarabaeidae adalah kumbang yang cembung, bulat telur atau memanjang, dan bertubuh berat, dengan 5 tarsi, mulut 8-11 ruas dan berlembar. Variasi bentuk imago Scarabaeidae warna hitam dan mengkilat pada sayap depan dan Carabidae, dengan warna merah muda dan timbul garis-garis pada sekitar sayap depan. Abdomen dari kumbang ini nampak cembung dengan ujung yang lancip dan terdapat garis-garis pada sayap depannya.



(a)

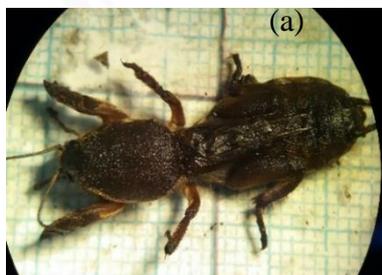


(b)

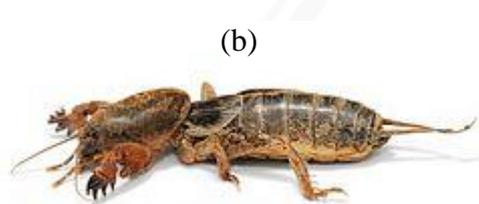
Gambar 2. (a) Dokumentasi imago Kumbang Kotoran (Coleoptera: Scarabaeidae) (b) gambar literatur Kumbang Kotoran (Coleoptera: Scarabaeidae) (Bug guide.net, 2018)

#### 4.1.1.2 Ordo Orthoptera Famili Gryllidae

Kelompok makrofauna yang berasal dari Famili Gryllinae memiliki ciri femur kaki belakang jelas lebih besar daripada femur kaki depan antenna sama panjang atau lebih panjang dari panjang tubuhnya tibia kaki depan membesar dan digunakan untuk menggali. Kelompok makrofauna ini ditemukan pada 2 plot pengamatan yaitu PS dan PM.



(a)



(b)

Gambar 3. (a) Dokumentasi Orthoptera: Gryllinae) (b) gambar literatur Orthoptera: Gryllinae (Bug Guide.net, 2018)

Jangkrik ini sangat mirip dengan Anjing Tanah (orok-orok), tetapi biasanya lebih besar, dan mereka bervariasi warnanya dari kecoklat-coklatan sampai hitam. Jenis ini tidak bersayap, mata tunggal tersusun dalam satu segitiga tumpul, alat perteluran paling tidak separuh panjang dari femora belakang. Serangga ini suka sekali menyerang umbi tanaman bawang merah (Borror *et al.* 2005).

#### 4.1.1.3 Ordo Hymenoptera Deskripsi Formicidae

Semut (Hymenoptera: Formicidae) merupakan makrofauna yang paling banyak ditemukan pada seluruh plot pengamatan. Ciri-ciri morfologinya memiliki *petiolus* yang tegak, memiliki sepasang antena. Peran semut dalam suatu ekosistem dapat dikategorikan sebagai predator serangga hama.

Kelompok semut ini adalah kelompok yang sangat umum dan menyebar luas. Mereka terdapat dimana-mana. Satu dari sifat-sifat struktural yang jelas dari semut adalah bentuk tangkai (*pendicel*) metasoma, satu atau dua ruas dan mengandung gelambir yang mengarah ke atas. Mulut-mulut biasanya menyiku (yang jantan mulut-mulutnya dapat berbentuk seperti rambut), dan ruas pertama seringkali sangat panjang. Ada yang bersayap dan tidak bersayap, ukuran betina lebih besar dibandingkan yang jantan dalam apabila bersayap (Borror *et al.* 2005).



(a)



(b)

Gambar 4. (a) Dokumentasi Semut (Hymenoptera: Formicidae) (b) gambar literatur Semut (Hymenoptera: Formicidae) (Bug Guide.Net, 2018).

#### 4.1.1.4 Ordo Orthoptera Famili Acrididae

Kelompok makrofauna ini termasuk ke dalam Kelas Insecta Famili Acrididae, serangga ini ditemukan pada 3 plot pengamatan yakni PK7, PM dan PS.



Gambar 5. Dokumentasi Famili Acrididae dan gambar letiratur acrididae (Bug Guide.Net, 2018)

Famili Acrididae memiliki ciri antenna pendek, pronotum tidak memanjang, tarsi beruas 3 buah. Banyak ditemukan di daerah berumput, daerah erring, pepohonan, padi, tembakau, jagung, tebu. Dikenal sebagai pemakan tanaman yang merugikan (Siwi, 1991).

#### 4.1.1.5 Ordo Lepidoptera Famili Geometridae

Geometridae merupakan salah satu family Lepidoptera. Family ini merupakan family yang banyak tersebar. Family ini memiliki sekitar 26.000 jenis (lebih dari 300 berada di Kepulauan Inggris, dan lebih dari 1.200 spesies asli berada di Amerika Utara). Spesies ini pada umumnya berukuran sedang, sekitar 3 cm lebar sayap, tetapi berbagai ukuran terjadi dari 3 / 8 inchi ke 2 inchi (9.5-51 mm). (Borror, 1992). Tubuhnya dilengkapi dengan appendages di kedua ujung tubuhnya, yang akan dihubungkan dengan kaki depan dan membuat bagian belakang, maka dengan penghubung bagian belakang (prolegs). Caterpillars cenderung berwarna hijau, abu-abu, atau coklat. Kupu-kupu anggota Familia Geometridae terkenal dengan ulatnya yang disebut ulat kian (ulat jengkal).

### 4.1.2 Deskripsi Kelas Arachnida

#### 4.1.2.1 Ordo Araneae Famili Oxyopidae

Kelompok makrofauna ini termasuk ke dalam Kelas Arachnida Famili Oxyopidae memiliki ciri-ciri tubuh berwarna oren memiliki delapan tungkai kaki berwarna kuning memiliki sepasang antena. Kelompok famili Oxyopidae ini ditemukan hamper seluruh plot pengamatan mulai dari: Pnus Kopi (PK), Pinus Mono (PM) hingga Mahoni Kopi (MK).



