

**KEANEKARAGAMAN DAN KEPADATAN CACING TANAH SEBAGAI  
BIOINDIKATOR KUALITAS TANAH PADA LAHAN PERKEBUNAN  
APEL KONVENSIONAL DAN SEMIORGANIK DESA TULUNGREJO  
KECAMATAN BUMIAJI KOTA BATU**

**TESIS**

**Oleh:  
NIA NOVITA NURROHMAH  
NIM.200602220001**



**PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2022**

**KEANEKARAGAMAN DAN KEPADATAN CACING TANAH SEBAGAI  
BIOINDIKATOR KUALITAS TANAH PADA LAHAN PERKEBUNAN  
APEL KONVENSIONAL DAN SEMIORGANIK DESA TULUNGREJO  
KECAMATAN BUMIAJI KOTA BATU**

**TESIS**

**Oleh:  
NIA NOVITA NURROHMAH  
NIM. 200602220001**

**diajukan Kepada:  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Magister Sains (M.Si)**

**PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2022**

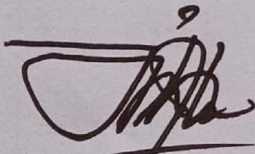
**KEANEKARAGAMAN DAN KEPADATAN CACING TANAH SEBAGAI  
BIOINDIKATOR KUALITAS TANAH PADA LAHAN PERKEBUNAN  
APEL KONVENSIONAL DAN SEMIORGANIK DESA TULUNGREJO  
KECAMATAN BUMIAJI KOTA BATU**

**TESIS**

**Oleh:  
NIA NOVITA NURROHMAH  
NIM. 200602220001**

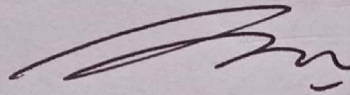
**telah diperiksa dan disetujui untuk diuji  
tanggal: 26 November 2022**

**Pembimbing I**



**Dr. Dwi Saheriyanto, M.P.**  
NIP.19740325 2003121001

**Pembimbing II**



**Dr. Hj. Akyunul Jannah, M.Si.**  
NIP. 197504102005012009

**Mengetahui,  
Ketua Program Studi Magister Biologi**



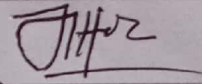
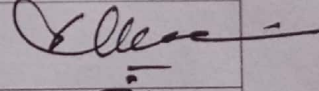
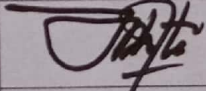

**Prof. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si.**  
NIP. 197109192000032001

KEANEKARAGAMAN DAN KEPADATAN CACING TANAH SEBAGAI  
BIOINDIKATOR KUALITAS TANAH PADA LAHAN PERKEBUNAN  
APEL KONVENSIONAL DAN SEMIORGANIK DESA TULUNGREJO  
KECAMATAN BUMIAJI KOTA BATU

TESIS

Oleh:  
NIA NOVITA NURROHMAH  
NIM. 200602220001

telah dipertahankan  
di depan Dewan Penguji Tesis dan dinyatakan diterima sebagai  
salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Sains (M.Si.)  
Tanggal: 30 November 2022

Penguji Utama	Prof. Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si. NIP. 196505091999032002	
Ketua Penguji	Dr. Eko Budi Minarno, M.Pd. NIP. 196301141999031001	
Sekretaris Penguji	Dr. Dwi Suheriyanto, M.P. NIP. 19740325 2003121001	
Anggota Penguji	Dr. Hj. Akyunul Jannah, M.Si. NIP. 197504102005012009	

Mengesahkan,  
Ketua Program Studi Magister Biologi  
**Dr. Maulana Malik Ibrahim Malang**  
  
Prof. Dr. **Dr. Dayimatul Muchtaromah, M.Si.**  
NIP. 197109192000032001

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nia Novita Nurrohmah  
NIM : 200602220001  
Program Studi : Magister Biologi  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : Keanekaragaman dan Kepadatan Cacing Tanah sebagai Bioindikator Kualitas Tanah pada Lahan Perkebunan Apel Konvensional dan Semiorganik Desa Tulungrejo Kecamatan Bumiaji Kota Batu

menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan, dan/atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan dan/atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan tesis ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 12 Desember 2022  
yang membuat pernyataan,



Nia Novita Nurrohmah  
NIM. 200602220001

## **HALAMAN PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS**

Tesis ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.

## MOTTO

مَنْ صَبَرَ ظَفِرَ (Man Shabara Zhafira).

“Barang siapa yang bersabar ia akan beruntung”

**Keanekaragaman dan Kepadatan Cacing Tanah sebagai Bioindikator Kualitas Tanah pada Lahan Perkebunan Apel Konvensional dan Semiorganik Desa Tulungrejo Kecamatan Bumiaji Kota Batu**

