

**KEANEKARAGAMAN MAKROFAUNA TANAH BERDASARKAN TIPE
HABITAT DI HUTAN LINDUNG BATUTEGI, LAMPUNG**

SKRIPSI

Oleh

**Salsabil Mufidah Suhandi
2057021003**



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

KEANEKARAGAMAN MAKROFAUNA TANAH BERDASARKAN TIPE HABITAT DI HUTAN LINDUNG BATUTEGI, LAMPUNG

Oleh :

Salsabil Mufiidah Suhandi

Makrofauna tanah merupakan salah satu bioindikator kesuburan tanah. Keadaan tanah sangat berpengaruh pada keberadaan dan kepadatan populasi makrofauna tanah. Beberapa fauna tanah menempati kedalaman yang berbeda, misalnya fauna yang terdapat di permukaan tanah, di dalam liang tanah, di dalam air tanah, dan terdapat fauna yang tinggal pada fase cair tanah. Keberadaan makrofauna tanah sangat penting pada suatu ekosistem karena berkaitan erat dengan dekomposisi bahan organik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelimpahan, keanekaragaman, dan kepadatan populasi makrofauna tanah berdasarkan tipe habitat yang berada di Hutan Lindung Batutegi, Tanggamus, Lampung serta untuk membandingkan metode *pitfall trap*, *point count*, dan *hand sorting* yang digunakan dalam pengumpulan sampel makrofauna tanah. Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2024 di Stasiun Riset Way Rilau. Penelitian ini berada di bawah naungan kerjasama YIARI (Yayasan Inisiasi Alam Rehabilitasi Indonesia) dengan Jurusan Biologi FMIPA Unila. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan tiga metode, yaitu *pitfall trap*, *point count*, dan *hand sorting* pada setiap vegetasi. Pada metode *pitfall trap* terdapat 3 plot pengamatan yang dipasang 6 *pitfall trap*, pada metode *point count* dilakukan dengan berjalan sepanjang jalur jelajah sejauh 100 m dengan titik pemberhentian setiap 10 m selama 10 menit, dan pada metode *hand sorting* dibuat 3 plot kuadrat berukuran 5x5 m yang di dalamnya terdapat 3 plot *hand sorting* berukuran 25x25 cm yang digali sedalam 20 cm. Data dianalisis menggunakan rumus kelimpahan, indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H'), dan rumus kepadatan populasi. Kelimpahan individu tertinggi diperoleh dengan metode *pitfall trap* dan *point count* yang terletak di habitat kebun rapat sejumlah 349 individu dan 247 individu. Kelimpahan individu terendah diperoleh dengan metode *handsorting* yang terletak di habitat kebun jarang sejumlah 39 individu. Nilai indeks keanekaragaman tertinggi terdapat pada habitat sempadan sungai ($H' = 3,5$) dan terendah pada habitat kebun jarang ($H' = 0,68$). Kepadatan populasi terbesar yang diperoleh dengan menggunakan metode *handsorting* terdapat pada spesies *Pheretima posthuma* dengan nilai kepadatan berkisar 0,045 – 0,098/m². Saran yang dapat diberikan adalah perlunya penelitian lanjutan mengenai keanekaragaman makrofauna tanah pada beberapa tipe habitat berdasarkan keterkaitannya dengan vegetasi tumbuhan di lokasi penelitian.

Kata kunci : keanekaragaman, tanah, makrofauna tanah, ekosistem, bahan organik

**KEANEKARAGAMAN MAKROFAUNA TANAH BERDASARKAN TIPE
HABITAT DI HUTAN LINDUNG BATUTEGI, LAMPUNG**

Oleh

Salsabil Mufidah Suhandi

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar

SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Biologi

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : **Keanekaragaman Makrofauna Tanah Berdasarkan Tipe Habitat di Hutan Lindung Batuteги, Lampung**
Nama Mahasiswa : **Salsabil Mufidah Suhandi**
NPM : **2057021003**
Program Studi : **S1-Biologi**
Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

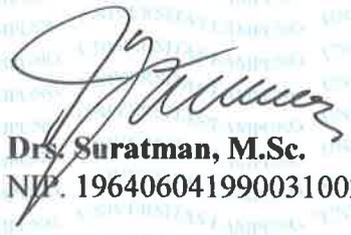


1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Dr. Jani Master, S.Si., M.Si.
NIP. 198301312008121001


Drs. Suratman, M.Sc.
NIP. 196406041990031002

2. Ketua Jurusan Biologi FMIPA


Dr. Jani Master, S.Si., M.Si.
NIP. 198301312008121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Jani Master, S.Si., M.Si.

Sekretaris : Drs. Suratman Umar, M.Sc.

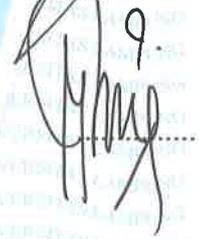
Anggota : Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc.

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 30 Juli 2024



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama : Salsabiil Mufiidah Suhandi
NPM : 2057021003
Program Studi : S1 Biologi

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Keanekaragaman Makrofauna Tanah Berdasarkan Tipe Habitat di Hutan Lindung Batutegi, Lampung”** merupakan hasil karya orisinil yang saya susun berdasarkan riset ilmiah melalui arahan komisi pembimbing dan pembahas. Karya ini disusun dengan berpedoman pada penulisan yang berlaku dan tidak berisi hasil plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ilmiah ini. Saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandarlampung, 30 Juli 2024

Yang menyatakan,


Salsabiil Mufiidah Suhandi
Salsabiil Mufiidah Suhandi

NPM 2057021003

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Tangerang, 21 Februari 2002 sebagai anak kedua dari Bapak Agus Suhandi dan Ibu Wasliah dengan seorang kakak laki-laki bernama Raihan I'badurrahman Suhandi dan seorang adik perempuan bernama Rahma Aida Suhandi. Penulis menyelesaikan pendidikan di taman kanak-kanak berbasis islam di yayasan milik keluarga penulis yaitu RA Nurul Falah Cihuni pada tahun 2007, menyelesaikan pendidikan sekolah dasar berbasis islam di MI Nurul Falah Cihuni pada tahun 2013, menyelesaikan pendidikan sekolah menengah berbasis islam di MTs Nurul Falah Cihuni pada tahun 2016, dan menyelesaikan pendidikan sekolah menengah atas berbasis islam di MAN 1 Kota Serang pada tahun 2019. Penulis tidak hanya menjalani sekolah formal, namun penulis juga kebersamai dengan sekolah agama di beberapa pondok pesantren, yaitu Pondok Pesantren Ash-ashiddiqiyah (pada tahun 2013), Pondok Pesantren Miftahul Huda (2013-2015), Pondok Pesantren Al-Mawaddah (2016), Pondok Pesantren Al-Hikam (2016-2021), dan sempat menjalani beberapa Karantina Al-Quran di Rumah Qur'an Bandung dan Pondok Pesantren Nurul Quran Bogor pada tahun 2019.

Penulis melanjutkan pendidikan sebagai mahasiswa Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur mandiri Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri bagian Barat (SMMPTN Barat) pada tahun 2020 yang mana sebelumnya penulis terdaftar di Universitas Islam Negeri Sultan Sjarif Kasim Riau sebagai mahasiswa Jurusan Ilmu Gizi pada tahun 2019. Selama menjadi mahasiswa, penulis mengikuti

organisasi kemahasiswaan dengan ditugaskan menjadi Sekretaris Pelaksana Acara Diklat Ekspedisi bidang ekspedisi Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) pada tahun 2021. Sebagai bentuk pelaksanaan Tridharma Perguruan Tinggi, penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Balai Besar Pengujian Penerapan Produk Kelautan dan Perikanan (BBP3KP) bertempat di Jakarta Timur yang berada di bawah naungan Kementrian Kelautan dan Perikanan dengan topik “Uji Keberadaan Bakteri *Salmonella* sp. pada Produk Pangan Hasil Perikanan di Balai Besar Pengujian Penerapan Produk Kelautan dan Perikanan Jakarta”. Melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode II tahun 223 di Desa Binakarya Putra, Kecamatan Rumbia, Kabupaten Lampung Tengah, Lampung.

Penulis menyadari prestasi dan pengalaman yang didapatkan masih sangat jauh dibandingkan dengan mahasiswa lainnya. Namun, penulis bersyukur atas nikmat yang diberikan-Nya pada penulis. Sejatinya bukan penulis yang hebat, tapi doa orang tua dan kehendak Allah *subhanahu wa taala*. Semoga Allah selalu memudahkan urusan kita semua dan meridhai setiap langkah yang kita ambil dalam kehidupan di dunia. *Barakallahu fiikum*.

PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur yang mendalam kepada Allah *subhanahu wa taala* yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Dengan rasa bangga dan bahagia, penulis persembahkan skripsi ini kepada pihak di bawah ini.

Kedua Orang Tua

Pada halaman sederhana ini, izinkan teteh menyampaikan rasa terima kasih kepada ummi dan abi yang senantiasa melangitkan doa-doa tulus, memberi semangat, motivasi, dan dukungan finansial kepada teteh. Kini anak yang paling kau andalkan telah menyandang gelar sarjana, *alhamdulillah*.

Diri Sendiri

To the moments of doubt and fear, thank you for teaching me to trust in myself. You have shown me that it is okay to stumble and fall, as long as I get back up and keep moving forward.

Para Dosen

Terima kasih kepada bapak dan ibu dosen yang telah memberikan ilmunya selama penulis berkuliah di Jurusan Biologi FMIPA Unila, khususnya kepada Bapak Dr. Jani Master, M.Si., Bapak Drs. Suratman, M.Sc., Ibu Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc., dan Ibu Dr. Kusuma Handayani, M.Si. yang telah mendukung penulis dalam penyelesaian skripsi.

Almamater Tercinta

Universitas Lampung

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kepada Allah *subhanahu wa taala* atas segala limpahan rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Keanekaragaman Makrofauna Tanah Berdasarkan Tipe Habitat di Hutan Lindung Batuteги, Lampung”**. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada para pihak di bawah ini.

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M. selaku Rektor Universitas Lampung periode 2023–2027.
2. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung periode 2024–2028.
3. Bapak Dr. Jani Master, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung sekaligus dosen pembimbing satu skripsi yang telah memberikan pengetahuan, bimbingan, kesempatan, kepercayaan, motivasi, waktu, kritik, dan saran yang bermanfaat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Kusuma Handayani, M.Si. selaku Ketua Program Studi S1 Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung sekaligus dosen pembimbing akademik yang memberikan dukungan selama keberlangsungan penulis menjadi mahasiswa.
5. Bapak Drs. Suratman, M.Sc. selaku dosen pembimbing dua skripsi yang telah memberikan bimbingan, pengetahuan, motivasi, kritik, dan saran yang bermanfaat bagi penulis dalam proses penyelesaian skripsi.
6. Ibu Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc. selaku dosen pembahas skripsi yang telah memberikan pengetahuan, nasihat, saran, dan kritik yang luar biasa kepada penulis.