(a)



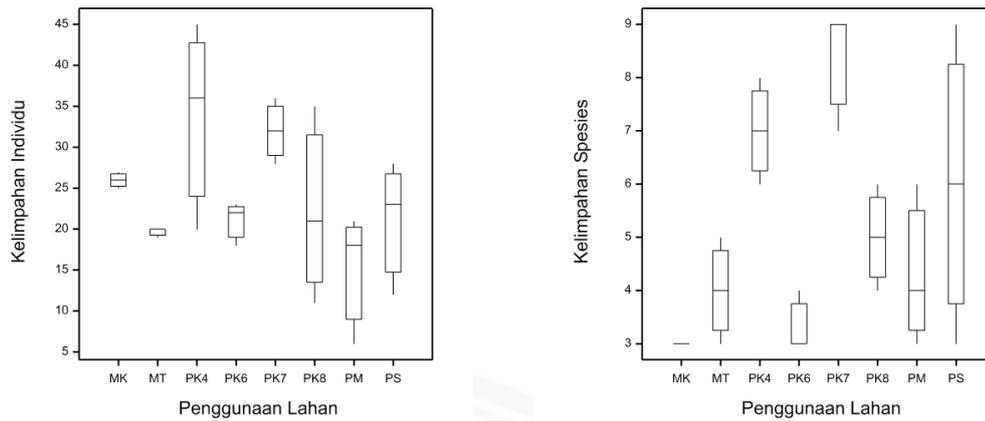
(b)

Gambar 6. (a) Dokumentasi Famili Oxyopidae dan (b) gambar literature Oxyopidae (Bug guide.net,2018)

Predator spesies *Oxyopes* sp mudah dikenal dengan melihat mata dan kakinya yang seperti berduri – duri panjang, Abdomen meruncing ke belakang, susunan mata berpola bundar. Perilaku spesies ini melompat dan memanjat dengan cepat diantara batang dan daun – daun untuk mendapatkan mangsa dengan cara mengejar dan menyambarnya. Spesies *Oxyopes* sp menyukai tempat yang kering dan mulai membuat koloni di lahan padi yang telah berbentuk tajuk daun padinya. (Borror *et al.* 2005).

#### 4.1.3 Pengaruh Jenis Tutupan lahan Terhadap Kelimpahan Makrofauna

Hasil uji ANOVA didapatkan hasil ( $F_{7,16}=2,10$ )( $P=0,104$ ) bahwa kelimpahan individu makrofauna tanah tidak dipengaruhi oleh perbedaan jenis tutupan lahan. Sedangkan kelimpahan spesies makrofauna tanah dalam hal ini dipengaruhi oleh berbagai jenis tutupan lahan di UB Forest ( $F_{7,16}=5,19$ )( $P=0,003$ ).



Gambar 10 : (a) Boxplot kelimpahan individu makrofauna ( $F_{7,16} = 2,10$ ,  $P = 0.104$ ) dan (b) kelimpahan spesies makrofauna ( $F_{7,16} = 5,19$ ,  $P = 0.003$ ) tipe tutupan lahan berbeda. Kode yang terdapat di dalam gambar plot pengamatan.

Diagram boxplot di atas menggambarkan bahwa perbedaan tipe tutupan lahan di UB Forest berpengaruh pada kelimpahan spesies makrofauna tanah. Hal tersebut dilihat pada diagram box pada masing-masing tutupan lahan dari uji annova yang dilakukan didapatkan nilai  $P=0,003$ . Pengaruh dari jenis tutupan lahan terhadap kelimpahan spesies makrofauna tanah ini diduga dari jenis keragaman vegetasi akan tutupan lahan yang berbeda mengakibatkan jumlah spesies makrofauna tanah yang semakin beragam.

Struktur dan komposisi organisme tanah, terutama makrofauna, sangat bergantung pada kondisi lingkungannya (Makalew, 2001). Dalam hal ini terdapat dua faktor lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap komposisi makrofauna tanah yaitu struktur vegetasi yang menentukan tingkah laku dan produksi serta kualitas serasah yang tergantung pada populasi organisme herbivora.

Pinus Kopi kelas umur pinus 35 tahun (PK7) memiliki indeks keanekaragaman (H) makrofauna tanah tertinggi dengan nilai indeks 3,21. Indeks keanekaragaman tertinggi (H) berikutnya berada pada tutupan lahan Pinus Kopi kelas umur 20 tahun dan Pinus Sayur dengan nilai indeks keanekaragaman (H) masing-masing yaitu 3,00 dan 2,85. Sedangkan, indeks keanekaragaman (H) terendah berada pada jenis tutupan lahan Mahoni Kopi dengan nilai indeks keanekaragaman (H) 2,19. Hasil analisis Indeks diversitas dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Indeks Pada Berbagai Tutupan lahan

Tutupan lahan	Indeks Keanekaragaman (H)	Indeks Kemerataan (e)	Indeks Kekayaan (DMg)	Indeks Dominansi (1/D)
PK4	3,00	0,99	3,03	19,90
PK6	2,29	0,99	1,68	10,33
PK7	3,21	0,99	3,59	25,47
PK8	2,62	0,96	2,39	13,32
PM	2,48	0,96	2,23	12,11
PS	2,85	0,98	2,80	17,68
MT	2,48	1	2,01	12,58
MK	2,19	1	1,46	9,31

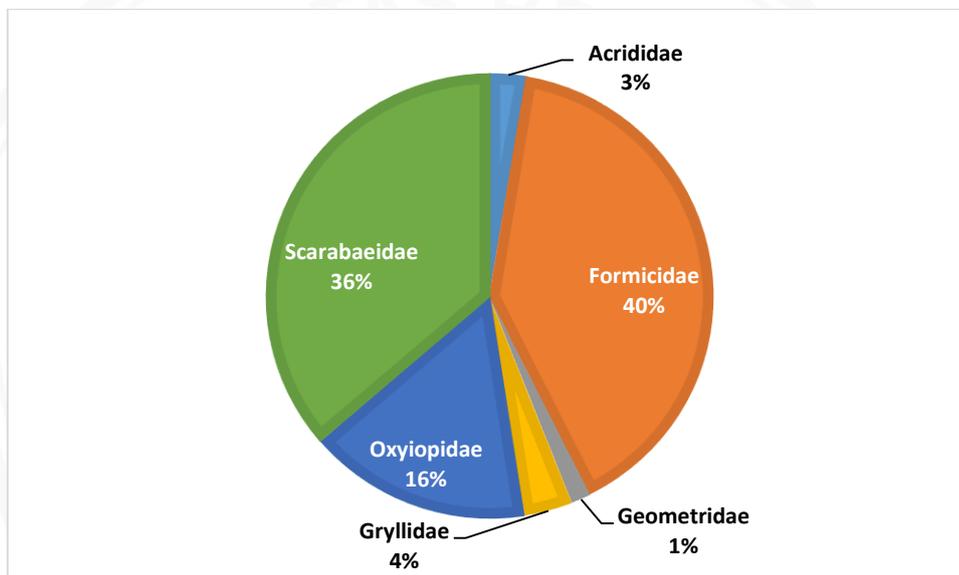
Secara keseluruhan indeks keanekaragaman (H) pada jenis penggunaan yang beragam memiliki nilai H indeks <3 yang klasifikasinya termasuk dalam kategori tinggi. Nilai H indeks jika memiliki nilai > 2 termasuk dalam kategori tinggi yang menandakan bahwa komunitas makrofauna tanah berada dalam kondisi lingkungan yang sangat stabil (Kent dan Paddy, 1992). Tingginya nilai H indeks pada jenis tutupan lahan yang beragam menandakan bahwa suatu komunitas makrofauna tanah berada pada kondisi lingkungan yang sangat stabil..