Nia Novita Nurrohmah, Dwi Suheriyanto, Akyunul Jannah

Program Studi Magister Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

**ABSTRAK**

Cacing tanah merupakan kelompok hewan tanah yang memiliki peran penting dalam menyusun ekosistem tanah, yakni sebagai pendegradasi bahan-bahan organik. Cacing tanah dipilih sebagai hewan indikator karena dapat menunjukkan respon sensitif terhadap praktik pengelolaan lahan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui keanekaragaman dan kepadatan cacing tanah, nilai parameter fisika dan kimia tanah, korelasi parameter fisika dan kimia tanah dengan kepadatan cacing tanah, serta mengetahui genus cacing tanah yang berpotensi menjadi bioindikator kualitas tanah pada perkebunan apel semiorganik dan konvensional menggunakan metode IndVal. Pada setiap lokasi penelitian dibuat transek garis dan setiap transek terdapat 10 titik plot dengan 3 kali ulangan. Pengambilan objek penelitian dengan metode *Hand sorted*. Analisis data menggunakan aplikasi PAST 4.03 dan software R 4.2.2. Cacing tanah yang ditemukan pada perkebunan apel semiorganik berjumlah 192, sedangkan pada perkebunan konvensional berjumlah 53. Nilai indeks keanekaragaman ( $H'$ ) perkebunan semiorganik sebesar 1,327 dan pada perkebunan konvensional sebesar 1,106, keduanya termasuk kategori sedang. Nilai kepadatan cacing tanah tertinggi pada perkebunan semiorganik 122,7 individu/m<sup>3</sup> dari genus *Pontoscolex* dan pada perkebunan konvensional 40,8 individu/m<sup>3</sup> dari genus *Pheretima*. Hasil korelasi faktor fisika dan kimia tanah dengan kepadatan cacing tanah menunjukkan pada perkebunan konvensional C/N nisbah berkaitan dengan genus cacing tanah *Pheretima*. Pada perkebunan semiorganik kadar air berkaitan dengan genus cacing tanah *Pontoscolex*, unsur hara P berkaitan dengan genus cacing tanah *Peryonix*, serta unsur hara K, kelembaban tanah, bahan organik dan C-organik berkaitan dengan genus cacing tanah *Amyntas*. Hasil analisis IndVal cacing tanah yang memiliki potensi sebagai bioindikator pada perkebunan semiorganik yakni genus *Pontoscolex*, *Amyntas*, dan *Peryonix*.

Kata kunci: *bioindikator, cacing tanah, keanekaragaman, kepadatan, perkebunan apel*



**Diversity and Density of Earthworms as a Bioindicator of Soil Quality in  
Conventional and Semiorganic Apple Farm in Tulungrejo Village Bumiaji District  
Batu City**

Nia Novita Nurrohmah, Dwi Suheriyanto, Akyunul Jannah

Master of Biology Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik  
Ibrahim State Islamic University Malang

**ABSTRACT**

Earthworms are a group of soil animals that have an important function of making up the soil ecosystem, as a degrader of organic materials. Earthworms were chosen as indicator animals because they can show a sensitive response to land management practices. The purpose of this study is to determine the diversity and density of earthworms, the value of soil physical and chemical parameters, the correlation of soil physical and chemical parameters with the density of earthworms, and to find out the genus of earthworms that have the potential to become bioindicators of soil quality in semiorganic and conventional apple plantations using the IndVal method. At each research location, line transects were made and each transect there were 10 plot points with 3 repeats. Retrieval of research objects by the Hand sorted method. Data analysis using PAST 4.03 application and R 4.2.2 software. Earthworms found on semiorganic apple plantations totaled 192, while on conventional plantations there were 53. The diversity index ( $H'$ ) value of semiorganic plantations was 1.327 and in conventional plantations it was 1.106, both of which belong to the moderate category. The highest earthworm density value on semiorganic plantations was 122.7 individuals/m<sup>3</sup> of the genus *Pontoscolex* and on conventional plantations 40.8 individuals/m<sup>3</sup> of the genus *Pheretima*. The results of the correlation of soil physical and chemical factors with the density of earthworms show that in conventional plantations the C/N ratio is related to the earthworm genus *Pheretima*. In semiorganic plantations the moisture content is related to the earthworm genus *Pontoscolex*, the nutrient P is related to the earthworm genus *Peryonix*, as well as the nutrients K, soil moisture, organic matter and C-organic are related to the earthworm genus *Amyntas*. The results of the IndVal analysis of earthworms that have potential as bioindicators in semiorganic plantations are the genus *Pontoscolex*, *Amyntas*, and *Peryonix*.

Keywords: apple plantations, bioindicators, density, diversity, earthworms

تنوع وكثافة ديدان الأرض كمؤشر بيولوجي لجودة التربة في مزارع التفاح التقليدية وشبه العضوية ،  
Batu ، مدينة Bumiaji ، منطقة Tulungrejo قرية

نيا نوفيتا نورهمه، دوي سوپريانتو ،أكيونول الجنة

برنامج دراسة ماجستير الأحياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، مولانا مالك إبراهيم الدولة الإسلامية جامعة  
مالانج