7. Para dosen Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung yang dengan tulus dan ikhlas memberikan ilmu pengetahuan yang bermanfaat sebagai bekal penulis menjadi seorang sarjana sains.
8. Kedua orang tua penulis, yaitu Bapak Agus Suhandi dan Ibu Wasliah, kakak penulis, yaitu Raihan I'badurrahman Suhandi dan Reza Rahmania Putri, adik penulis, yaitu Rahma Aida Suhandi yang tulus dan ikhlas mendoakan penulis serta memberikan dukungan maupun inspirasi kepada penulis hingga saat ini. *Jazakumullah khairan katsiiran.*
9. Kesatuan Pengelola Hutan Lindung (KPHL) Batutegi yang telah memberikan izin dan kesempatan kepada penulis melakukan penelitian.
10. Bapak Robithotul Huda, S.Si., M.Ling. selaku Manajer Divisi Resiliensi Habitat Yayasan Inisiasi Alam Rehabilitasi Indonesia (YIARI) yang telah memberikan izin serta dukungan selama penulis melaksanakan pengambilan data skripsi di kawasan Hutan Lindung Batutegi.
11. Bapak Aris Subagio, S.Si. selaku Koordinator Research Biodiversity Batutegi Divisi Resiliensi Habitat Yayasan Inisiasi Alam Rehabilitasi Indonesia (YIARI) program Hutan Lindung Batutegi sekaligus pembimbing dua PKL dan staf Yayasan Inisiasi Alam Rehabilitasi Indonesia (YIARI), yaitu Kak Popy, Kak Hinggrit, A Uci, Mas Hendra, Mas Cipto, Mas Ari, Mas Ayun, Mas Aji, dan Mas Heri yang telah mendampingi dan membimbing penulis selama melakukan penelitian.
12. *Partner* bertumbuh serta *support system*, Ahmad Faris Putra Perdana yang senantiasa mendampingi dan memotivasi penulis. Semoga kapal kita terus berlayar dan semangat untuk perjalanan selanjutnya!
13. Keluarga besar Pondok Pesantren Al-Hikam, Bapak Ustadz Fathoni dan Ibu Ustadzah Rosdiah, yang senantiasa membersamai penulis dengan doa-doa tulus, serta memberi arahan dan motivasi bagi penulis. Santriwati Al-Hikam, Teh Linda, Teh Alfi, Teh Ira, Teh Mila, dan Nadila yang senantiasa menjadi pengingat akhirat bagi penulis dan selalu menginspirasi penulis menjadi pribadi yang lebih baik.
14. Teman seperjuangan, yaitu Muhammad Yusuf Al-Faza, Hendro Prasetyo, Muhammad Bintang Al-Farrel, Indah Khaerunnisa, dan Tamara Shintia Putri

atas kebersamaan dan inspirasi selama penulis di dunia perkuliahan hingga penulis menyelesaikan skripsi.

15. Team BNI, yaitu Ara, Aish, Ines, Helmi, Sindi, dan Alfina yang sempat kebersamai penulis dalam masa sulit maupun senang.
16. Keluarga Pertamina, Tante Yoan dan Om Yasin yang selalu menjadi tempat pulang bagi penulis saat menjadi perantau di Bandarlampung.
17. Sobat Pentol, Nadila, Nurul Halizah, dan Tiara Dewi Riyaswati, yang telah menerima perbedaan diri penulis dan kebersamai penulis dalam suka duka.
18. Sahabat kecilku, Adela Rizka Utami yang setia menemani, memotivasi, memberi semangat, saran, dan masukan selama ini.
19. Teman-teman Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung angkatan 2020, sampai bertemu pada kesempatan selanjutnya, semangat selalu untuk kita semua.

Bandarlampung, 30 Juli 2024

Penulis,

Salsabiil Mufiidah Suhandi

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
PERSEMBAHAN	ix
UCAPAN TERIMA KASIH	x
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan	4
1.3 Manfaat	4
1.4 Kerangka Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Makrofauna Tanah	7
2.2 Filum Makrofauna Tanah.....	9
2.2.1 Filum Arthropoda.....	9
2.2.2 Filum Annelida.....	11
2.2.3 Filum Mollusca	11
2.3 Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung Batutegei	12
III. METODE PENELITIAN.....	15
3.1 Waktu dan Tempat.....	15
3.2 Alat dan Bahan.....	15
3.3 Metode Pengamatan.....	16
3.4 Prosedur Pengamatan.....	16
3.5 Pelaksanaan.....	19

3.6 Analisis Data.....	24
3.7 Diagram Alir	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	27
4.1.1 Habitat Sempadan Sungai.....	27
4.1.2 Habitat Semak Belukar.....	28
4.1.3 Habitat Rawa	29
4.1.4 Habitat Interior Hutan.....	30
4.1.5 Habitat Kebun Rapat	31
4.1.6 Habitat Kebun Jarang	33
4.1.7 Habitat Sempadan Irigasi.....	34
4.2 Komposisi Makrofauna Tanah	35
4.3 Keanekaragaman Makrofauna Tanah	40
4.3.1 Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Sempadan Sungai ...	40
4.3.2 Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Semak Belukar.....	48
4.3.3 Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Rawa	53
4.3.4 Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Interior Hutan	59
4.3.5 Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Kebun Rapat	66
4.3.6 Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Kebun Jarang	72
4.3.7 Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Sempadan Irigasi ..	77
4.4 Perbandingan Makrofauna Tanah pada Setiap Metode dan Habitat.....	82
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	96
5.1 Kesimpulan	96
5.2 Saran	97
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN.....	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta Pembagian Resort Wilayah Kelola KPHL Batutegei.....	12
2. Pembuatan Titik Pemberhentian Metode <i>Point Count</i>	15
3. Kurva Pertambahan Spesies Makrofauna Tanah.....	16
4. Plot <i>Hand sorting</i>	17
5. Peta Plot Sampling Makrofauna Tanah.....	18
6. <i>Pit-fall Trap</i>	19
7. Diagram Alir Penelitian Makrofauna Tanah	24
8. Sempadan Sungai Way Rilau	26
9. Semak Belukar Resort Way Sekampung.....	27
10. Rawa Resort Way Sekampung	28
11. Interior Hutan Resort Way Sekampung.....	29
12. Habitat Kebun Rapat	30
13. Habitat Kebun Jarang.....	31
14. Habitat Sempadan Irigasi	32
15. Pemasangan <i>Pitfall Trap</i> di Habitat Sempadan Sungai	137
16. Pemasangan <i>Pitfall Trap</i> di Habitat Interior Hutan.....	137
17. Pemasangan <i>Pitfall Trap</i> pada Habitat Kebun Rapat.....	137
18. Penyortiran Tanah Menggunakan Metode <i>Handsorting</i>	137

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi dan Kelimpahan Makrofauna Tanah yang Diperoleh dengan Metode <i>Pitfall Trap</i>	33
2. Komposisi dan Kelimpahan Makrofauna Tanah yang Diperoleh dengan Metode <i>Point Count</i>	34
3. Komposisi dan Kelimpahan Makrofauna Tanah yang Diperoleh dengan Metode Kuadrat dan <i>Handsorting</i>	36
4. Nilai Indeks Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Sempadan Sungai dengan Metode <i>Pitfall Trap</i>	39
5. Nilai Indeks Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Sempadan Sungai dengan Metode <i>Point Count</i>	40
6. Nilai Indeks Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Sempadan Sungai dengan Metode Kuadrat dan <i>Handsorting</i>	43
7. Nilai Indeks Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Semak Belukar dengan Metode <i>Pitfall Trap</i>	45
8. Nilai Indeks Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Semak Belukar dengan Metode <i>Point Count</i>	47
9. Nilai Indeks Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Semak Belukar dengan Metode Kuadrat dan <i>Handsorting</i>	48
10. Nilai Indeks Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Rawa dengan Metode <i>Pitfall Trap</i>	50
11. Nilai Indeks Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Rawa dengan Metode <i>Point Count</i>	52
12. Nilai Indeks Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Rawa dengan Metode Kuadrat dan <i>Handsorting</i>	53
13. Nilai Indeks Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Interior Hutan dengan Metode <i>Pitfall Trap</i>	54
14. Nilai Indeks Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Interior Hutan dengan Metode <i>Point Count</i>	56
15. Nilai Indeks Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Interior Hutan dengan Metode Kuadrat dan <i>Handsorting</i>	59
16. Nilai Indeks Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Kebun Rapat dengan Metode <i>Pitfall Trap</i>	60

17. Nilai Indeks Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Kebun Rapat dengan Metode <i>Point Count</i>	63
18. Nilai Indeks Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Kebun Rapat dengan Metode Kuadrat dan <i>Handsorting</i>	64
19. Nilai Indeks Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Kebun Jarang dengan Metode <i>Pitfall Trap</i>	66
20. Nilai Indeks Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Kebun Jarang dengan Metode <i>Point Count</i>	67
21. Nilai Indeks Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Kebun Jarang dengan Metode Kuadrat dan <i>Handsorting</i>	68
22. Nilai Indeks Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Sempadan Irigasi dengan Metode <i>Pitfall Trap</i>	69
23. Nilai Indeks Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Sempadan Irigasi dengan Metode <i>Point Count</i>	71
24. Nilai Indeks Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Habitat Sempadan Irigasi dengan Metode Kuadrat dan <i>Handsorting</i>	72
25. Perbandingan Kelimpahan Makrofauna Tanah yang Tertangkap dengan 3 Metode yang Berbeda pada 7 Habitat	73
26. Perbandingan Kekayaan Spesies Makrofauna Tanah yang Tertangkap dengan 3 Metode yang Berbeda pada 7 Habitat	74
27. Perbandingan Keanekaragaman Makrofauna Tanah yang Tertangkap dengan 3 Metode yang Berbeda pada 7 Habitat	76
28. Perbandingan Spesies Makrofauna Tanah	78

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah memiliki berbagai fungsi salah satunya menjadi tempat hidup bagi berbagai organisme. Jenis tanah baik tanah pertanian, tanah perkebunan maupun tanah perhutanan memiliki keterkaitan yang sangat erat dengan kesuburan tanah. Fungsi tanah yang berbeda dapat membedakan organisme yang hidup di dalamnya, hal ini berkaitan dengan faktor lingkungannya. Tanah memiliki lingkungan yang terdiri dari lingkungan biotik dan abiotik. Gabungan dari biotik dan abiotik ini menghasilkan suatu wilayah sehingga dapat dijadikan tempat tinggal bagi beberapa jenis makhluk hidup diantaranya yaitu fauna tanah. Oleh karena itu, tanah dijadikan sebagai sarana hidup dan juga tempat berlindung serta tempat bertahan bagi fauna tanah karena dapat memenuhi kebutuhan hidup fauna tanah (Borror, 1992 dan Yuliprianto, 2010).

Terdapat bahan organik yang dihasilkan secara alami oleh tanaman, yaitu serasah. Serasah adalah bagian dari tumbuhan yang sudah mati dan jatuh sehingga terletak di atas permukaan tanah yang nantinya akan mengalami dekomposisi dan mineralisasi (Aprianis, 2011). Proses dekomposisi serasah inilah yang menyebabkan perubahan pada tanah baik fisik maupun kimia yang sederhana oleh organisme tanah, sehingga ketebalan serasah dapat mempengaruhi keberadaan dan kepadatan populasi organisme tanah. Proses dekomposisi dalam tanah tentu ditunjang oleh adanya aktifitas fauna tanah yang mampu mempercepat proses dekomposisi. Penggunaan lahan yang berbeda akan menimbulkan perbedaan pada sifat fisik, kimia,

dan biologi tanah, sehingga akan sangat berpengaruh terhadap kehidupan organisme tanah.