Dari hasil perhitungan indeks kemerataan jenis secara keseluruhan yang menunjukkan nilai mendekati 1 pada seluruh tutupan lahan menandakan bahwa pada seluruh tutupan lahan tidak ada jenis makrofauna tanah yang mendominasi. Odum (1993) menjelaskan, indeks kemerataan (e) berkisar 0-1 Apabila nilai mendekati 1 kemerataan tinggi yang menunjukkan tidak ada jenis morfospesies yang mendominasi pada suatu kawasan/plot.

Hasil perhitungan Indeks kekayaan spesies (DMg) dapat diketahui bahwa indeks kekayaan tertinggi berada pada jenis tutupan lahan Pinus Kopi kelas umur pinus 35 th (PK7) sebesar 3,59. Hal ini ditunjang dengan besarnya data seresah pada area tersebut sehingga memungkinkan variasi dari spesies yang ada lebih cenderung beragam. Namun meskipun begitu apabila dibandingkan dengan kriteria nilai indeks margalef, pada plot ini masuk dalam kategori sedang (Moy *et al.*, 2013). Sedangkan, indeks kekayaan spesies pada jenis tutupan lahan Mahoni Kopi (MK) memiliki nilai indeks kekayaan terendah yaitu 1,46. Indeks dominansi pada tutupan lahan Pinus Kopi kelas umur 35 th (PK7) juga memiliki nilai yang tinggi yaitu

sebesar 25,7 sedangkan indeks dominansi terendah berada pada jenis tutupan lahan Mahoni Kopi (MK) yaitu sebesar 9,31.

Nilai indeks kekayaan jenis Margalef (DMg) menurut Ludwig dan Reynold (1988), menyatakan bahwa indeks yang menunjukkan kekayaan spesies suatu komunitas, dimana besarnya nilai ini dipengaruhi oleh banyaknya spesies dan jumlah individu pada area tersebut. Nilai dari indeks kekayaan spesies Margalef ini digunakan untuk membandingkan tingkat kekayaan spesies pada 2 atau lebih komunitas. Menurut Odum (1993) menyatakan bahwa nilai indeks dominansi yang tinggi menyatakan konsentrasi dominansi yang tinggi (dalam hal ini terdapat individu yang mendominasi), sebaliknya nilai indeks dominansi rendah menyatakan konsentrasi yang rendah.



Gambar 7. Total Keseluruhan Morfospesies Pada Berbagai Tutupan Lahan

Tingginya jumlah individu pada kelompok makrofauna sebangsa Semut (Hymenoptera: Formicidae) dengan jumlah populasi sebesar 40% dari total keseluruhan morfospesies yang ditemukan atau sejumlah 228 morfospesies, diduga semut memiliki sifat yang mampu beradaptasi pada berbagai lingkungan. Widrializa (2016), menjelaskan bahwa Semut merupakan serangga dengan jumlah jenis dan tingkat populasi yang melimpah karena kebiasaan hidupnya yang suka berkoloni, selain itu memiliki pola penyebaran yang luas sebagai hasil dari kemampuan semut dalam memodifikasi habitat, ketersediaan sumber makanan dan

pertahanan diri. Kemampuan dalam memodifikasi faktor eksternal tersebut memungkinkan koloni semut menetap di habitat yang sama bertahun-tahun.

#### 4.1.4 Hasil Pengukuran Data Seresah dan C-Organik pada Berbagai Tutupan Lahan

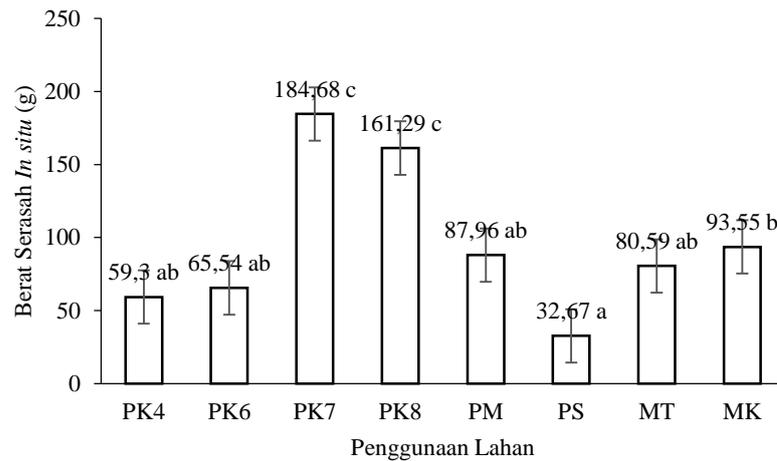
Hasil pengukuran kadar seresah, bahan organik dan C-organik pada berbagai tutupan lahan di UB Forest disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 3. Hasil Pengukuran Seresah, Bahan Masukan dan C-organik

No	Sifat Tanah	Tutupan Lahan							
		PK4	PK6	PK7	PK8	PM	PS	MK	MT
1.	Masukan Seresah (g)	122,1	157,2	355,7	352,2	71,5	49,7	208	317,5
2.	Berat seresah <i>in situ</i> (g/m <sup>2</sup> )	59,3	65,54	184,68	161,29	87,96	32,67	80,59	93,55
3.	Berat Biomassa (ton/ha)	201,7	260,8	255,7	417	218,1	260,2	236,1	425,5
4.	C-organik (%)	2,22	2,39	3,81	3,65	3,19	1,99	2,44	3,64
5.	Fraksi labil (%)	2,69	2,15	1,63	1,73	1,44	1,17	1,93	1,96
6.	Fraksi non labil (%)	2,45	1,65	1,89	1,58	1,4	1,11	2,15	1,83
7.	Bahan Organik	3,87	4,17	6,64	6,35	5,56	3,46	4,24	6,33