### نبذة مختصرة

باتو سيتي هي مدينة معروفة بأنها منتجة للتفاح. نباتات التفاح عرضة للأمراض والآفات لذلك يستخدم المزارعون أنظمة الزراعة المكثفة للتغلب عليها. استخدام مثل هذه الأنظمة له تأثير سلبي على النظام البيئي للتربة. ديدان الأرض هي عنصر مهم في النظام البيئي للتربة. كانت أهداف هذه الدراسة هي تحديد تنوع وكثافة ديدان الأرض ، وقيمة المعلمات الفيزيائية والكيميائية للتربة ، وربط المعلمات الفيزيائية والكيميائية للتربة بكثافة ديدان الأرض ، وتحديد جنس ديدان الأرض التي لديها القدرة على ذلك. تصبح مؤشرات حيوية تم إجراء هذا البحث IndVal. على جودة التربة في مزارع التفاح شبه العضوية والتقليدية باستخدام طريقة في الفترة من يوليو إلى سبتمبر 2022. تم عمل مقطوعات خطية في كل موقع دراسة و 10 نقاط قسيمة لكل مقطع مقطعي بثلاث مكررات. استرجاع كائنات البحث بطريقة الفرز اليدوي. استخدم تحليل البيانات تطبيق تم العثور على 192 ديدان الأرض في مزارع التفاح شبه العضوية ، R 4.2.2 وبرنامج PAST 4.03 للمزارع شبه العضوية 1.327 (H<sup>+</sup>) بينما في المزارع التقليدية كانت هناك 53. وكان مؤشر التنوع والمزارع التقليدية 1.106 ، وكلاهما كان في الفئة المتوسطة. تم العثور على أعلى كثافة لديدان الأرض في وفي المزارع التقليدية ، 40.8 فرد / Pontoscolex المزارع شبه العضوية ، 122.7 فرد / م 3 من جنس تظهر نتائج الارتباط بين العوامل الفيزيائية والكيميائية للتربة وكثافة دودة Pheretima. م 3 من جنس في المزارع شبه Pheretima بجنس دودة الأرض C / N الأرض أنه في المزارع التقليدية ، ترتبط نسبة إلى جنس دودة P ، ويرتبط المغذيات Pontoscolex العضوية ، يرتبط محتوى الماء بجنس دودة الأرض C ، ورطوبة التربة ، والمواد العضوية ، والعضوية K ، وترتبط العناصر الغذائية Peryonix الأرض لديدان الأرض التي يمكن أن تكون مؤشرات حيوية IndVal نتائج تحليل Amynths بجنس دودة الأرض Pontoscolex و Amynths و Peryonix في المزارع شبه العضوية هي جنس

الكلمات المفتاحية: المؤشر الحيوي ، دودة الأرض ، التنوع ، الكثافة ، زراعة التفاح

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Segala puji syukur patut kita panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan Rahmat, Hidayat dan Karunia Nyalah sehingga penulis diberikan kekuatan, kesempatan dan kemudahan untuk menyelesaikan tugas akhir berupa tesis yang berjudul “Keanekaragaman dan Kepadatan Cacing Tanah sebagai Bioindikator Kualitas Tanah pada Lahan Perkebunan Apel Konvensional dan Semiorganik Desa Tulungrejo Kecamatan Bumiaji Kota Batu” sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Magister Sains pada Program Studi Magister Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW, serta kepada keluarganya, para sahabatnya, dan kepada seluruh umatnya hingga akhir zaman. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini tidak terlepas dari hambatan dan rintangan. Namun berkat kerja keras, doa, dan motivasi dari berbagai pihak yang secara langsung maupun tidak langsung tesis ini dapat terselesaikan, oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak sebagai berikut:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku Rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang beserta seluruh jajarannya.
2. Dr. Sri Harini, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang beserta seluruh jajarannya.
3. Prof. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si. selaku Ketua Program Studi Magister Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Dwi Suheriyanto, M.P. dan Dr. Hj. Akyunul Jannah M.Si. selaku Dosen Pembimbing I dan II Program Magister Biologi yang telah memberikan dukungan, doa, pengarahan, dan motivasi, sehingga penulis mampu menyelesaikan tesis ini dengan baik.
5. Seluruh Bapak dan Ibu dosen pengampu mata kuliah yang telah mengajarkan berbagai pengetahuan dan banyak hal bermanfaat lainnya selama perkuliahan, beserta seluruh staf Program Magister Biologi.
6. Kedua orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, support, serta para saudara penulis.
7. Teman seperjuangan angkatan Magister Biologi 2021 yang telah memberikan motivasi dan kenangan tak mungkin terlupakan.
8. Serta beberapa pihak yang tidak dapat disebutkan dan mempunyai andil dan mendukung dalam penyusunan tesis ini.

Semoga tesis ini dapat bermanfaat untuk seluruh akademisi, dan masyarakat.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Malang, Desember 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>نبذة مختصرة.....</b>	<b>x</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian .....	7
1.4 Manfaat Penelitian .....	8
1.5 Batasan Masalah .....	8
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>10</b>
2.1 Cacing Tanah dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains.....	10
2.2 Cacing Tanah.....	12
2.2.1 Klasifikasi Cacing Tanah.....	12
2.2.2 Morfologi Cacing Tanah.....	13
2.2.3 Ekologi Cacing Tanah .....	15
2.2.4 Peran Cacing Tanah .....	16
2.2.5 Kunci Sederhana Genus Cacing Tanah .....	18
2.3 Sistem Pertanian .....	20
2.3.1 Pertanian Organik .....	21
2.3.2 Pertanian Anorganik.....	22
2.3.3 Pertanian Semiorganik.....	23
2.5 Bioindikator.....	26