Fauna yang menempati tanah bergantung pada kondisi tanah tersebut. Keadaan tanah sangat berpengaruh pada keberadaan dan kepadatan populasi suatu jenis hewan tanah. Beberapa fauna tanah menempati kedalaman yang berbeda, misalnya fauna yang terdapat di permukaan tanah, di dalam liang tanah, di dalam air tanah, dan terdapat fauna yang tinggal pada fase cair tanah (Yulipriatno, 2010). Menurut Wallwork (1970), fauna tanah dapat terbagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan ukuran tubuh, yakni :

- 1.) Kelompok Mikrofauna memiliki ukuran tubuh $20\ \mu\text{m} - 200\ \mu\text{m}$, seperti Protozoa, Acarina, Nematoda, Rotifera, dan Tardigrada.
- 2.) Kelompok Mesofauna memiliki ukuran tubuh $200\ \mu\text{m} - 1\ \text{cm}$, seperti Acarina, Collembola, Nematoda, Rotifera, Araneida, Isopoda, Diplura, Protura, Mollusca, Diplopoda, dan larva Coleoptera.
- 3.) Kelompok Makrofauna memiliki ukuran tubuh $>1\ \text{cm}$ atau lebih dari 90% bagian tubuhnya terlihat secara kasat mata, seperti Insecta, Arthropoda, Annelida, dan Chilopoda.

Berdasarkan habitatnya, menurut Suin (2006) fauna tanah dapat dibagi menjadi beberapa kelompok, yakni :

- 1.) Fauna Epigeon yaitu kelompok fauna tanah yang hidup pada lapisan tumbuh-tumbuhan di permukaan tanah.
- 2.) Fauna Hemiedafon yaitu kelompok fauna tanah yang hidup pada lapisan organik tanah.
- 3.) Fauna Eudafon yaitu fauna tanah yang hidup pada lapisan mineral tanah.

Peranan makrofauna tanah dalam menjaga kesuburan tanah begitu banyak, melalui perombakan bahan organik, distribusi hara, dan peningkatan aerasi

tanah (Wibowo dan Slamet, 2017). Selain itu, makrofauna tanah juga memiliki peran dalam memperbaiki keadaan tanah secara fisik, kimia, dan biologi (Hasmah, dkk., 2017). Ketersediaan energi dan sumber makanan dalam tanah sangat mempengaruhi kehadiran makrofauna tanah karena dibutuhkan untuk keberlangsungan hidupnya. Apabila ketersediaan energi dan hara sudah tercukupi, maka pertumbuhan dan kegiatan makrofauna tanah berlangsung dengan baik dan akan memberikan timbal balik terhadap kesuburan tanah pada lingkungan tersebut (Suheriyanto, 2012). Hal ini menunjukkan bahwa makrofauna memiliki peranan dalam menentukan produktivitas lahan habitatnya dikarenakan sistem pengelolaan lahan juga menjadi salah satu faktor penting dalam kehadiran makrofauna tanah (Sugiyarto, 2003).

Hutan Lindung Batutege adalah sebuah kawasan yang dikategorikan ke dalam hutan hujan dataran rendah yang kaya akan keanekaragaman jenis hayatinya. Hutan Lindung Batutege memiliki berbagai jenis habitat, seperti perairan, perkebunan, dan pegunungan (Huda, 2022) yang mempengaruhi keberagaman tumbuhan, hewan, hingga mikroorganisme di dalamnya. Keanekaragaman ini tentu membuat jenis organisme yang tinggal di setiap komunitas juga beragam. Berdasarkan hasil pengumpulan data keanekaragaman hayati di register 39 Blok Way Rilau, yang dilaksanakan pada tahun 2006, terdapat beberapa jenis tumbuhan yaitu meranti (*Shorea* sp) hingga beringin (*Ficus* spp) (Dishutprov Lampung, 2023). Tanaman yang berada di kawasan Hutan Lindung Batutege yaitu kombinasi antara tanaman yang dikategorikan menjadi perkebunan, pohon hutan, rawa, semak belukar, dan sempadan sungai. Beberapa jenis tanaman yang berada di kawasan Hutan Lindung Batutege antara lain kopi (*Coffea* sp.), kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq), dan berbagai tanaman hutan seperti kayu jati (*Tectona grandis*) dan sengon (*Albizia chinensis*).

Perbedaan kerapatan dan jenis pohon pada beberapa tipe habitat di Hutan Lindung Batutege berpengaruh terhadap keanekaragaman hayati terutama

makrofauna tanah yang hidup di dalamnya. Keanekaragaman makrofauna tanah dapat digunakan sebagai bioindikator ketersediaan unsur hara dalam tanah dan dapat menjaga keanekaragaman hayati. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai keanekaragaman makrofauna tanah pada beberapa tipe habitat yang ada di Hutan Lindung Batutegei.

1.2 Tujuan

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung kelimpahan makrofauna tanah berdasarkan tipe habitat yang berada di Hutan Lindung Batutegei dengan menggunakan metode *pitfall trap*, *point count*, dan *hand sorting*.
2. Menghitung keanekaragaman makrofauna tanah berdasarkan tipe habitat yang berada di Hutan Lindung Batutegei dengan menggunakan metode *pitfall trap*, *point count*, dan *hand sorting*.
3. Menghitung kepadatan populasi makrofauna tanah berdasarkan tipe habitat yang berada di Hutan Lindung Batutegei dengan menggunakan metode *pitfall trap*, *point count*, dan *hand sorting*.

1.3 Manfaat

Manfaat dari dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi dan data mengenai kelimpahan, keanekaragaman, dan kepadatan makrofauna tanah berdasarkan tipe habitat di Hutan Lindung Batutegei, Tanggamus, Lampung. Penelitian ini diharapkan juga dapat menambah informasi mengenai penggunaan metode yang dapat digunakan dalam pengambilan sampel makrofauna tanah. Informasi dan data tersebut dapat digunakan sebagai sumber acuan untuk pengembangan penelitian tentang biologi tanah.

1.4 Kerangka Penelitian

Peranan makrofauna tanah dalam menjaga kesuburan tanah begitu banyak, melalui perombakan bahan organik, distribusi hara, dan peningkatan aerasi tanah. Makrofauna tanah dapat dijadikan sebagai indikator kualitas tanah dan juga memiliki peran penting dalam suatu habitat karena dapat menjaga keanekaragaman hayati dengan merombak bahan organik sehingga menyajikan ketersediaan unsur hara dalam tanah. Hutan Lindung Batutege adalah sebuah kawasan yang dikategorikan ke dalam hutan hujan dataran rendah yang kaya akan keanekaragaman jenis dan genetik dalam hayatinya. Salah satu keanekaragaman hayati yang berada di kawasan Hutan Lindung Batutege yaitu keanekaragaman tanamannya. Tanaman yang berada di kawasan Hutan Lindung Batutege yaitu kombinasi antara tanaman pertanian, perkebunan, dan pohon hutan. Perbedaan jenis dan kerapatan pohon pada beberapa tipe habitat di Hutan Lindung Batutege berpengaruh terhadap keanekaragaman hayati terutama makrofauna tanah yang hidup di dalamnya.

Untuk dapat mengetahui keragaman makrofauna yang terdapat pada beberapa tipe habitat di hutan lindung Batutege, diperlukan pengamatan yang dapat dilakukan secara langsung di kawasan Hutan Lindung Batutege. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan metode *pitfall trap*, *point count*, dan *hand sorting*. Pengambilan sampel penelitian difokuskan pada area yang memiliki vegetasi khusus. Vegetasi yang berada di kawasan Hutan Lindung Batutege yaitu kombinasi antara vegetasi dengan jenis lingkungan yang beragam yang dikategorikan pada 4 tipe habitat yang berada dalam kawasan blok inti Hutan Lindung Batutege, yaitu sempadan sungai, semak belukar, rawa, dan interior hutan, dan 3 tipe habitat yang berada dalam kawasan blok pemanfaatan Hutan Lindung Batutege, yaitu kebun rapat, kebun jarang, dan sempadan irigasi. Beberapa

jenis tanaman yang berada di kawasan Hutan Lindung Batutegei antara lain kopi (*Coffea* sp.), kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq), dan berbagai tanaman hutan seperti kayu jati (*Tectona grandis*) dan sengon (*Albizia chinensis*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Makrofauna Tanah

Makrofauna tanah adalah salah satu organisme yang hidup pada tanah. Fauna ini dapat hidup di atas maupun di bawah tanah. Ukuran tubuh makrofauna tanah yaitu >1 cm dan memiliki lebar tubuh 2 mm. Sebagian besar atau sekitar 90% makrofauna tanah dapat dilihat secara kasat mata. Makrofauna tanah yang paling banyak ditemukan di tanah adalah kelompok dari Arthropoda, seperti Insecta, Diplopoda, Arachnida, dan Chilopoda serta dari kelompok Annelida dan Mollusca (Husamah, dkk. 2017).

Menurut Pollierer *et al.* (2021) kebiasaan dan pemilihan makanan yang dilakukan oleh makrofauna tanah sangat bervariasi. Apabila makanan yang tersedia semakin banyak maka semakin beragam pula makrofauna tanah yang dapat bertahan hidup di habitat tersebut. Apabila terdapat suatu penurunan jumlah dan keragaman makrofauna tanah maka akan terjadi perubahan keseimbangan komunitas sehingga dapat menimbulkan dominasi spesies-spesies tertentu yang umumnya berpotensi sebagai hama tanaman (Gongalsky, 2021). Kuantitas dan kualitas makanan harus tercukupi untuk mendukung peningkatan populasi makrofauna tanah. Jenis dan jumlah makanan dapat berdampak pada pertumbuhan, perkembangan, reproduksi, dan perilaku fauna tanah (Borror *et al.*, 1992).

Menurut Mayasari dkk. (2019), berdasarkan peranannya makrofauna tanah dapat dikelompokkan menjadi epigeik, aneksik dan endogeik. Kelompok epigeik yaitu kelompok spesies yang hidup dan memakan seresah

di permukaan tanah, kelompok ini meliputi berbagai jenis fauna saprofit dan berbagai jenis predatornya. (2) Kelompok aneksik memindahkan bahan organik tanaman dari permukaan tanah karena aktivitas makan, anggotanya meliputi filum Annelida dan sebagian anggota filum Arthropoda. (3) Kelompok endogeik hidup dalam tanah dan memakan materi organik serta akar tumbuhan yang mati, yang meliputi kelompok rayap dan berbagai jenis cacing tak berpigmen.