##### a) Berat Seresah *in situ*

Berdasarkan data Tabel 4, dapat diketahui bahwa hasil pengukuran masukan seresah di permukaan (*in situ*) pada jenis tutupan lahan Pinus Kopi kelas umur pinus 35 dan 40 th (PK7 dan PK8) lebih tinggi dengan urutan masing-masing masukan seresah sebesar 184,68 g/m<sup>2</sup> dan 161,29 g/m<sup>2</sup>. Sedangkan, jenis tutupan lahan Pinus Sayur (PS) memiliki masukan seresah yang rendah sebesar 32,67 g/m<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil uji ANOVA (Tabel Lampiran 5) didapatkan nilai ( $F_{7,16} = 20,44$ ) ( $P < 0,01$ ) yang berarti jenis tutupan lahan dan umur tanaman berpengaruh nyata terhadap berat kering seresah di permukaan dan hasil uji lanjut BNT 5 % dapat disajikan pada Gambar 11.

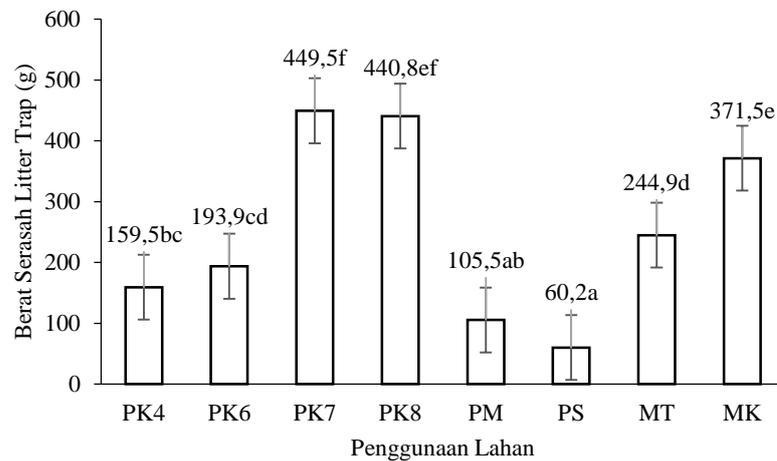


Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang berbeda menunjukkan plot tutupan lahan tidak beda nyata pada uji BNT 5 %.

Gambar 8. Rerata berat kering serasah *In Situ*

**b) Masukan Serasah Pada *Litter Trap***

Hasil analisis pengukuran masukan serasah berdasarkan data Tabel 4. yang dilakukan selama 10 minggu dengan menggunakan *litter trap* berukuran 1 m x 3 m, hasil uji ANOVA dengan perbedaan jenis tutupan lahan dan umur tanaman juga berpengaruh nyata dengan nilai ( $F_{7,16} = 100,06$ ) ( $P < 0,01$ ). Kemudian, hasil uji lanjut BNT 5 % dapat dilihat pada Gambar 12.



Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang berbeda menunjukkan plot tutupan lahan tidak beda nyata pada uji BNT 5 %.

Gambar 9. Rerata berat masukan serasah *Litter Trap*

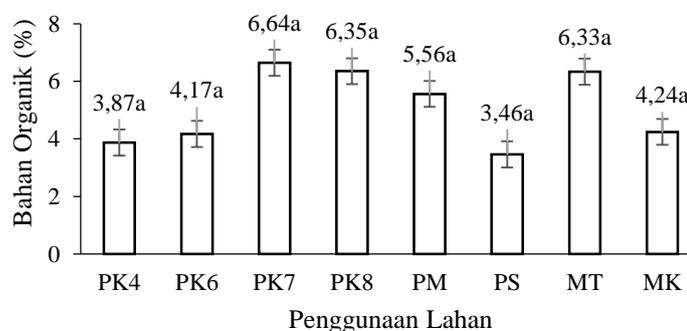
Berdasarkan data Tabel 4 dan Gambar 12. Dapat diketahui bahwa berat masukan serasah yang tertangkap pada litter trap tertinggi berada pada jenis tutupan

lahan Pinus Kopi kelas umur pinus 35 th dengan nilai sebesar 449,5 g/m<sup>2</sup>. Sedangkan, berat masukan serasah terendah berada pada jenis tutupan lahan Pinus Sayur (PS) 60,2 g/m<sup>2</sup>.

Dari data masukan serasah baik yang berada pada permukaan tanah (*In Situ*) maupun yang tertangkap pada *Litter Trap* dapat diketahui bahwa jenis tutupan lahan mempengaruhi produksi serasah yang masuk di permukaan diduga adanya pengaruh dari vegetasi sehingga hasil produksi serasah pada tutupan lahan dan umur tanaman yang berbeda menghasilkan serasah yang berbeda pula. Menurut Akburak dan Makineci (2013), yang menyatakan bahwa banyak serasah yang dihasilkan lahan dipengaruhi oleh berbagai vegetasi, spesies pohon, kualitas, kuantitas jatuhnya serasah, kerapatan dan strukturnya.

### c) Bahan Organik

Tutupan lahan dan umur tanaman yang berbeda berpengaruh nyata terhadap bahan organik dilihat pada hasil uji ANOVA didapatkan bahwa nilai ( $F_{7,16} = 2,73$ ) ( $P = 0,046$ ). Berdasarkan hasil uji lanjut BNT 5% dapat dilihat pada Gambar 12. Untuk melihat pengaruh antar tutupan lahan di uji lanjut menggunakan uji BNT 5% yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang berbeda menunjukkan plot tutupan lahan tidak beda nyata pada uji BNT 5 %.