2.5.1 Definisi Bioindikator .....	26
2.5.2 Kriteria dan Penerapan Bioindikator .....	27
2.6 <i>Indicator Value Index</i> (IndVal) .....	29
2.7 Deskripsi Lokasi .....	29
2.8 Kerangka Konsep Penelitian .....	33
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>35</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	35
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	35
3.3 Alat dan Bahan .....	35
3.4 Prosedur Penelitian .....	36
3.4.1 Observasi .....	36
3.4.2 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel.....	36
3.4.3 Pembuatan Plot Penelitian .....	38
3.4.4 Teknik Pengambilan Sampel Tanah dan Cacing Tanah.....	38
3.4.5 Identifikasi Spesimen Cacing Tanah .....	39
3.5 Analisis Sifat Tanah.....	39
3.5.1 Analisis Sifat Fisik Tanah.....	39
3.5.2 Analisis Sifat Kimia Tanah.....	41
3.6 Analisis Data.....	43
3.6.1 Indeks Keanekaragaman.....	43
3.6.2 Kepadatan Populasi .....	44
3.6.3 Kepadatan Relatif (KR).....	44
3.6.4 Frekuensi .....	44
3.6.5 Frekuensi Relatif (FR).....	44
3.6.6 Indeks Nilai Penting .....	45
3.6.7 Bioindikator .....	45
3.6.8 Analisis Korelasi.....	45
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>46</b>
4.1 Hasil Identifikasi Spesimen Cacing Tanah.....	46
4.1.1 Identifikasi spesimen cacing tanah berdasarkan morfologi.....	46
4.1.2 Identifikasi cacing tanah berdasarkan tipe ekologi.....	52
4.2 Hasil Indeks Keanekaragaman dan Kepadatan Cacing Tanah .....	53
4.2.1 Hasil Jumlah Cacing Tanah .....	53
4.2.2 Hasil Keanekaragaman Cacing Tanah.....	55
4.2.3 Hasil Kepadatan Cacing Tanah .....	57

4.2.4 Hasil Frekuensi dan Frekuensi Relatif (FR) .....	59
4.2.5 Hasil indeks Nilai Penting (INP) .....	60
4.3 Hasil Parameter Fisika dan Kimia Tanah .....	62
4.3.1 Hasil analisis faktor fisika tanah .....	62
4.4 Korelasi Faktor Fisika Kimia dengan Kepadatan Cacing Tanah.....	71
4.5 Hasil Analisis Bioindikator .....	76
4.6 Hasil Penelitian Cacing Tanah dalam Perspektif Al-Qur'an.....	78
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>82</b>
5.1 Kesimpulan.....	82
5.2 Saran .....	84
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>85</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>97</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Morfologi Cacing Tanah.....	14
2.2 Bentuk Prostomium Cacing Tanah .....	15
2.3 Perkebunan Apel Semiorganik.....	31
2.4 Perkebunan Apel Konvensional.....	32
2.5 Kerangka Konsep.....	33
3.1 Peta Lokasi Penelitian.....	36
3.2 Pembuatan Plot.....	37
3.3 Diagram segitiga tekstur tanah.....	39
4.1 Spesimen 1 .....	46
4.2 Spesimen 2 .....	49
4.3 Spesimen 3 .....	50
4.4 Spesimen 4 .....	51
4.5 Grafik triplot CCA genus cacing tanah dan faktor fisika kimia tanah.....	70

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1. Jumlah Total Cacing Tanah Plot Ke-n.....	38
4.1. Tipe ekologi cacing tanah .....	52
4.2. Jumlah genus cacing tanah.....	53
4.3. Indeks Keanekaragaman ( $H'$ ) .....	55
4.4. Kepadatan dan Kepadatan Relatif Populasi Cacing Tanah.....	57
4.5. Frekuensi (F) dan Frekuensi Relatif (FR) .....	58
4.6. Indeks Nilai Penting (INP).....	60
4.7. Rata-rata faktor fisika tanah pada perkebunan apel semiorganik dan kovensional di Kecamatan Bumiaji Kota Batu .....	62
4.8. Hasil analisis tekstur tanah pada perkebunan apel semiorganik dan kovensional di Kecamatan Bumiaji Kota Batu .....	62
4.9. Rata-rata faktor kimia tanah pada perkebunan apel semiorganik dan kovensional di Kecamatan Bumiaji Kota Batu .....	65
4.10. Korelasi kepadatan cacing tanah dengan faktor fisik-kimia tanah.....	70
4.11. Hasil analisis nilai indikator (IndVal) menggunakan R-studio.....	76



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Hewan tanah merupakan hewan yang hidup di atas permukaan atau didalam tanah. Keberadaan hewan tanah memiliki kontribusi yang sangat penting pada ekosistem tanah. Cacing tanah adalah salah satu contoh dari banyaknya hewan tanah yang telah Allah SWT ciptakan, dan di dalam Al-Qur'an cacing tanah tergolong dalam hewan melata. Penciptaan langit bumi beserta isinya termasuk hewan melata berikut penyebarannya telah tertulis didalam Al-Qur'an Surat Asy-Syura' ayat 29 yakni:

وَمِنْ آيَاتِهِ خَلْقُ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ وَمَا بَثَّ فِيهِمَا مِنْ دَابَّةٍ وَهُوَ عَلَىٰ جَمْعِهِمْ إِذَا يَشَاءُ قَدِيرٌ

Artinya:

*“Di antara (ayat-ayat) tanda-tanda-Nya ialah menciptakan langit dan bumi dan makhluk-makhluk yang melata Yang Dia sebarkan pada keduanya. Dan Dia Maha Kuasa mengumpulkan semuanya apabila dikehendaki-Nya” (QS: Asy-Syura' [26]: 29).*

Ayat diatas menurut keterangan tafsir Al-Mukhtashar (Humaid, 1998) menjelaskan bahwa “Diantara tanda-tanda yang dapat menunjukkan kekuasaan Allah SWT dan Keesaan-Nya adalah penciptaan langit dan bumi serta apa yang Dia sebarkan pada keduanya yakni berupa makhluk-makhluk yang mengagumkan dengan berbagai perbedaan mulai dari warna, bentuk, manfaat termasuk cara hidup dan bergerak”.