Nielsen (2019) mengelompokkan makrofauna tanah berdasarkan kegiatan makan menjadi herbivora, saprovora, fungivora dan predator. Kelompok saprovora hidupnya tergantung pada sisa daun yang jatuh (bahan organik tanaman). Sedangkan kelompok lain tergantung pada kehadiran kelompok saprovora dan kelompok predator memakan kelompok lain termasuk saprovora.

Makrofauna tanah memiliki peran aktif dalam mendekomposisi bahan organik. Peran inilah yang dapat mempertahankan dan mengembalikan produktivitas tanah dengan adanya faktor lingkungan yang dapat mendukung produktivitas tersebut. Adanya keberadaan dan aktivitas makrofauna tanah dapat meningkatkan aerasi, infiltrasi, agregasi tanah serta mendistribusikan bahan organik tanah (Sofa *et al.*, 2020).

Makrofauna tanah memiliki tingkat potensial yang tinggi untuk memperbaiki sifat-sifat fungsional tanah. Golongan tertentu pada makrofauna tanah terutama semut, rayap, dan cacing tanah dapat memecah ulang sisa organik dalam profil tanah dan dapat mengubah banyak struktur tanah yang menyebabkan meningkatnya luas permukaan dan ketersediaan substrat organik bagi kegiatan mikrobial (Anitha, 2020).

Pola penyebaran makrofauna tanah sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Faktor biotik maupun abiotik sangat mempengaruhi keberadaan makrofauna tanah. Faktor lingkungan abiotik yaitu pH tanah, suhu tanah, aerasi, dan kadar air yang tersedia. Faktor lingkungan abiotik

tersebut sangat berpengaruh terhadap struktur komunitas hewan-hewan yang terdapat di suatu habitat (Wasis *et al.*, 2024). Kelembapan tanah adalah salah satu faktor abiotik pendukung bagi makrofauna tanah. Kelembapan tanah berperan penting karena dapat mengubah efek dari suhu (Cuellar *et al.*, 2021). Kelembapan tanah yang tinggi lebih baik untuk ditempati oleh makrofauna tanah dibanding kelembapan tanah yang rendah, hal ini sesuai dengan keadaan morfologi mereka. Disamping itu, kelembapan juga memegang peran dalam mengontrol berbagai macam aktivitas, antara lain aktivitas bergerak dan aktivitas makan (Wasis *et al.*, 2024).

Faktor biotik bagi hewan tanah adalah organisme lain yang juga terdapat di habitatnya seperti, mikroflora, tumbuh-tumbuhan dan golongan hewan lainnya. Pada komunitas itu jenis-jenis hewan atau organisme itu saling berinteraksi satu dengan yang lainnya. Interaksi itu bisa berupa predasi, parasitisme, kompetisi, dan penyakit (Benetkova, 2022).

2.2 Filum Makrofauna Tanah

2.2.1 Filum Arthropoda

Arthropoda berasal dari bahasa Yunani yaitu *arthros* yang berarti sendi dan *podos* yang berarti kaki. Oleh karena itu ciri utama hewan yang termasuk dalam filum ini adalah kaki yang tersusun atas ruas-ruas. Jumlah spesies anggota filum ini terbanyak dibandingkan dengan filum lainnya yaitu lebih dari 800.000 spesies (Kastawi, 2002). Ciri-ciri umum arthropoda diantaranya mempunyai appendage yang beruas - ruas, tubuhnya bilateral simetris terdiri dari sejumlah ruas, tubuh terbungkus oleh zat chitine. Sehingga memiliki sistem syaraf berupa eksoskeleton. Fauna- fauna dari filum ini yang terdapat dalam tanah adalah dari kelas arachnid, Crustacea, Insekta dan Myriapoda (Giribet dan Edgecombe, 2019).

Arthropoda terbagi menjadi 3 sub filum yaitu Trilobita, Mandibulata dan Chelicerata. Sub filum Mandibulata terbagi menjadi 6 kelas, salah satu diantaranya adalah insecta (Hexapoda). Sub filum Chelicerata terbagi menjadi 3 kelas, sedangkan Sub filum Trilobita telah punah. Kelas Hexapoda atau Insecta terbagi menjadi sub kelas Apterygota dan Pterygota. Sub filum Apterygota terbagi menjadi 4 ordo, dan sub kelas Pterygota masih terbagi menjadi 2 golongan yaitu golongan Exopterygota (golongan Pterygota yang metamorfosisnya sederhana) yang terdiri dari 15 ordo dan golongan Endopterygota (golongan Pterygota yang metamorfosisnya sempurna) terdiri dari 3 ordo (Aria, 2021).

Suheriyanto (2012) menyatakan bahwa terdapat tiga sub filum dari arthropoda yaitu:

a) Sub filum Trilobita

Trilobita merupakan arthropoda yang hidup di laut, yang ada sekitar 245 juta tahun yang lalu. Anggota Subfilum trilobita sangat sedikit yang diketahui, karena pada umumnya ditemukan dalam bentuk fosil.

b) Sub filum Chelicerata

Kelompok subfilum Chelicerata merupakan hewan predator yang mempunyai selicerae dengan kelenjar racun. Yang termasuk dalam kelompok ini adalah laba-laba, tungau, kalajengking dan kepiting.

c) Sub filum Mandibulata

Kelompok ini mempunyai mandible dan maksila di bagian mulutnya, yang termasuk kelompok Mandibulata adalah : Crustacea, Myriapoda, dan Insecta (serangga). kelas crustacea telah beradaptasi dengan kehidupan laut dan populasinya tersebar di seluruh lautan. Anggota kelas Myriapoda adalah Millipedes dan Centipedes yang beradaptasi dengan kehidupan daratan.

2.2.2 Filum Annelida

Cacing tanah (*Lumbricus*) merupakan hewan tidak bertulang belakang (Invertebrata) yang digolongkan ke dalam filum Annelida, ordo Oligochaeta, dan kelas Chaetopoda yang hidup dalam tanah (Edwards dan Lofty, 1977 dan Rukmana, 2012). Filum Annelida dibagi menjadi tiga kelas, yaitu Polychaeta, Oligochaeta, dan Huridinea. Ciri-ciri filum Annelida adalah tubuhnya simetris bilateral, silindris, dan bersegmen-segmen serta pada permukaan tubuh terdapat sederetan dinding tipis atau sekat; saluran pencernaan makanan dan mulut terletak pada bagian depan (muka), sedangkan anus di bagian belakang; mempunyai rongga tubuh (coelom) yang berkembang dengan baik; bernapas dengan kulit atau insang; mempunyai peredaran darah tertutup dan darahnya mengandung hemoglobin. Penggolongan ini didasarkan pada bentuk morfologi tubuhnya yang tersusun atas segmen-segmen dan berbentuk seperti cincin (annulus). Setiap segmen memiliki beberapa pasang seta, yaitu struktur berbentuk rambut yang berguna untuk memegang substrat dan bergerak (Molnar *et al.*, 2021).

2.2.3 Filum Mollusca

Moluska adalah salah satu organisme yang mempunyai peranan penting dalam fungsi ekologis pada ekosistem tanah. Moluska yang diantaranya adalah Gastropoda dan Bivalvia merupakan filum yang dapat dijadikan sebagai bioindikator pada ekosistem tanah maupun perairan. Moluska memiliki kemampuan beradaptasi yang cukup tinggi pada berbagai habitat, dapat mengakumulasi logam berat tanpa mengalami kematian dan berperan sebagai indikator lingkungan (Purba, 2022).

Moluska yang ditemukan di dalam tanah berkontribusi terhadap siklus unsur hara, penguraian bahan organik, dan dapat berfungsi sebagai indikator kesehatan tanah. Namun, beberapa spesies juga dapat menimbulkan tantangan sebagai hama pertanian. Moluska yang terdapat di dalam tanah mempunyai berbagai peran dalam ekosistem dan dapat memberikan dampak positif dan negatif. Berikut beberapa contoh moluska yang terdapat di tanah dan peranannya:

a. Gastropoda

Siput adalah moluska yang umum ditemukan di tanah. Mereka bisa bermanfaat dan juga berbahaya. Meskipun berkontribusi terhadap penguraian bahan organik dan siklus nutrisi, mereka juga dapat menjadi hama yang merusak tanaman (Shalihah, dkk., 2017).

Keong hutan, sejenis siput, merupakan moluska yang ditemukan di kawasan hutan dan berperan penting dalam menjaga kesehatan tanah dengan mengonsumsi serasah daun dan menyumbangkan bahan organik ke dalam tanah.

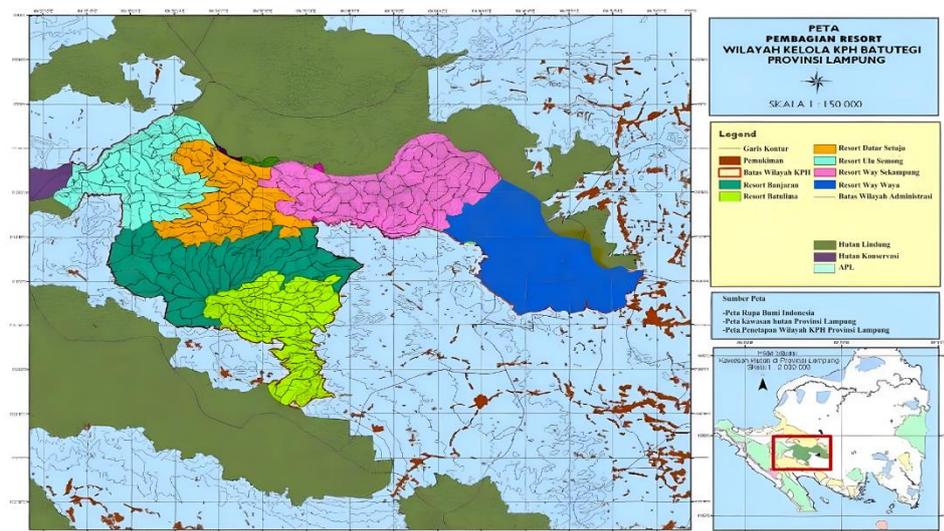
b. Bivalvia :

Bivalvia adalah kelompok moluska lain yang dapat ditemukan di tanah, khususnya di lingkungan perairan atau lahan basah. Mereka berperan dalam siklus nutrisi dan dapat berkontribusi terhadap kesehatan tanah dan ekosistem sekitarnya secara keseluruhan (Sulistyo, dkk., 2022).

2.3 Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung Batutegi

Hutan Lindung Batutegi secara geografis terletak pada $104^{\circ}27' - 104^{\circ}55'$ BT dan $5^{\circ}22' - 5^{\circ}48'$ LS. Secara administratif KPHL Batutegi berada di empat kabupaten, yaitu Kabupaten Tanggamus, Lampung Barat, Lampung Tengah dan Pringsewu. Berdasarkan SK Menteri kehutanan No. 650 yang dikeluarkan pada tahun 2010, Wilayah KPHL Batutegi memiliki wilayah kelola yang cukup luas yaitu 58.162 ha yang seluruhnya memiliki fungsi sebagai hutan lindung. Hutan lindung tersebut meliputi sebagian kawasan

Hutan Lindung Register 39 Kota Agung Utara, sebagian kawasan Hutan Lindung Register 22 Way Waya dan sebagian Kawasan Hutan lindung Register 32 Bukit Ridingan (Dishutprov Lampung, 2013).