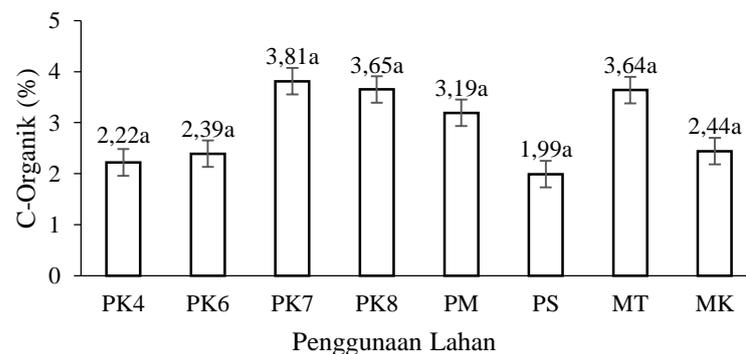
Gambar 10. Rerata bahan organik

Berdasarkan Gambar 13. Dapat diketahui bahwa bahan organik tertinggi berada pada jenis tutupan lahan Pinus Kopi kelas umur pinus 35 th (PK7) dan dengan nilai bahan organik sebesar 6,64 %. Sedangkan, nilai bahan organik terendah berada di jenis tutupan lahan Pinus sayur (PS) yaitu dengan nilai kandungan bahan organik sebesar 3,46 %. Rendahnya bahan organik pada tutupan

lahan Pinus Sayur diduga dari sistem penggunaan dan pengelolaan yang monokultur mampu menurunkan bahan organik. Sesuai dengan hasil penelitian Widiyanto *et al.* (2004) menunjukkan bahwa alih guna lahan hutan menjadi kopi monokultur di Lampung mengakibatkan perubahan sifat tanah permukaan berupa penurunan bahan organik dan jumlah ruang pori, dalam hal ini mengakibatkan tanah semakin padat dan terganggunya aktivitas organisme didalamnya begitu pula sebaliknya. Apabila kandungan bahan organik didalam tanah semakin banyak, aktivitas organisme didalamnya akan semakin meningkat sehingga tanah tersebut dapat dikatakan subur.

#### d) Kandungan C-Organik

Tutupan lahan dan umur tanaman yang berbeda berpengaruh nyata terhadap kandungan C-organik dilihat pada hasil uji ANOVA (Tabel Lampiran 8.) didapatkan bahwa nilai ( $F_{7,16} = 2,73$ ) ( $P = 0,046$ ). Berdasarkan hasil uji lanjut BNT 5 % dapat dilihat pada Gambar 14. Untuk melihat pengaruh antar tutupan lahan di uji lanjut menggunakan uji BNT 5 % yang dapat dilihat pada Gambar 14.



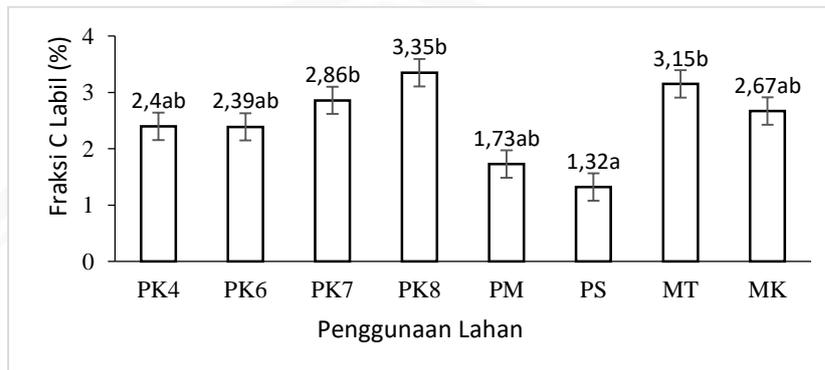
Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang berbeda menunjukkan plot tutupan lahan tidak beda nyata pada uji BNT 5 %.

Gambar 11. Rerata kandungan C-Organik

Berdasarkan Gambar 14. Dapat diketahui bahwa kandungan C-organik tertinggi berada pada jenis tutupan lahan Pinus Kopi kelas umur Pinus 35 th dan 40 th (PK7 dan PK8) serta jenis tutupan lahan Mahoni Talas (MT) yaitu dengan nilai kandungan C-organik masing-masing yaitu 3,81 %; 3,65 % dan 3,64 %. Sedangkan, nilai kandungan C-organik terendah berada pada jenis penggunaan Pinus Sayur (PS) dengan nilai kandungan C-organik sebesar 1,99 %.

### e) Rasio Fraksi C-Organik

Tutupan lahan dan umur tanaman yang berbeda berpengaruh nyata terhadap kandungan C antar fraksi yang dibagi menjadi dua bagian menurut ukurannya yaitu fraksi labil (ukuran fraksi 2 mm) dan fraksi non labil (ukuran fraksi 250  $\mu$ m) dilihat pada hasil uji ANOVA (Tabel Lampiran 10 dan 11) masing-masing didapatkan bahwa nilai fraksi C labil ( $F_{7,16} = 4,10$ ) ( $P < 0,009$ ) dan fraksi non labil ( $F_{7,16} = 4,36$ ) ( $P < 0,007$ ). Untuk melihat pengaruh antar tutupan lahan di uji lanjut menggunakan uji BNT 5 % yang dapat dilihat pada Gambar 15.

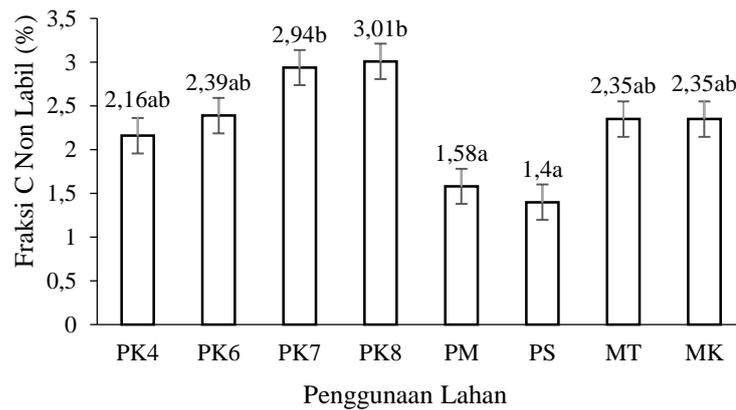


Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang berbeda menunjukkan plot tutupan lahan tidak beda nyata pada uji BNT 5 %.

Gambar 12. Rerata nilai fraksi C labil

Berdasarkan gambar diatas, dapat diketahui bahwa kandungan C fraksi labil pada jenis penggunaan lahan Pinus Kopi kelas umur pinus 40 th (PK8) dan Mahoni Talas (MT) memiliki nilai fraksi C labil tertinggi dengan nilai masing-masing sebesar 3,35 % dan 3,15% dibandingkan dengan fraksi C labil pada jenis tutupan lahan Pinus Sayur (PS) dengan nilai kandungan fraksi C labil yaitu 1,32 %.