Cacing tanah merupakan binatang melata atau merayap yang menggunakan perut sebagai alat geraknya. Cacing tanah memiliki peran penting yang dibutuhkan pada ekosistem tanah yakni dapat memperbaiki dari sifat fisik maupun kimia tanah. Pada sifat fisik, diketahui cacing tanah mampu memperbaiki aerasi, dan drainase

serta dari aktivitasnya dapat menciptakan liang-liang guna menambah porositas tanah (Teng *et al.*, 2013). Secara kimia cacing tanah dapat menambah ketersediaan dari unsur hara di dalam tanah yang dikeluarkan berupa kascing (kotoran cacing) (Singh *et al.*, 2016). Cacing tanah juga disebut sebagai *ecosystem engineer* atau insinyur ekosistem yakni organisme tersebut dapat mengatur, memelihara, serta memodifikasi berbagai proses yang terjadi pada ekosistem tanah, seperti membantu saat dekomposisi dan humifikasi, sehingga organisme ini dapat memberikan dampak yang besar pada ekosistem tanah (Husamah dkk., 2018). Oleh karena hal tersebut, keberadaan cacing pada suatu ekosistem menjadi penting untuk diketahui dan dipelajari.

Penelitian tentang cacing tanah meliputi keanekaragaman dan kepadatannya telah banyak dilakukan, salah satunya dilakukan oleh Rodiyah (2021) pada perkebunan jeruk semiorganik dan konvensional yakni tingkat keanekaragaman cacing tanah pada kebun semiorganik lebih tinggi ( $H' = 1,005$ ) dibandingkan dengan konvensional yakni ( $H' = 0,643$ ), serta diketahui hasil kepadatan cacing tanah paling tinggi pada kebun semiorganik yakni genus *Pontoscolex* sebanyak 170,66 individu/m<sup>3</sup> dan nilai kepadatan relatif 45,71 %, sedangkan genus terendah adalah genus *Peryonix* sebanyak 64 individu/m<sup>3</sup> dan nilai kepadatan relatif 17,14 %, kemudian pada perkebunan anorganik genus cacing tanah paling tinggi adalah *Pheretima* sebanyak 37,33 individu/m<sup>3</sup> dan nilai kepadatan relatif 65,62 %, sedangkan genus paling rendah adalah *Pontoscolex* sebanyak 19,555 individu/m<sup>3</sup> dan nilai kepadatan relatif 34,3 %.

Bedasarkan penelitian tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan pupuk anorganik dapat mempengaruhi keanekaragaman cacing tanah dikarenakan

kehidupan fauna tanah sangat bergantung pada kondisi lingkungan habitatnya. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Aisyah dkk. (2020) yang menyebutkan keanekaragaman tidak terlepas oleh pengaruh faktor lingkungan, sehingga dalam penelitian ini juga diperlukan untuk mengetahui parameter fisik dan kimia tanah seperti suhu, kelembaban, pH, N total, C-organik, P dan K, karena hubungannya dengan kelangsungan hidup cacing tanah. Keanekaragaman jenis dapat cenderung menjadi rendah apabila didalam ekosistem tersebut terkendali atau memiliki faktor pembatas baik fisika atau kimia, dan akan menjadi tinggi pada ekosistem yang diatur alami (Odum, 1993).

Kualitas tanah merupakan kapasitas tanah yang memiliki fungsi untuk mempertahankan produktivitas suatu tanaman. Berdasarkan penelitian Juarti (2016) kondisi tanah dapat digambarkan melalui penilaian indikator kualitas tanah yakni sifat karakteristik dari biologi, fisika dan kimia tanah. Kualitas tanah berkorelasi dengan kesuburan tanah, jadi apabila kualitas tanah itu baik maka kesuburan tanah ikut baik sehingga produktivitas tanaman akan menjadi optimal (Sartohadi dkk., 2012). Salah satu penyebab yang diketahui dapat menurunkan kesuburan tanah adalah penggunaan sistem pengelolaan lahan secara intensif yakni konsep dengan mengutamakan hasil produksi tanaman serta mengesampingkan lingkungan (Harini dkk., 2015). Wahyudi (2017) juga mengemukakan bahwa masalah yang dialami petani apel Kota Batu dapat timbul karena input pestisida kimia secara terus menerus.

Kota Batu merupakan salah satu kota yang berada di wilayah Provinsi Jawa Timur. Kota tersebut populer dengan sebutan kota apel dikarenakan kota tersebut menjadi salah satu kota dengan hasil panen buah apel yang tinggi pada setiap

tahunnya serta luasnya lahan perkebunan apel pada beberapa titik wilayah kota tersebut. Menurut Suheriyanto dkk. (2019) Desa Tulungrejo diketahui merupakan Desa yang mempunyai lahan perkebunan paling luas, yakni 900 hektar dengan jumlah tanaman apel sebanyak 24.000. Menurut laporan data BPS Kota Batu (2021) hasil panen apel mengalami penurunan mulai dari tahun (2018) yakni 545.320 kw/qui, kemudian tahun (2019) turun menjadi sebanyak 505.254 kw/qui, dan tahun (2020) menurun drastis hingga menghasilkan 231.764 kw/qui.