Gambar 1. Peta Pembagian Resort Wilayah Kelola KPHL Batutegi (Ruchyansyah, 2014).

Kawasan Hutan Lindung Batutegi menjadi salah satu DAS prioritas di Provinsi Lampung karena memiliki fungsi salah satunya yaitu untuk mengairi salah satu sungai besar, yaitu Way Sekampung dan sebagai *catchment area* bendungan Batutegi. Pada kawasan Way Sekampung sebagian besar berupa blok inti yang mana menjadi *catchment area* yang sudah terjamah oleh pengelolaan masyarakat. Menurut Ruchyansyah (2014) kawasan hutan juga membudidayakan jenis-jenis tanaman perkebunan dan pertanian. Sebanyak 76,49 % wilayah kelola KPHL Batutegi di dominasi oleh tutupan vegetasi non hutan. Di dalamnya terdapat petani penggarap baik yang sudah bergabung dalam kelompok tani dan memiliki ijin usaha maupun yang belum. Ketergantungan masyarakat terhadap kawasan hutan cukup tinggi karena sebagian besar menjadikan kawasan hutan sebagai tempat mencari nafkah. Dengan kondisi tersebut, maka potensi terbesar di wilayah kelola KPHL Batutegi adalah komoditi hasil petani penggarap berupa kopi (*Coffea sp.*), kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq), kayu jati (*Tectona grandis*), sengon

(*Albizia chinensis*), lada (*Piper nigrum* L), kakao (*Theobroma cacao*), karet (*Hevea brasiliensis*), kemiri (*Aleurites moluccanus*), pala (*Myristica fragrans*), durian (*Durio sp*), serta berbagai jenis tumbuhan pakan bagi satwa liar. Hal ini menjadikan lokasi ini cocok untuk dijadikan tempat pengambilan data karena memiliki sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan oleh berbagai satwa liar.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data pada bulan Januari 2024 di Stasiun Riset Way Rilau, Hutan Lindung Batutegi, Tanggamus, Lampung, sedangkan analisis data dilakukan pada bulan Februari 2024 di Laboratorium Zoologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Penelitian ini berada di bawah naungan kerjasama YIARI (Yayasan Inisiasi Alam Rehabilitasi Indonesia) dengan Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat – alat yang diperlukan dalam penelitian ini, yaitu *pitfall trap* untuk menjebak makrofauna tanah, gelas cup berukuran 22 oz (t : 15cm, d : 9cm) untuk *pitfall trap*, kawat untuk menopang tutupan *pitfall trap*, styrofoam (18.5x13 cm) untuk tutupan *pitfall trap*, cangkul dan sekop untuk menggali tanah, roll meter untuk mengukur ukuran plot, plastik *zip and lock* dan botol koleksi untuk mengoleksi spesimen, *tally sheet* untuk mendata spesimen yang didapat, milimeter blok untuk mengukur makrofauna tanah, pinset untuk mengoleksi makrofauna tanah, sarung tangan, GPS garmin untuk mengetahui koordinat, kamera ponsel *Oppo Reno 8* untuk dokumentasi kegiatan dan spesimen, kertas label, dan pedoman buku identifikasi “Pengenalan Serangga” Borror *et al.*, (1992),

“Ekologi Hewan Tanah” Suin (2012), dan “*Classification of Insects*” Brues *et al.*, (1954). Bahan – bahan yang diperlukan dalam penelitian ini, yaitu alkohol 70%, air, deterjen cair, gula, dan makrofauna tanah.

3.3 Metode Pengamatan

Penelitian ini berupa penelitian deskriptif kuantitatif, menurut Sugiyono (2009) dan Suryana (2010), mengungkapkan penelitian deskriptif kuantitatif yaitu penelitian yang memaparkan hasilnya dengan deskripsi secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai fakta-fakta dan sifat-sifat populasi daerah tertentu dengan menekankan analisis pada data numerik (angka) yang kemudian dianalisis dengan metode statistik yang sesuai (Hardani, dkk., 2020). Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data menggunakan teknik sampling dengan menggunakan metode *Pit-fall Trap*, metode *Point Count* (jelajah), dan metode *Hand sorting*. Pengambilan sampel penelitian difokuskan pada area yang memiliki vegetasi khusus pada kawasan Hutan Lindung Batutegi. Pada kawasan blok inti, area yang dijadikan lokasi pengambilan sampel, yaitu sempadan sungai, semak belukar, rawa, dan interior hutan. Pada kawasan blok pemanfaatan, area yang dijadikan lokasi pengambilan sampel, yaitu kebun rapat, kebun jarang, dan sempadan irigasi.

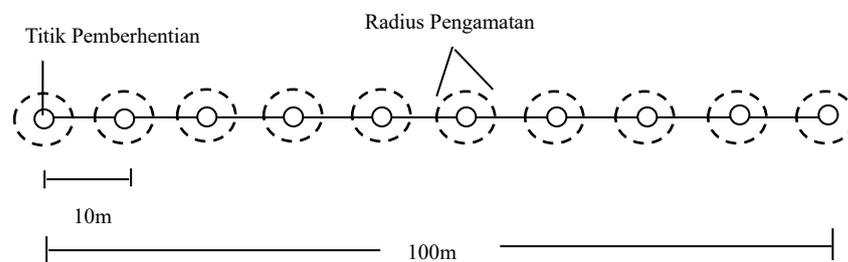
3.4 Prosedur Pengamatan

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan metode *Pit-fall Trap*, metode *Point Count* (jelajah), dan metode *Hand sorting*. Pengambilan sampel makrofauna tanah yang aktif dipermukaan tanah dilakukan dengan metode *Pit-fall Trap* dan metode *Point Count* (jelajah). Sedangkan makrofauna tanah yang kurang aktif di permukaan tanah tetapi lebih aktif di dalam tanah diambil menggunakan metode kuadrat. Makrofauna tanah yang ditemukan pada tanah tersebut diambil dengan metode *hand sorting* (disortir dengan tangan) secara teliti. Penelitian ini

dilakukan pada 7 jenis vegetasi yang berbeda yang berada di kawasan blok inti yaitu sempadan sungai, semak belukar, rawa, dan interior hutan, dan pada kawasan blok pemanfaatan yaitu kebun rapat, kebun jarang, dan sempadan irigasi.

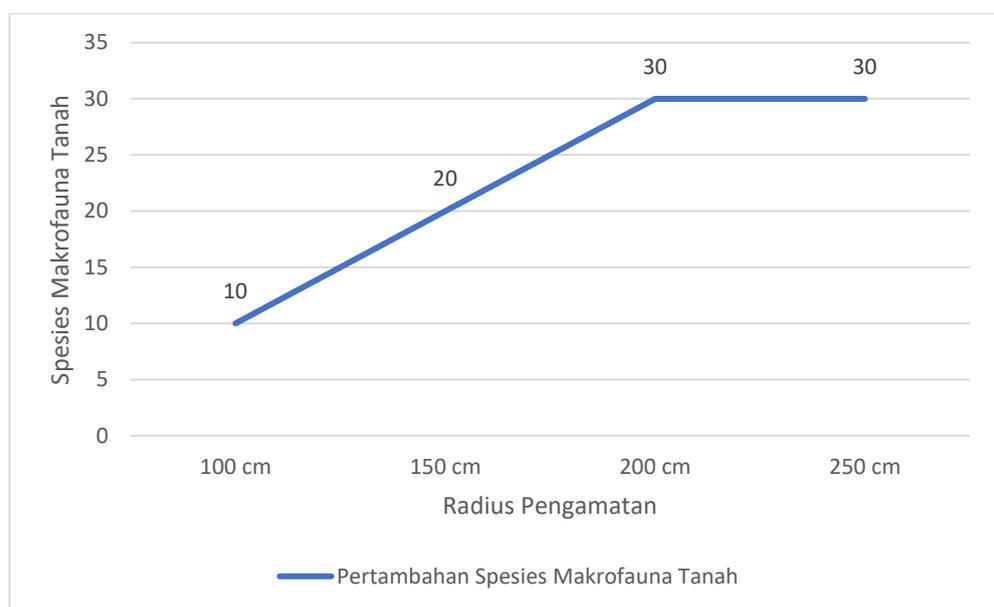
Metode *Pit-fall Trap* dilakukan dengan cara memasang perangkap yang berupa gelas plastik dengan diameter 9 cm dan tinggi 15 cm yang telah diisi dengan larutan alkohol 70% sebanyak ± 50 ml sebagai pembunuh dan pengawet ditambah dengan aquades dengan perbandingan 1:1 serta dicampur dengan sedikit larutan deterjen untuk meniadakan tegangan permukaan pada larutan alkohol tersebut dan ditambahkan gula sebanyak 1 sendok teh sebagai umpan agar makrofauna tanah mendekati jebakan. Pada metode *Pit-fall Trap*, jebakan dipasang pada pagi hari pukul 08.00 WIB kemudian diletakkan selama 24 jam. Pada setiap vegetasi dibuat sebanyak 3 plot pengamatan yang dipasang 3 *pit-fall Trap*, sehingga total plot pengamatan berjumlah 63 *pit-fall Trap*. Metode ini dilakukan sebanyak 2 kali ulangan dengan interval 1 hari.

Metode *Point Count* digunakan untuk menambah data makrofauna tanah yang aktif dipermukaan dengan menangkap hewan secara langsung yang jalurnya ditentukan dengan metode jelajah. Metode ini dilakukan dengan berjalan sepanjang jalur jelajah sejauh 100 m dengan titik pemberhentian setiap 10 m selama 10 menit (Hostetler dan Main., 2011) seperti yang terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pembuatan titik pemberhentian metode *point count*.

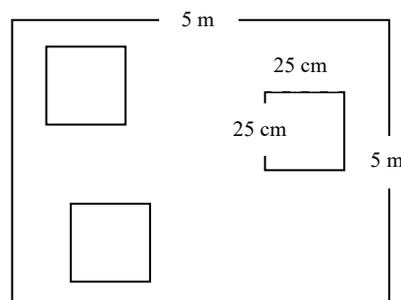
Penentuan radius pengamatan setiap titik pemberhentian dilakukan dengan menggunakan kurva pertambahan spesies (Gambar 3) dengan batasan 2 m untuk menentukan radius optimum pengamatan. Pengambilan sampel dilakukan secara langsung menggunakan tangan. Makrofauna tanah yang ditemukan diambil kemudian diletakkan ke dalam botol koleksi yang sudah berisi alkohol 70%. Metode ini dilakukan sebanyak 2 kali ulangan dengan interval 1 hari.