Sementara itu, hasil uji lanjut BNT 5 % pada fraksi C non labil dapat dilihat pada gambar tersebut, dapat diketahui bahwa tinggi kandungan fraksi C non labil berada pada jenis tutupan lahan Pinus Kopi kelas umur pinus 40 th (PK8) dengan nilai kandungan fraksi C non labil masing-masing yaitu 3,01 %. Sedangkan, nilai kandungan fraksi C non labil terendah berada pada jenis tutupan lahan Pinus Sayur (PS) dengan nilai kandungan sebesar 1,4 %. Hasil uji lanjut BNT 5 % lebih lengkapnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang berbeda menunjukkan plot tutupan lahan tidak beda nyata pada uji BNT 5 %.

Gambar 13. Rerata kandungan fraksi C non labil

Rasio fraksi C dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan nilai fraksi C dibagi dengan nilai kandungan C-organik. Nilai rerata rasio antar fraksi C secara keseluruhan dapat diketahui bahwa fraksi labil memiliki nilai kandungan C lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi C non labil pada seluruh jenis tutupan lahan. Nilai rerata rasio antar fraksi C pada berbagai jenis tutupan lahan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 4. Nilai rerata rasio antar fraksi C pada berbagai jenis tutupan lahan di UB Forest

Plot	Kandungan C-Organik (%)	Fraksi C		Rasio Fraksi	
		Labil (%)	Non Labil (%)	Labil (%)	Non Labil (%)
PK4	2,22	2,4	2,16	1,081081	0,972973
PK6	2,39	2,39	2,34	1	0,979079
PK7	3,81	2,86	2,94	0,750656	0,771654
PK8	3,65	3,35	3,01	0,917808	0,824658
PM	3,19	1,73	1,58	0,54232	0,495298
PS	1,99	1,32	1,4	0,663317	0,703518
MT	3,64	3,15	2,35	0,865385	0,645604
MK	2,44	2,67	2,35	1,094262	0,963115

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa kandungan fraksi C non labil tertinggi berada pada jenis tutupan lahan Pinus Kopi kelas umur pinus 40 th (PK8) dengan nilai kandungan fraksi C non labil sebesar 3,01 %. Sedangkan, fraksi C non labil terendah berada di jenis tutupan lahan Pinus sayur (PS) dengan nilai kandungan fraksi C non labil sebesar 1,4 %.

Secara keseluruhan nilai kandungan C-organik dan berbagai fraksi C untuk jenis tutupan lahan yang beragam, memiliki kandungan C-organik dari yang rendah hingga tinggi. Sedangkan, kandungan C-organik yang sangat rendah berada di jenis tutupan lahan yang Pinus Sayur (PS). Kategorisasi tingkat kandungan bahan organik tanah menurut Balai Besar Penelitian Sumber Daya Lahan Pertanian (BBSDLP) adalah rendah apabila  $< 2\%$ , sedang apabila kandungan bahan organik tanah antara  $2-3\%$ , dan tinggi apabila  $>3\%$ .

Hal-hal yang berkaitan dengan menurunnya kandungan C-organik dan fraksi C diduga berkaitan dengan masukan serasah dari jenis vegetasi yang berada di lahan dan adanya pengelolaan bahan organik yang ada pada tutupan lahan yang intensif menyebabkan kandungan C-organik menurun. sesuai dengan pernyataan Qifli *et al.* (2014) menyatakan bahwa tingginya nilai C-organik dalam tanah dipengaruhi oleh masukan serasah yang dilakukan oleh tanaman. C-organik dalam serasah menentukan ketersediaan karbon didalam tanah yang akan dimanfaatkan oleh mikroorganisme tanah untuk mengurai serasah. Untuk meningkatkan kandungan C-organik perlu ditambahkan penambahan bahan organik dengan beberapa cara misalnya: pengembalian sisa-sisa panen, pemberian pupuk kandang dan pemberian pupuk hijau. Hal ini sesuai dengan Brady (1990) yang menyatakan bahwa beberapa cara untuk mendapatkan bahan organik: dengan melakukan pengembalian sisa-sisa panen, pemberian pupuk kandang dan pemberian pupuk hijau.

#### 4.2 Pembahasan

Kelimpahan makrofauna tanah yang telah didapatkan pada berbagai jenis tutupan lahan sangat beragam baik dalam jumlah individu maupun spesies. Kelimpahan spesies makrofauna paling banyak ditemukan pada jenis tutupan lahan Pinus Kopi kelas umur pinus 35 th (PK7) dibandingkan dengan jenis tutupan lahan yang lain. Hal ini dikarenakan sistem agroforestri yang merupakan kombinasi sistem tanam antara tanaman penayang dengan tanaman utama mampu meningkatkan keanekaragaman makrofauna tanah. Hal tersebut, dilihat dari masukan serasah, kandungan bahan organik dan C-organik yang tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Huerta dan Wal (2012), menjelaskan bahwa pada tanah dalam sistem agroforestri terdapat kekayaan dan kelimpahan yang lebih besar dari

komunitas makrofauna tanah dibandingkan dengan tanah padang rumput. Perbedaan ini disebabkan oleh adanya serasah daun dari berbagai jenis pohon yang merupakan sumber bahan organik dan mikronutrien, serta menguntungkan dari segi iklim mikro untuk beberapa spesies. Semakin banyaknya serasah yang terdapat pada permukaan tanah, memungkinkan makrofauna yang ada semakin melimpah baik dari segi jumlah individu maupun spesies. Selain itu juga dengan adanya serasah, mampu meningkatkan aktivitas mikroorganisme didalamnya, terutama dalam peranannya sebagai perombak bahan organik atau dikenal sebagai biodekomposer.