Penurunan hasil panen buah apel membuat para petani melakukan berbagai upaya untuk memulihkan kembali jumlah panen. Upaya tersebut salah satunya dengan dilakukannya sistem pertanian secara intensif untuk pengendalian hama dan penyakit. Namun diketahui dampak terbesar yang dapat ditimbulkan akibat sistem pertanian tersebut yakni memicu penggunaan pupuk anorganik secara terus menerus sehingga mengakibatkan degradasi lahan (Anwar dkk., 2018). Petani yang sadar akan sistem pertanian berkelanjutan dan kerugian akibat penggunaan pupuk anorganik yang menyebabkan kerusakan kualitas tanah, mengupayakan pengalihan pengelolaan lahan dengan sistem pertanian semiorganik. Pengolahan lahan menggunakan sistem semiorganik dilakukan untuk mengurangi atau meminimalisir penggunaan input pupuk kimia serta pestisida sintesis, dengan hasil akhirnya petani dapat mengombinasi antara pupuk kimia tanpa meninggalkan pupuk organik serta pestisida alami (Wahyudi, 2017).

Penelitian ini dilaksanakan pada dua jenis lahan pertanian yang berbeda dalam tata cara pengelolaannya, yakni perkebunan apel semiorganik dan konvensional dengan tujuan untuk membandingkan keanekaragaman dan kepadatan cacing tanah yang ada pada masing-masing kebun. Harapannya hasil dari

penelitian ini dapat menjadi gambaran bagaimana dampak negatif terhadap cacing tanah yang timbul akibat penggunaan pupuk anorganik terus menerus. Menurut Lestari dkk. (2019) apabila terdapat perbedaan pengelolaan lahan dalam suatu ekosistem, maka hal tersebut juga akan memberikan dampak atau hasil yang berbeda. Sebelumnya Markert *et al*, (2003) juga menyatakan adanya dampak dari perbedaan pengelolaan lahan dapat dimonitoring dengan menggunakan organisme spesies yang bisa memberikan informasi mengenai kualitas lingkungan atau perubahannya (bioindikator), salah satu contohnya yakni cacing tanah.

Penelitian tentang cacing tanah sebagai bioindikator telah dilakukan sebelumnya oleh Manurung (2013) di Hutan Sekunder dan Agroforestri Kopi Desa Kutagugung Kecamatan Naman Teran Kabupaten Karo Medan, diketahui hasil dari penelitian tersebut menyebutkan bahwa jenis cacing tanah bioindikator yaitu *Pontoscolex corethrurus* dengan nilai Kepadatan Relatif (KR) tertinggi yakni 60,81%, dan Frekuensi Relatif (FR) tertinggi 60%, kemudian pada hutan sekunder dan Kepadatan Relatif (KR) tertinggi 91,73 %, dan Frekuensi Relatif (FR) tertinggi 100 % pada agroforestri kopi.

Penelitian lain juga dilakukan oleh Jayanthi dkk. (2014) pada cacing tanah di lahan pertanian organik dan anorganik Desa Raya Kecamatan Berastagi Kabupaten Karo Medan yang menjelaskan bahwa pada lahan pertanian organik jenis cacing tanah yang menjadi bioindikatornya yaitu *Pheretima* sp dengan nilai Kepadatan Relatif (KR) tertinggi 50,84%, dan Frekuensi Relatif (FR) tertinggi 36,37%, sedangkan pada pertanian anorganik cacing tanah bioindikatornya adalah *Pontoscolex corethrurus* nilai Kepadatan Relatif (KR) tertinggi 46,38% dan

Frekuensi Relatif (FR) tertinggi 35,36%, dari mengetahui hasil KR dan FR tersebut maka dapat diketahui hasil Indeks Nilai Penting (INP) suatu spesies.

Indeks Nilai Penting (INP) merupakan indeks yang dapat menggambarkan pentingnya peran dari suatu organisme didalam ekosistem (Fachrul, 2012). Berdasarkan penelitian Suheriyanto (2012) Indeks Nilai Penting (INP) dapat digunakan untuk melihat hewan tanah yang memiliki potensi sebagai bioindikator. Suheriyanto dkk. (2019) juga menambahkan selain INP terdapat metode lain untuk mengetahui spesies indikator yakni menggunakan metode *indicator value index* (IndVal) dengan menggunakan aplikasi R studio. Metode IndVal merupakan metode yang memiliki keunggulan lebih baik (akurat) daripada metode lainnya (Falahudin & Salmah, 2011).

Pengamatan terhadap cacing tanah sebagai bioindikator kualitas tanah dapat dilakukan dengan mengetahui keanekaragaman, kepadatan, frekuensi kehadiran, INP, dan analisis bioindikator (Husamah & Rahardjanto, 2019), sehingga dari pemaparan latar belakang tersebut perlu dilakukan penelitian dengan judul Keanekaragaman dan Kepadatan Cacing Tanah sebagai Bioindikator Kualitas Tanah pada Lahan Perkebunan Apel Konvensional dan Semiorganik Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Genus cacing apa saja yang terdapat pada lahan perkebunan apel konvensional dan semiorganik, Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu?
2. Berapakah nilai indeks keanekaragaman, kepadatan, frekuensi kehadiran, dan indeks nilai penting (INP) cacing tanah pada lahan perkebunan apel konvensional dan semiorganik, Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu?
3. Berapakah nilai parameter fisika dan kimia tanah pada lahan perkebunan apel konvensional dan semiorganik, Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu?
4. Bagaimanakah korelasi antara parameter fisika-kimia tanah dengan kepadatan cacing tanah di lahan perkebunan apel konvensional dan semiorganik, Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu?
5. Genus cacing tanah apa saja yang berpotensi sebagai bioindikator kualitas tanah pada lahan perkebunan apel konvensional dan semiorganik Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui genus cacing apa saja yang terdapat pada lahan perkebunan apel konvensional dan semiorganik, Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu.
2. Mengetahui indeks keanekaragaman, kepadatan, frekuensi kehadiran, dan indeks nilai penting (INP) cacing tanah pada lahan perkebunan apel

konvensional dan semiorganik, Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu.