Gambar 3. Kurva Pertambahan Spesies Makrofauna Tanah

Pada metode kuadrat dan *hand-sorting* dibuat sebanyak 3 kuadrat dengan 3 plot *hand sorting* dalam setiap kuadrat pada 1 vegetasi yang digambarkan pada Gambar 4. Metode Kuadrat yang dibuat yaitu berukuran 5x5 m yang didalamnya terdapat 3 plot *hand-sorting* berukuran 25x25 cm dengan kedalaman 20 cm (Suin, 2012). Plot pengamatan ditempatkan berdasarkan pengamatan visual dengan mengutamakan tempat yang memiliki ketebalan serasah paling tebal atau memiliki tutupan tumbuhan bawah paling banyak dengan jarak 50 m dari setiap plot. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggali tanah menggunakan

cangkul serta sekop hingga kedalaman 20 cm. Penggalan dilakukan dengan cepat agar makrofauna yang terdapat di dalam tanah tidak memiliki kesempatan untuk melarikan diri atau bersembunyi kembali ke dalam tanah. Pengamatan makrofauna tanah dilakukan dengan menyortir tanah dengan menggunakan tangan. Penyortiran ini dilakukan selama 20 menit. Metode ini dilakukan sebanyak 2 kali ulangan dengan interval 1 hari.



Gambar 4. Plot *hand sorting*

Semua makrofauna tanah yang ditemukan diawetkan dan dibawa ke Laboratorium Zoologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Kegiatan identifikasi dilakukan dengan memperhatikan ciri-ciri morfologi seperti bentuk dan ukuran tubuh sesuai dengan beberapa buku identifikasi yang digunakan, yaitu “Pengenalan Serangga” Borror *et al.*, (1992), ‘Ekologi Hewan Tanah’ Suin (2012), dan “Classification of Insects” Brues *et al.*, (1954).

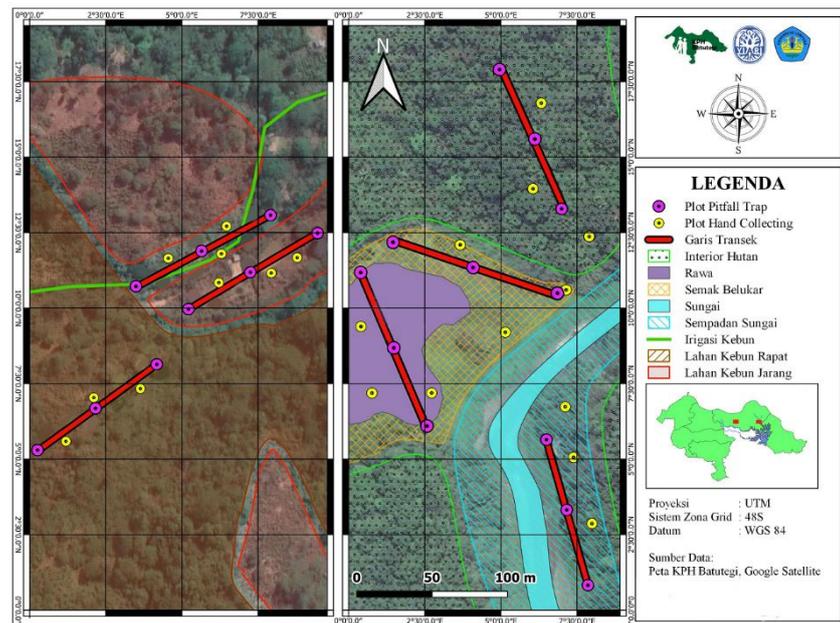
3.5 Pelaksanaan

Pelaksanaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Penentuan Lokasi

Penentuan ini dilakukan sebelum penelitian berlangsung yaitu pada bulan Oktober 2023 dengan tujuan untuk menentukan kawasan (plot) pada masing-masing vegetasi yang dapat mewakili pengambilan data masing-masing vegetasi saat penelitian. Pada setiap vegetasi, lahan

yang digunakan untuk plot pengamatan ditempatkan berdasarkan pengamatan visual dengan mengutamakan tempat yang memiliki ketebalan serasah paling tebal atau memiliki tutupan tumbuhan bawah paling banyak. Penentuan vegetasi dilakukan selama 7 hari untuk mencari vegetasi paling baik. Penentuan vegetasi ditandai dengan menggunakan bambu atau kayu yang sudah diberi pita berwarna merah sebagai tanda bahwa area tersebut dapat mewakili satu vegetasi. Berdasarkan hasil survei, dilakukan penentuan titik plot berdasarkan pengamatan visual ketebalan serasah atau tutupan tumbuhan bawah yang paling banyak pada 7 jenis vegetasi yang berbeda yang berada di kawasan blok itu yaitu sempadan sungai, semak belukar, rawa, dan interior hutan, dan pada kawasan blok pemanfaatan yaitu kebun rapat, kebun jarang, dan sempadan irigasi. Penempatan plot pada setiap vegetasi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Plot Sampling Makrofauna Tanah

b. Pengambilan Data

Pengambilan data makrofauna tanah dilakukan dengan menggunakan tiga metode, yaitu metode *Pit-fall Trap*, metode *hand sorting*, dan

metode *Point Count* (jelajah). Pengambilan sampel makrofauna tanah yang aktif dipermukaan tanah dilakukan dengan metode *Pit-fall Trap* dan metode *Point Count* (jelajah). Metode kuadrat digunakan untuk pengambilan sampel makrofauna tanah yang kurang aktif dipermukaan tanah tetapi lebih aktif di dalam tanah. Makrofauna tanah yang ditemukan pada tanah tersebut diambil dengan metode *hand sorting* (disortir dengan tangan) secara teliti.

1.) Metode *Pit-fall Trap*

Pada setiap vegetasi dibuat sebanyak 3 plot pengamatan yang berisi 3 *pit-fall Trap* dengan masing-masing jarak antar plot yaitu 50 m dalam setiap vegetasi. Pembuatan jebakan *Pit-fall Trap* dilakukan dengan cara menggali lubang seukuran gelas cup yang terlebih dahulu sudah diisi alkohol 70% sebanyak 50 ml dicampur dengan aquades dengan perbandingan 1:1 serta sedikit detergen dan ditambah gula sebanyak 1 sendok makan sebagai umpan untuk makrofauna tanah. Gelas cup diletakkan ke dalam tanah hingga sejajar dengan tanah. Setelah gelas cup diletakkan di dalam tanah, dibuat kanopi menggunakan styrofoam agar terlindung dari hujan dan angin. Pemasangan kanopi dapat disandarkan pada patok/batu agar tidak bergeser saat terkena hujan dan angin. Pemasangan kanopi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Pit fall Trap*

Pada metode *Pit-fall Trap*, pembuatan lubang dan peletakan gelas cup dimulai pada pagi hari pukul 08.00 WIB. Jebakan yang

dipasang diambil pada keesokan harinya setelah dibiarkan selama 24 jam. Metode ini dilakukan sebanyak 2 kali ulangan dengan interval 1 hari.

2.) Metode *Point Count*

Pengambilan data pada metode ini dilakukan dengan metode jelajah sepanjang 100 m yang sebelumnya sudah ditentukan pada masing-masing vegetasi. Pada metode ini terdapat 10 titik pemberhentian yang dilakukan setiap jarak 10 m dari titik awal. Pengamatan yang dilakukan di setiap titik dilakukan selama 10 menit dengan radius pengamatan maksimum 2 m. Pengambilan sampel pada metode ini dilakukan dengan cara menyusuri jalur jelajah secara teliti dan pengambilan sampel dilakukan secara langsung menggunakan tangan. Makrofauna tanah yang ditemukan diambil kemudian diletakkan ke dalam botol koleksi yang sudah berisi alkohol 70%. Pada metode ini dilakukan sebanyak 2 kali ulangan dengan interval 1 hari.

3.) Metode *Hand sorting*

Metode *hand sorting* dibuat sebanyak 3 plot *hand sorting* berukuran 25x25 cm dengan kedalaman 20 cm (Suin, 2012). Plot pengamatan ditempatkan berdasarkan pengamatan visual dengan mengutamakan tempat yang memiliki ketebalan serasah paling tebal atau memiliki tutupan tumbuhan bawah paling banyak dengan jarak 50 m dari setiap plot. Setelah dilakukan penentuan titik plot *hand sorting*, pengambilan sampel dilakukan dengan mengambil tanah dengan cara digali menggunakan cangkul dan sekop hingga kedalaman 20 cm. Tanah tersebut kemudian diletakkan di atas plastik putih untuk kemudian dilakukan penyortiran.

Pengambilan sampel makrofauna tanah dilakukan dengan menggunakan teknik *Hand Sorting*. Sampel makrofauna tanah disortir dengan menggunakan tangan secara teliti. Sampel makrofauna tanah yang didapat dimasukkan ke dalam botol jar atau plastik *zip pack* yang sudah diberi larutan alkohol 70% dan sedikit detergen. Setiap botol jar atau plastik *zip pack* diberi label berdasarkan nomor setiap plot untuk kemudian diidentifikasi. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada pagi hari yaitu berkisar antara pukul 06.00 – 09.00 WIB. Pada setiap plot dilakukan sebanyak 2 kali ulangan dengan interval 1 hari.

c. Preservasi Makrofauna Tanah

Makrofauna tanah yang didapat dimasukkan ke dalam botol sampel kemudian diawetkan dengan menggunakan alkohol 70%. Masing - masing botol sampel diberi penamaan dengan menggunakan label sesuai dengan metode dan plot saat pengambilan sampel.

d. Identifikasi Makrofauna Tanah

Proses mengidentifikasi makrofauna tanah dilakukan di Laboratorium Zoologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung dengan menggunakan sampel yang didapat dari lapangan. Proses identifikasi dilakukan dengan pengelompokan berdasarkan kesamaan ciri morfologinya. Makrofauna tanah yang diambil merupakan makrofauna yang memiliki ukuran panjang tubuh > 1 cm atau yang memiliki lebar tubuh 2 – 20 mm. Ukuran ini merupakan yang paling sering digunakan dalam proses pengelompokan makrofauna tanah berdasarkan ukuran tubuh oleh para peneliti di Asia khususnya di Indonesia (Kusuma, 2022). Proses identifikasi dilakukan dengan memperhatikan morfologi (bentuk luar tubuhnya) melalui loup serta menggunakan beberapa buku identifikasi, yaitu “Pengenalan Serangga” Borror *et al.*, (1992), “Ekologi Hewan Tanah” Suin (2012), dan “*Classification of Insects*” Brues *et al.*, (1954).