Sedangkan, rendahnya kelimpahan makrofauna yang berada di tutupan lahan mahoni kopi disebabkan oleh adanya pengelolaan lahan yang intensif dan hilangnya keberadaan serasah di lahan akibat aktivitas olah tanah dan penyiangan membuat penurunan jumlah populasi makrofauna tanah. Sementara itu, tingkat kelimpahan makrofauna tanah antara jenis tutupan lahan Mahoni Talas (MT) apabila dibandingkan dengan tutupan lahan Pinus Kopi kelas umur 20 tahun (PK4) memiliki variasi yang lebih tinggi di pinus kopi. Padahal, ditinjau dari masukan serasah, bahan organik dan kandungan C-organik lebih tinggi pada penggunaan Mahoni Talas (MT). Hal ini diduga, dari kualitas serasah pada tanaman Mahoni lebih baik dibandingkan dengan kualitas serasah dari pinus yang rendah sehingga proses dekomposisi pada daun mahoni lebih cepat dibandingkan dengan daun pinus

Hubungan antara ketersediaan serasah di permukaan tanah dengan kelimpahan spesies makrofauna tanah berdasarkan hasil uji korelasi didapatkan nilai  $r = 0,2947$  yang menandakan bahwa hubungan antara masukan serasah di permukaan dengan kelimpahan spesies makrofauna tanah memiliki hubungan yang lemah. Menurut Sugiyono (2007), menyatakan bahwa hubungan korelasi yang memiliki nilai rentang 0,2-0,39 memiliki hubungan yang rendah. Hal ini dimungkinkan akibat adanya kendala dilapang sewaktu pemasangan *traps* mulai dari curah hujan yang tinggi hingga perangkat yang tidak berfungsi atau rusak akibat banyaknya bongkahan tanah yang masuk ke dalam *pitfall traps*.

Dari hasil pengamatan C-organik yang telah dilakukan didapatkan bahwa nilai C-organik tertinggi berada pada tutupan lahan pinus kopi kuadran 8 sebesar 3,81%. Supriyadi (2008) menjelaskan bahwa kandungan bahan organik (C-organik)

dalam tanah dapat mencerminkan kualitas tanah, dimana kandungan bahan organik dikatakan sangat rendah apabila  $< 2\%$ , dan tinggi apabila  $> 2\%$ , kandungan bahan organik yang berkisar 2-10% memiliki peranan yang sangat penting terutama bagi kesuburan tanah. Bahan organik merupakan semua jenis senyawa organik yang terdapat di dalam tanah, termasuk serasah, fraksi bahan organik ringan, biomassa mikroorganisme, bahan organik terlarut di dalam air, dan bahan organik yang stabil atau humus. Bahan organik memiliki peran penting dalam menentukan kemampuan tanah untuk mendukung tanaman, sehingga jika kadar bahan organik tanah menurun, kemampuan tanah dalam mendukung produktivitas tanaman juga menurun (Suwarno, 2009)

Bahan organik tanah merupakan indikator dari kualitas tanah, karena merupakan sumber dari unsur hara. Bahan organik tanah erat kaitannya dengan kondisi tanah baik secara fisik, kimia dan biologis yang selanjutnya turut menentukan produktivitas suatu lahan (Waluyaningsih, 2008). Hanafiah (2013), menjelaskan bahwa kesuburan tanah juga dipengaruhi oleh ketersediaan hara dalam hal ini termasuk C-organik tanah. Rendahnya ketersediaan hara mencerminkan rendahnya kesuburan tanah, sehingga keberadaan makrofauna tanah sebagai perombak bahan organik sangat menentukan ketersediaan hara dalam menyuburkan tanah. Semakin tinggi kandungan bahan organik dalam tanah maka tanah tersebut semakin subur begitu pula sebaliknya. Suin (2012) juga menjelaskan bahwa bahan organik tanah sangat menentukan kepadatan populasi organisme tanah salah satunya adalah fauna tanah di mana semakin tinggi bahan organik tanah maka semakin beranekaragam fauna tanah yang terdapat pada suatu ekosistem.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Perbedaan umur tanaman dalam hal ini tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tingginya bahan organik dan kelimpahan makrofauna. Hal ini dikarenakan selain umur tanaman, kerapatan vegetasi didalamnya juga berperan penting dalam memberikan dampak terhadap kelimpahan makrofauna menyebabkan variasi morfospesies yang ditemukan beranekaragam. Perbedaan tutupan lahan juga mempengaruhi jumlah masukan serasah, bahan organik dan kandungan C-organik serta memiliki hubungan positif terhadap kelimpahan makrofauna sebagai tempat hidup. Umumnya lahan yang memiliki banyak tutupan (serasah) memiliki populasi makrofauna yang relatif tinggi.

### 5.2 Saran

Pada penelitian ini banyak dihadapkan dengan berbagai kendala yang mempengaruhi proses pengamatan serta pengambilan data. Diharapkan penelitian selanjutnya dapat memperhatikan hal-hal seperti perubahan cuaca, kondisi lahan, dan sebagainya agar data yang diperoleh bisa lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aerts, R., 2006. *The freezer defrosting: global warming and litter decomposition rates in cold biomes*. Journal of Ecology 94, 713-724.
- Armansyah. M. 2010. *Mempelajari Minuman Formulasi Dari Kombinasi Bubuk Kakao Dengan Jahe Instan*. Teknologi pertanian. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Balai Penelitian Tanah. 2009. *Kriterai Penilaian Data Sifat Analisis Kimia Tanah*. Bogor: Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Borror, D. J., Triplehorn, C. A., dan Johnson, N. F. 2005. *Study of Insects. 7 th Edition*. Thomson Brooks/Cole. Australia, Canada, Singapura, Spain, United Kingdom, United States.
- Brower, J. Jernold, Z., dan Von Ende, C. 1990. *Field and Laboratory Methods for General Ecology. Third Edition*. USA: W. M. C. Brown Publishers
- Brussaard, L. 1998. *Soil Fauna, Guilds, Functional Groups and Ecosystem Processes*. Appl. Soil Ecol. 9: 123-136.
- Bruyn, L. A. 1997. *The Status of Soil Macrofauna as Indicators of Soil Health to Monitor the Sustainability of Australian Agricultural Soil*. Ecological Economics 23 (1997) 167-178.
- David, J.F., Handa, I.T., 2010. *The Ecology Of Saprophagous Macroarthropods (Millipedes, Woodlice) In The Context Of Global Change*. Biological Reviews 85, 881-895.
- De Foresta, H. Dan G. Michon. 1997. *The Agroforestry Alternative To Imperata Grasslands: When Smallholder Agriculture And Forestry Reach Sustainability*. Agroforestry Systems. 36: 105-120.
- Giller, K.E., M.H. Beare, P. Lavelle, A.M.N. Izac and M.J. Swift. 1997. *Agricultural Intensification, Soil Biodiversity and Agroecosystem Function*. Appl. Soil Ecol. 6: 3-16.
- Hairiah K, Sardjono MA, dan Sabarnurdin S. 2003. *Pengantar Agroforestry*. Bahan Ajaran 1. Bogor : World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Hanafiah, K. A. 2013. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Huerta, E. dan y Wal, V. 2012. *Soil macroinvertebrates abundance and diversity in home gardens in Tabasco, Mexico, vary with soil texture, organic matter and vegetation cover*. Eur. J. Soil Biol. 50: 68-75.
- Ibrahim, H. 2014. *Keanekaragaman Mesofauna Tanah Daerah Pertanian Apel Desa Tulungrejo Kecamatan Bumiaji Kota Batu Sebagai Bioindikator Kesuburan Tanah dan Bahan Ajar Biologi SMA*. Skripsi Pendidikan Biologi UMM. Tidak diterbitkan. Malang.
- Imawan, H. 2013. *Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Vegetasi Pohon Pinus (Pinus merkusii) di Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Wisata Alam*

*Coban Rondo Kecamatan Pujon Kabupaten Malang*. Skripsi Pendidikan Biologi UMM. Malang.