3. Mengetahui nilai parameter fisika dan kimia tanah pada lahan perkebunan apel konvensional dan semiorganik, Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu.
4. Mengetahui korelasi antara parameter fisika-kimia tanah dengan kepadatan cacing tanah di lahan perkebunan apel konvensional dan semiorganik, Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu.
5. Mengetahui genus cacing tanah yang berpotensi sebagai bioindikator kualitas tanah pada lahan perkebunan apel konvensional dan semiorganik Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu dengan menggunakan analisis bioindikator.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai tambahan informasi mengenai peran cacing tanah sebagai bioindikator kualitas tanah di lahan perkebunan apel konvensional dan semiorganik, Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu.
2. Memberikan informasi kepada petani tentang pentingnya mengetahui kualitas tanah serta dampak negatif dari penggunaan pupuk anorganik secara terus-menerus.
3. Sebagai informasi sekaligus inspirasi untuk peneliti selanjutnya mengenai potensi dan peran cacing tanah terhadap kualitas tanah.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:



1. Pengambilan sampel dan objek penelitian dilakukan pada lahan perkebunan apel konvensional milik Bapak Sugianto dan semiorganik milik Bapak Suwarjo di Desa Tulungrejo Kecamatan Bumiaji Kota Batu.
2. Cacing tanah yang diambil adalah cacing yang berada pada permukaan tanah hingga kedalaman 30 cm menggunakan *hand sorted*.
3. Identifikasi cacing tanah dilakukan dengan mengamati morfologi spesimen sampai pada tingkat genus.
4. Pengamatan parameter fisika yang diamati yakni, suhu, kelembaban, tekstur dan kadar air tanah, parameter kimia meliputi pH, N total, C-organik, C/N, Bahan Organik, P dan K tanah, dan parameter biologi yakni cacing tanah.
5. Potensi cacing tanah sebagai bioindikator berdasarkan nilai indikator dari hasil analisis menggunakan metode *indicator value index* (IndVal)

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Cacing Tanah dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains

Allah SWT menciptakan berbagai macam jenis hewan dengan perbedaan bentuk, manfaat dan cara hidup mereka yang sudah proporsional dan rapi (Ahmad dkk., 2020). Diantara hewan-hewan tersebut, ada yang berjalan dengan menggunakan kaki, melata dan terbang. Salah satu contoh hewan yang berjalan tidak menggunakan kaki (melata) adalah cacing tanah. Firman Allah SWT yang menjelaskan tentang hewan melata terdapat pada QS An-Nur ayat 45 yang berbunyi:

وَاللَّهُ خَلَقَ كُلَّ دَابَّةٍ مِّن مَّاءٍ ۖ فَمِنْهُمْ مَّن يَمْشِي عَلَىٰ بَطْنِهِ ۖ وَمِنْهُمْ مَّن يَمْشِي  
عَلَىٰ رِجْلَيْنِ ۖ وَمِنْهُمْ مَّن يَمْشِي عَلَىٰ أَرْبَعٍ ۗ يَخْلُقُ اللَّهُ مَا يَشَاءُ ۗ إِنَّ اللَّهَ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ  
قَدِيرٌ

Artinya :

*“Dan Allah telah menciptakan semua jenis hewan dari air, maka sebagian dari hewan itu ada yang berjalan di atas perutnya dan sebagian berjalan dengan dua kaki sedang sebagian (yang lain) berjalan dengan empat kaki. Allah menciptakan apa yang dikehendaki-Nya, sesungguhnya Allah Maha Kuasa atas segala sesuatu”* (QS: An-Nur [45]: 24)

Tafsir ayat tersebut menurut Tafsir Ibnu Katsir menjelaskan tentang kesempurnaan dari semua jenis makhluk hidup ciptaan Allah SWT, yang mungkin terlihat tidak memiliki kaki untuk berjalan dan bergerak akan tetapi hewan tersebut masih dapat hidup, bergerak dan berjalan karena Allah SWT mengganti perut sebagai alat geraknya. Ciptaan yang beraneka ragam mulai dari bentuk, warna serta cara makhluk tersebut hidup atau berjalan, sungguh telah menjadi bukti bahwa Allah SWT adalah sebaik-baiknya pencipta, Maha Benar Allah dengan segala firman-Nya (Al-Khalidi, 2017).

Penjelasan cacing tanah juga telah dijelaskan dalam QS Hud ayat 6 yang berbunyi:

وَمَا مِنْ دَابَّةٍ فِي الْأَرْضِ إِلَّا عَلَى اللَّهِ رِزْقُهَا وَيَعْلَمُ مُسْتَقَرَّهَا وَمُسْتَوْدَعَهَا كُلٌّ فِي كِتَابٍ مُبِينٍ

Artinya :

“Dan tidak ada suatu binatang melata pun di bumi melainkan Allah-lah yang memberi rezekinya, dan Dia mengetahui tempat berdiam binatang itu dan tempat penyimpanannya. Semuanya tertulis dalam Kitab yang nyata (Lauhul mahfuzh)” (QS: Hud [6]: 11).