3.6 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan dalam penelitian keanekaragaman makrofauna tanah adalah sebagai berikut :

a. Jumlah Individu Makrofauna Tanah

Data hasil penelitian dikategorikan berdasarkan jumlah individu makrofauna tanah dan ditampilkan dalam bentuk tabel. Jumlah individu ditentukan dengan menghitung jumlah seluruh makrofauna tanah berdasarkan hasil identifikasi yang terdapat pada setiap vegetasi dengan metode *Pit-fall Trap*, metode *Hand sorting*, dan metode *Point Count*. Makrofauna yang terkoleksi diidentifikasi hingga tingkat famili. Setiap sampel yang telah didokumentasikan diberi skala ukuran dalam satuan milimeter.

b. Kelimpahan Makrofauna Tanah

Kelimpahan makrofauna tanah adalah gambaran dari banyaknya individu yang menempati suatu lokasi tertentu. Nilai kelimpahan makrofauna tanah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mengacu pada jumlah individu yang ditemukan pada beberapa tipe habitat dengan rumus sebagai berikut :

$$pi = \frac{ni}{N}$$

Dengan keterangan :

pi = Kelimpahan

ni = Jumlah individu

N = Jumlah seluruh individu (Suin, 2012)

c. Keanekaragaman Jenis Makrofauna Tanah

Data jumlah jenis dan jumlah individu makrofauna tanah yang didapatkan dari masing-masing metode digunakan untuk mendapatkan

nilai Indeks Keanekaragaman Jenis Shannon-Wiener (Suin, 2012), yaitu dengan rumus sebagai berikut :

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Dengan keterangan :

H' = Indeks Keanekaragaman

P_i = kelimpahan suatu jenis yang diperoleh dengan n_i/N

Tingkat keanekaragaman dalam Magurran (1988) dapat dianalisis dengan beberapa kriteria, yaitu :

$H' < 1,0$: Keanekaragaman termasuk dalam kategori rendah

$1,0 \leq H' \leq 3$: Keanekaragaman termasuk dalam kategori sedang

$H' > 3$: Keanekaragaman termasuk dalam kategori tinggi

d. Kepadatan Populasi Makrofauna Tanah

Kepadatan populasi digunakan untuk mengukur seberapa padat populasi atau organisme dalam suatu habitat. Hal ini dapat digunakan untuk membandingkan dua habitat atau lebih dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kepadatan Populasi} = \frac{n_i}{La}$$

Dengan keterangan :

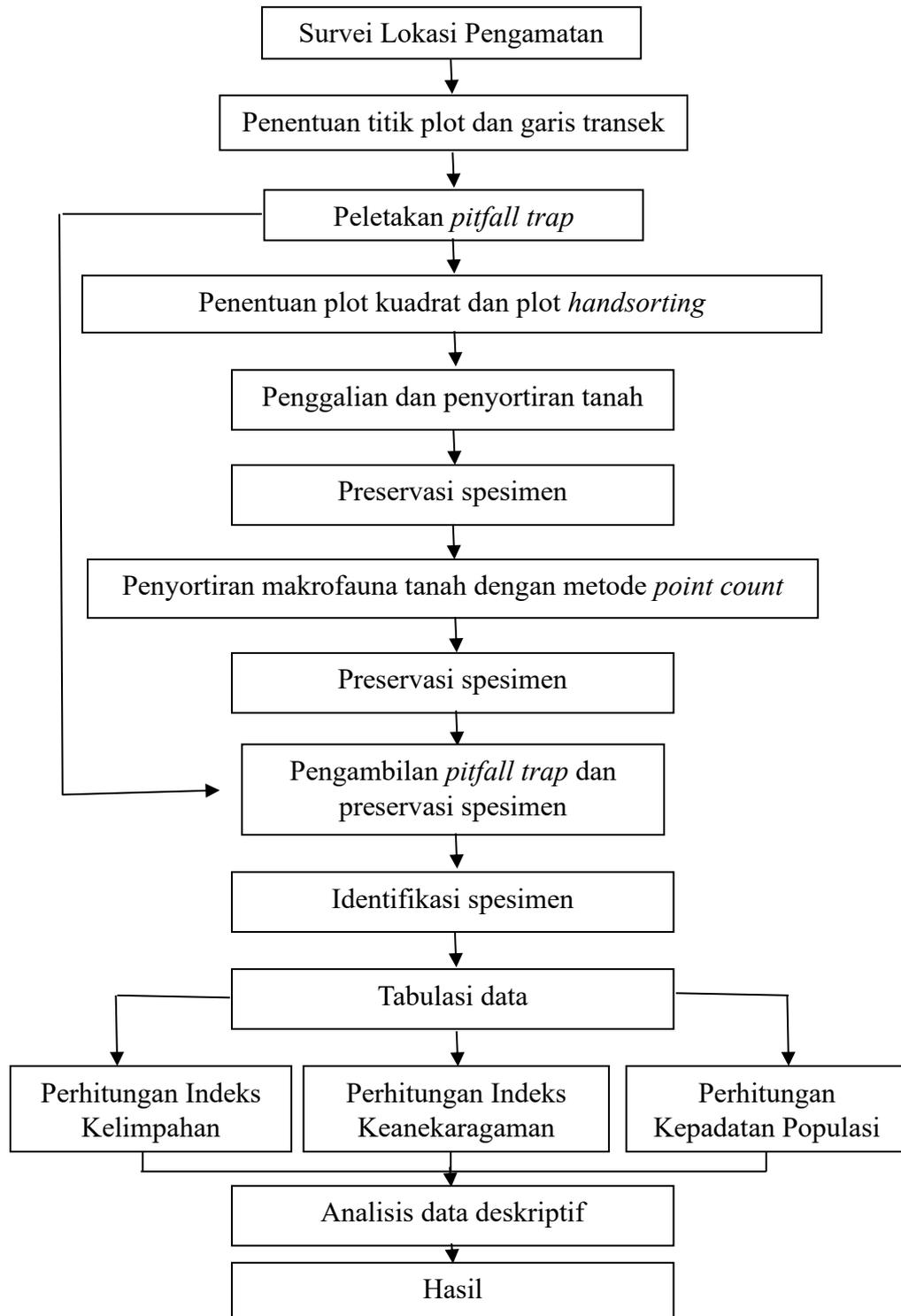
n_i = Jumlah individu

La = Luas area

(Adianto, 1983)

3.7 Diagram Alir

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian Makrofauna Tanah

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat diambil simpulan sebagai berikut.

1. Kelimpahan individu makrofauna tanah yang diperoleh dengan metode *pitfall trap* dan metode *point count* tertinggi di habitat kebun rapat sejumlah 349 individu dan 247 individu, terendah di habitat rawa sejumlah 66 individu dan 46 individu. Kelimpahan terendah diperoleh dengan menggunakan metode *hand sorting* dibandingkan metode *pitfall trap* dan *point count* dengan jumlah tertinggi di habitat sempadan sungai sejumlah 126 individu dan terendah di habitat kebun jarang sejumlah 39 individu.
2. Nilai indeks keanekaragaman tertinggi terdapat pada habitat sempadan sungai ($H' = 3,5$) dan terendah pada habitat kebun jarang ($H' = 0,68$). Nilai indeks keanekaragaman tertinggi diperoleh dengan menggunakan metode *point count* dan terendah diperoleh dengan menggunakan metode *hand sorting*.
3. Kepadatan populasi terbesar yang diperoleh dengan menggunakan metode *handsorting* pada 7 tipe habitat berbeda yaitu spesies *Pheretima posthuma* dengan nilai kepadatan berkisar $0,045 - 0,098/m^2$ dan *Pontoscolex corethrurus* dengan nilai kepadatan berkisar $0,028 - 0,033/m^2$.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan adalah perlunya penelitian lanjutan mengenai keanekaragaman makrofauna tanah pada beberapa tipe habitat berdasarkan keterkaitannya dengan vegetasi tumbuhan di lokasi penelitian. Selain itu, diperlukan penelitian dengan menggunakan metode lain seperti *bait trap* dan *light trap* pada pengumpulan data makrofauna tanah. Implikasi dari penelitian ini adalah perlunya restorasi habitat atau penanaman pohon *Ficus* sp. pada habitat kebun jarang untuk meningkatkan keanekaragaman makrofauna tanah di dalamnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, R. C., dan Kurniawan, N. 2013. Struktur Komunitas Serangga Nokturnal Areal Pertanian Padi Organik pada Musim Penghujan di Kecamatan Lawang, Kabupaten Malang. *Biotropika: Journal of Tropical Biology*. 1(4) : 186-190.
- Afifatur, Miftahul. 2021. Keanekaragaman Hewan Tanah sebagai Bioindikator Kualitas Tanah di Lahan Tebu Pupuk Organik dan Lahan Tebu Pupuk Non Organik Desa Wonokusumo Kecamatan Tapen Kabupaten Bondowoso. *Gunung Djati Conference Series*. 6 : 2-7.
- Aminullah, Y., N. Mahmudati. dan S. Zaenab. 2019. Keanekaragaman Makrofauna Tanah Daerah Pertanian Apel Semi Organik dan Pertanian Semi Non Organik Kecamatan Bumiaji Kota Batu Sebagai Bahan Ajar Biologi SMA. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*. 1(2): 178-187.
- Anderson, C., and Burgin, A. (2018). Riparian Zone Heterogeneity Drives Aquatic–Terrestrial Nutrient Subsidies in Headwater Streams. *Ecosystems*. 21(1) : 161–172.
- Anderson, J. M., and Ingram, J. S. 1994. Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods. *Soil Science*.157(4) : 265.
- Anitha, K. V. 2020. Soil Macrofauna : A Retrospection with Reference to Soil Formation and Soil Health. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 9(4) : 592 – 594.
- Aprianis, Y. 2011. Produksi dan laju dekomposisi serasah *Acacia crassicarpa* A. Cunn. di PT Arara Abadi. *Tekno Hutan Tanaman* 4(1) : 41-47.
- Apriliana, A., Oktafianingsih, C., dan Kamaludin, I. A. 2019. Keanekaragaman insecta serasah daun di daerah potrobangsang dengan metode sampel acak sederhana. *Proceeding of Biology Education*. 3(1) : 202-207.
- Aria, Cedric. 2021. The Origin and Early Evolution of Arthropods. *Peer Community in Paleontology*. 97(5) : 1786 – 1809.

- Benetkova, P., Van Diggelen, R., Háněl, L., Vicentini, F., Moradi, R., Weijters, M., and Frouz, J. 2022. Soil Fauna Development during Heathland Restoration from Arable Land : Role of Soil Modification and Material Transplant. *Ecological Engineering*. 176.
- Brussard, P. F., Reed, J. M., and Tracy, C. R. 1998. Ecosystem management: what is it really?. *Landscape and Urban Planning*. 40(1-3) : 9-20.
- Burges dan Raw. 1967. *Perombakan Makrofauna Tanah*. Jakarta: Penerbit Airlangga.
- Borror, D. J., Triplehorn, C. A., and Johnson, N. F. 1992. *An Introduction to The Study of Insects*. Australia: CSIRO.
- Cuellar, L. M., Rodríguez-Suárez, L., Murcia-Torrejano, V., Orduz-Tovar, S. A., Ordoñez-Espinosa, C. M., and Suárez, J. C. 2021. Soil macrofauna and edaphoclimatic conditions in an altitude gradient of coffee growing regions, Huila, Colombia. *Revista De Biología Tropical*. 69(1) : 102 – 112.
- Dhamaiyanti, D. A. 2023. Keanekaragaman Burung dan Penggunaan Habitat di Cibinong Science Center-Botanical Garden (Cso-Bg). *Bachelor's Thesis*. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta
- [Dishutprov Lampung] Dinas Kehutanan Provinsi Lampung. 2013. Gambaran Umum KPHL Batutegi.
- Edwards, C. A., and Lofty, J. R. 1977. The influence of invertebrates on root growth of crops with minimal or zero cultivation. *Ecological Bulletins*. 348-356.
- Fachrul, F. M. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Bumi Askara, Jakarta.
- Finlayson, C., Milton, G. R., Prentice, R. C., and Davidson, N. 2018. *The Wetland Book: II: Distribution, Description, and Conservation*. Springer.
- Gao, L., Burgin, A., and Ingram, J. 2020. Effects of climate change on the distribution of riparian vegetation in the Weihe River Basin, China. *Ecological Indicators*. 112 : 106 - 127.
- Giribet, G., and Edgecombe, G. D. 2019. The Phylogeny and Evolutionary History of Arthropods. *Current Biology*. 29(12) : 592 – 602.
- Gusmasri, R., Anwari, M. S., dan Prayogo, H. 2018. Keanekaragaman Jenis Semut (Formicidae) Di Hutan Alam Sekunder Desa Sepandan Kecamatan Batang Lupar Kabupaten Kapuas Hulu. *Jurnal Hutan Lestari*. 6(4) : 1021-1027.