- Ingham, E.R. 2004. *The Soil Biology Primer*. Published by the Soil and Water Conservation Society (SWCS). Available on [http://soils.usda.gov/sqi/concepts/soil\\_biology/index.html](http://soils.usda.gov/sqi/concepts/soil_biology/index.html).
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey: Princeton University Press.
- Merlim, A., José Guilherme M. G., Rodrigo M.J., dan Adriana Maria de A. 2005. *Soil Macrofauna in Cover Crops of Figs Grown Under Organic Management*. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 62(1): 57-61.
- Moy, M.S., Novriyanti, Rudi Hermawan, Siva Devi Azahra. 2013. *Analisis Berbagai Indeks Keanekaragaman (Diversitas) Tumbuhan di Beberapa Ukuran Petak Contoh Pengamatan*. Pascasarjana, Konservasi Biodiversitas Tropika, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Musyafa. 2005. *Peranan Makrofauna Tanah dalam Proses Dekomposisi Serasah *Acacia mangium* Willd.* *Biodiversitas*. 6(1): 63-65.
- NCRS, 2004. *Soil Biology and Land Management. Soil Quality – Soil Biology Technical Note No. 4*. Available on : <http://soils.usda.gov/sqi>
- Nusroh, Z. 2007. *Studi Diversitas Makrofauna Tanah di Bawah Beberapa Tanaman Palawija yang Berbeda di Lahan Kering pada Saat Musim Penghujan*. *Jurnal Penelitian UNS: Surakarta*.
- Putra, Muhammad., Wawan, dan Wardati. 2012. *Makrofauna Tanah Pada Ultisol di Bawah Tegakan Berbagai Umur Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.)* *Jurnal Penelitian UNRI: Riau*.
- Qifli, A. K., Hairiah, K. dan Suprayogo, D. 2014. *Studi Nitrifikasi Tanah Dengan Penambahan Serasah Asal Hutan Alami Dan Agroforestri Kopi*. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 1 (2): 15-24.
- Riutta, Terhi., Eleanor M. Slade., Daniel P. Beber., Michele E. Taylor., Yadvinder Malhi, Philip Riordan, David W. Macdonald., Michael D. Morecroft. 2012. *Experimental evidence for the interacting effects of forest edge, moisture and soil macrofauna on leaf litter decomposition*. *Journal Soil Biology and Biochemistry* 49, Page 124 – 131.
- Rousseau, Laurent., Steven J. Fonte., Orlando Tellez., Rein van der Hoek, Patrick Lavelle. 2013. *Soil Macrofauna as Indicators of Soil Quality and Land Use Impacts in Smallholder Agroecosystems of Western Nicaragua*. *Journal Ecological Indicators* 27, Page 71 – 82.
- Sariyildiz, T. 2008. *Effects Of Gap-Size Classes On Long-Term Litter Decomposition Rates Of Beech, Oak And Chestnut Species At High Elevations In Northeast Turkey*. *Journal Ecosystems* 11, 841-853.
- Sholehuddin, N. 2018. *Pengaruh Perbedaan Jumlah Masukan Bahan Organik Terhadap Kelimpahan Makrofauna Tanah Di UB Forest (Skripsi)*. Malang: Universitas Brawijaya.

- Simarmata, T. 2012. *Ekologi Biota Tanah*. Bandung. Prima Press
- Smith, J.L. and H. P. Collins. 2007. *Management of Organisms and Their Processes. in Soils*. In E.A. Paul (eds): *Soil microbiology, ecology, and biochemistry*. Academic Press is an imprint of Elsevier 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803, USA Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK
- Suin, Muhammad N. 2012. *Ekologi Hewan Tanah*: Bandung. Bumi Aksara
- Sugiyarto., Efendi. M., Mahajoeno. E., Sugito. Y., Handayanto. E., Agustina. L. 2007. *Preferensi Berbagai Jenis Makrofauna Tanah terhadap Sisa Bahan Tanaman pada Intensitas Cahaya Berbeda*. Biodiversitas, 7 (4): 96-100.
- Sugiyarto. 2000. *Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Berbagai Umur Tegakan Sengondi RPH Jatirejo, Kabupaten Kediri*. Biodiversitas. 1(2): 47-53.
- Suwarno, U.G. Kartasasmita, dan Djuber Pasaribu. 2009. *Pengayaan Kandungan Bahan Organik Tanah Mendukung Keberlanjutan Sistem Produksi Padi Sawah*.
- Suwondo. 2007. *Dinamika Kepadatan dan Distribusi Vertikal Arthropoda Tanah pada Kawasan Hutan Tanaman Industri*. Jurnal Pilar Sains. 6(2): 41-50.
- Tolanjer, J.F. 2006 Interaction between soil bacteri and arbuscula mychorrizeae fungi. 2006. [http://pub.epsilon.slu.se/1134/1/Toljander\\_thesis\\_final.pdf](http://pub.epsilon.slu.se/1134/1/Toljander_thesis_final.pdf)
- Widianto, Suprayogo, D., Noveras, H., Widodo, R. H., Purnomosidi, P. dan Noordwijk, M. V. 2004. *Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Lahan Pertanian: Apakah Fungsi Hidrologis Hutan Dapat Digantikan Sistem Kopi Monokultur?*, J. Agrivita. 26 : 47-52.
- Widrializa. 2016. *Kelimpahan dan Keanekaragaman Collembola pada Empat Penggunaan Lahan di Lanskap Hutan Harapan, Jambi* (tesis). Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Wulandari, Uteni., Sugiyarto, dan Wiryanto 2005. *Pengaruh Keanekaragaman Mesofauna dan Makrofauna Tanah terhadap Dekomposisi Bahan Organik Tanaman di Bawah Tegakan Sengon (Paraserianthes falcataria)*. Jurnal Penelitian UNS: Surakarta.