- Gongalsky, K. B. 2021. Soil Macrofauna : Study Problems and Perspective. *Soil Biology and Biochemistry*. 159 : 108 – 281.
- Gonzalez, G., Kriska, G., and Low, P. 2019. Effects of Food Availability on the Population Dynamics of Soil Macroinvertebrates: A Meta-Analysis. *Ecology Letters*. 22(1) : 526 - 538.
- Hasmah, Annawaty, dan Fahri. 2017. Identifikasi dan Populasi Cacing Tanah di Sekitar Lubang Resapan Biopori (LRB) yang Diisi Media Limbang Kulit Buah Kakao. *Jurnal Biocelbs*. 12(2) : 23 – 32.
- Husamah. 2014. Struktur Komunitas Collembola Tanah pada Agroekosistem Apel Semi Organik dan Non Organik Kota Batu sebagai Bahan Pengembangan Panduan Praktikum Ekologi Hewan. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi UNS*.
- Husamah, A. Rahardjanto, dan M.A. Huda. 2017. *Ekologi Hewan Tanah*. Universitas Muhammadiyah Malang. UMM Press. Malang.
- Johnson, E. A., and Miyanishi, K. 2018. *Plant Disturbance Ecology: The Process and the Response*. Elsevier.
- Johnson, R., and Brown, S. 2018. Causes and Consequences of Agricultural Intensification. *Annual Review of Environment and Resources*. 43 : 187 - 215.
- Kastawi, Y. 2002. *Zoologi Avertebrata*. Erlangga : Jakarta.
- Kautsar, A.M., Riyanto, dan Huzaifah. S. 2015. Keanekaragaman Jenis Serangga Nokturnal di Kebun Botani Kampus FKIP Universitas Sriwijaya Indralaya dan Sumbangannya Pembelajaran Biologi di SMA. *Jurnal Pembelajaran Biologi*. 2(2) : 124-136.
- Kramadibrata, P. 2009. *Biologi Konservasi*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Macintosh, D.J. and Ashton, E.C. 2002. *A Review of Mangrove Biodiversity Conservation and Management*. Centre for Tropical Ecosystems Research, University of Aarhus, Denmark.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science Ltd. Malden.
- Mayasari, A. T., Kesumadewi, A. A. I., dan Kartini, N. L. 2019. Populasi, Biomassa dan Jenis Cacing Tanah pada Lahan Sayuran Organik dan Konvensional di Bedugul. *Agrotrop*. 9(1) : 13 – 22.
- Middleton, B. A. 2019. *Restoration of freshwater marsh ecosystems*. John Wiley & Sons.

- Mitsch, W. J., and Gosselink, J. G. 2015. *Wetlands*. John Wiley & Sons.
- Molnar, K., Kriska, G., and Low, P. 2021. *Invertebrata Histology Chapter 7 : Annelida*. Wiley Online Library.
- Nakamura, F., and Mitsuhashi, H. 2019. Riparian vegetation restoration enhances the resistance and resilience of stream ecosystems to floods. *Ecological Engineering*. 135 : 77–86.
- Nielsen, Uffe N. 2019. *Soil Fauna Assemblages*. Cambridge University Press.
- Nusroh, Z. 2007. Studi Diversitas Makrofauna Tanah Di Bawah Beberapa Tanamanpalawija Yang Berbeda Di Lahan Kering Pada Saat Musim Penghujan. *Skripsi*. UNS: Surakarta.
- Pariyanto, P., dan Destriani, D. 2021. Keanekaagaman Makrofauna Tanah di Perkebunan Karet Kecamatan Talo Kabupaten Seluma Provinsi Bengkulu. *Kependidikan*. 1(30).
- Partaya. 2002. Komunitas fauna tanah dan analisis bahan organik di TPA kota Semarang. Seminar Nasional Pengembangan Biologi Menjawab Tantangan Kemajuan IPTEK. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Pollierer, M. M., Klarner, B., Ott, D., Digel, C., Ehnes, R. B., Eitzinger, B., ... and Scheu, S. 2021. Diversity and Functional Structure of Soil Animal Communities Suggest Soil Animal Food Webs to be Buffered Against Changes in Forest Land Use. *Oecologia*. 196 : 195 – 209.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., and Kunin, W. E.. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*. 25(6) : 345 – 353.
- Pretty, J. 2018. Intensification for redesigned and sustainable agricultural systems. *Science*. 362 : 6417.
- Purba, Ika Rosenta. 2022. *Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Air*. Cv. Azka Pustaka.
- Qudratullah, H., Setyawati, T. R., dan Yanti, A. H. 2013. Keanekaragaman cacing tanah (Oligochaeta) pada tiga tipe habitat di Kecamatan Pontianak Kota. *Protobiont*. 2(2).
- Radioputro. 1991. *Zoologi*. Erlangga: Jakarta.
- Rattan, R. K. and Kunin, W. E. 2017. Impact of Fertilizer Use on Soil Quality. *Advances in Agronomy*. 144 : 1-82.

- Ravindranath, A., Kriska, G., and Low, P. 2018. Avifaunal diversity in relation to water quality of irrigation canals in semi-arid landscapes of Central India. *Journal of Environmental Biology*. 39(1) : 133 - 141.
- Ruchyansyah, Y. 2014. Rencana Pengelolaan Hutan Jangka Panjang Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung (RPHJP KPHL) Model Batutegi Provinsi Lampung Tahun 2014 – 2023. Dinas Kehutanan Provinsi Lampung. Bandar Lampung.
- Sajidan, S. 2014. Kontribusi Naungan Pohon terhadap Kepadatan Cacing Tanah. *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*. 7(2) : 43-46.
- Saputra, I. K. 2022. Keanekaragaman Makrofauna Tanah di Lahan Pasca Tambang Batubara dan Hutan di Sekitar Desa Sungai Akar Kabupaten Indragiri Hulu. Skripsi. UIN SUSKA RIAU.
- Shalihah, H. N., Purnomo, P. W., Widyorini, dan Niniek. 2017. Keanekaragaman Moluska Berdasarkan tekstur Sedimen dan Kadar Bahan Organik pada Muara Sungai Betahwalang, Kabupaten Demak. *Saintek Perikanan : Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*. 13(1) : 58 – 64.
- Six, J., and Frey, S. D. 2003. Variability in Soil Microbial Communities and Carbon Efflux from Soils. *Journal of Applied Ecology*. 90(2) : 221 - 234.
- Smith, A. B., and Smith, T. M. 2020. The Role of Shrubland Ecosystems in Biodiversity Conservation and Ecosystem Functioning. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 51 : 291–313.
- Smith, J., and Jones, A. 2019. Environmental Challenges in Agricultural Landscapes: A Review. *Environmental Science & Policy*. 99 : 40 - 48.
- Sofo, A., Mininni, A. N., and Ricciuti, P. 2020. Soil Macrofauna : A Key Factor Increasing Soil Fertility and Promoting Sustainable Soil Use in Fruit Orchard Ecosystems. *Journals Agronomy*. 10(4) : 546.
- Sugiyarto, W. D., dan Suci, Y. R. 2002. Keanekaragaman Hewan Permukaan Tanah Pada Berbagai Tegakan Hutan di Sekitar Goa Jepang, BKPH Nglarak, Lawu Utara, Kabupaten Karanganyar. *Jurnal Penelitian*. UNS : Surakarta.
- Sugiyarto. 2003. *Konservasi Makrofauna Tanah dalam Sistem Agroforestri*. Surakarta : Puslitbang Bioteknologi dan Keanekaragaman LPPM UNS.

- Sulistyo, R. B., Jalil, L. A., Badruzsaufari, dan Dharmono. 2022. Identifikasi Ekofak Moluska Bivalvia dari Situs Benteng Tabanio, di Kabupaten Tanah Laut. *Naditira Widya*. 16 (1) : 55 – 72.
- Sugiyarto, Efendi M, Mahajoeno E, Sugito Y, Handayanto E dan Agustina L. 2007. “Preferensi Berbagai Jenis Makrofauna Tanah Terhadap Sisa Bahan Organik Tanaman pada Intensitas Cahaya Berbeda”. *Keanekaragaman*. 7(4) : 96-100.
- Suheriyanto, D. 2012. Keanekaragaman Makrofauna Tanah di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru sebagai Bioindikator Tanah Bersulfur Tinggi. *Saintis*. 1(2) : 29 – 38.
- Suin, N. M. 2012. *Ekologi Hewan Tanah*. Jakarta: Bumi AKRara.
- Tilman, D., Clark, M., Williams, D. R., Kimmel, K., Polasky, S., and Packer, C. 2019. Future threats to biodiversity and pathways to their prevention. *Nature*. 546(7656) : 73 – 81.
- Vandermeer, J., and Carvajal, R. 2019. Interior forest, agroforestry, and the conservation of biological diversity. *Conservation Biology*. 33(2) : 239 – 249.
- Van der Werf, H. M. G Ott, D., Digel, C. 2020. Strategies to improve global food security by increasing crop productivity and reducing environmental impacts. *Agricultural Systems*. 178 : 102 - 725.
- Yuliprianto, H. 2010. *Biologi Tanah dan strategi Pengelolaannya*. Edisi Pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wallwork, J.A. 1970. *Ecology of Soil Animals*. London : Mc. Graw-Hill.
- Wardle, D. A., Yeates, G. W., Williamson, W. M., Bonner, K. I., and Barker, G. M. 2004. Linking Aboveground and Belowground Communities: The Indirect Influence of Herbivores on Soil Organisms. *Ecology*. 85(5) : 1262-1272.
- Wasis, B., Fatimah, G., and Winata, B . 2024. The Abundance of Soil Mesofauna and Macrofauna at Different Altitudes in Mount Gede Pangrango National Park. *IOP Conference Series : Earth and Environmental science*. 1315.
- Wibowo, C. dan Slamet, A. S. 2017. Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Berbagai Tipe Tegakan di Areal Bekas Tambang Silika di Holcim Education Forest Sukabumi Jawa Barat. *Silvikultur Tropika*. 8(1) : 26 – 34.

Zhang, W., Mininni, A. N., and Ricciuti, P. 2019. Effects of Long-Term Fertilization on Soil Physical Properties in a Semiarid Region of China: A Review. *Pedosphere*. 29(2) : 169 - 180.