Menurut tafsir Al-Mukhtashar ayat tersebut menjelaskan bentuk perhatian dan pertanggungjawaban kepada setiap hamba-NYA maka Allah SWT akan menjamin rezeki tanpa terkecuali termasuk binatang melata salah satu contohnya yakni cacing tanah, karena sesungguhnya binatang diciptakan tidak mempunyai akal. Akan tetapi Allah SWT telah menjamin kehidupan setiap makhluk sampai dengan mengatur tempat untuk hidup dan mati karena semua telah tertulis pada lauhul mahfudz (Humaid, 1998).

Pemanfaatan tentang berbagai macam ciptaan Allah SWT yakni bumi dan segala makhluk hidup yang terdapat didalamnya termasuk cacing tanah telah disebutkan secara garis besarnya pada QS Ali Imran ayat 190-191 yakni sebagai berikut:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَأَخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ ۚ ۱۹۰  
الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ  
رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ۚ ۱۹۱

Artinya:

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal (190). (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka (191)” (QS: Ali Imran [3]: 190-191).

Menurut arti dari ayat tersebut Allah SWT memerintahkan kepada umat manusia untuk bertafakkur (berfikir) atas penciptaan langit, bumi dan segala isinya. Tafsir Al-Misbah juga menjelaskan di dalam penciptaan segala sesuatu, baik yang berada dilangit dan bumi dianjurkan bagi umat manusia untuk merenungi dan berfikir tentang fenomena-fenomena tersebut guna mengetahui kekuasaan Allah SWT (Shihab, 2002). Harapannya buah dari renungan tersebut selain meningkatkan ketaqwaan juga meningkatkan kesadaran atas pentingnya menjaga kelestarian lingkungan.

Kelestarian lingkungan terletak pada cara manusia dalam menjaga dan mengelolanya. Al-Qur'an menyebutkan bahwa manusia sebagai *kholifah fil ardh* atau pemimpin di bumi yang memiliki tugas diantaranya yakni, menjaga keutuhan dan kelestarian alam semesta beserta keseimbangan ekologi (Minarno, 2017). Pemanfaatan cacing tanah dapat dijadikan salah satu alternatif yang bisa dilakukan untuk memantau kondisi lingkungan melalui faktor biologis dan menjadikan bukti bahwa makhluk ciptaan Allah SWT tidak ada yang sia-sia.

## **2.2 Cacing Tanah**

### **2.2.1 Klasifikasi Cacing Tanah**

Cacing tanah merupakan salah satu makrofauna tanah yang berperan penting dalam ekologi tanah yakni pada fungsi hidrologi tanah (Setyaningsih dkk., 2017). Cacing tanah berasal dari Phylum *Annelida*, Kelas *Oligochaeta*, yang memiliki ukuran panjang sampai dengan >2 m menurut Hanafiah (2014) didalam Inayah (2017). *Annelida* merupakan gabungan dari dua kata yakni *annulus* artinya cincin kecil dan *oidos* artinya bentuk sehingga arti dari annelida sendiri yakni hewan yang memiliki tubuh berbentuk seperti cincin kecil. *Oligochaeta* terdiri dari

dua suku kata yakni *oligo* yang berarti sedikit dan *chaeta* rambut kaku, kelas tersebut terbagi menjadi 2 bagian yakni *Megadrila* cacing dengan ukuran yang besar dan *Mikrodrila* berukuran lebih kecil atau yang biasa disebut dengan cacing tanah.

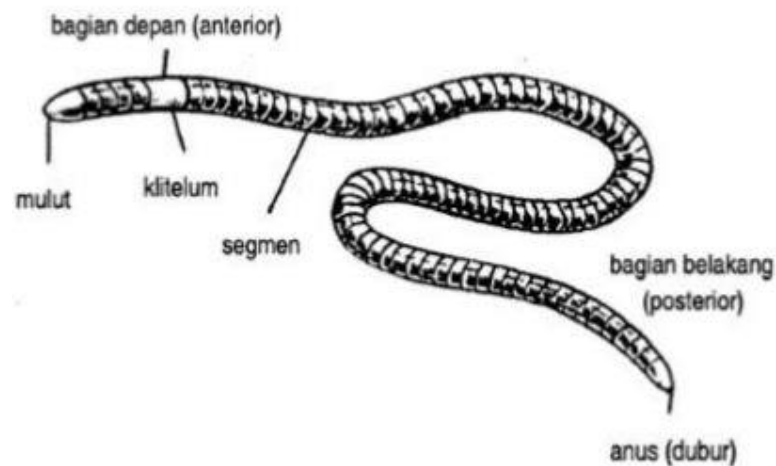
Penelitian tentang cacing tanah di Indonesia menemukan beberapa famili cacing yang sering ditemukan yaitu: Famili Lumbricidae contoh spesies, *Eisenia foetida*, *Lumbricus rubellus* (Mashur, 2020), Famili Megascolidae contoh spesies atau genus *Pharetima*, *Peryonix* (Mariyana, 2017), Famili Glossoscolecidae contoh spesies *Pontoscolex corethrurus* (Rahmasari dkk., 2020), Famili Moniligastridae contoh genus *Drawida* (Nursakinah, 2015).

### **2.2.2 Morfologi Cacing Tanah**

Cacing tanah adalah hewan yang tidak memiliki kerangka, berjalan menggunakan perut serta memiliki segmen pada bagian luar tubuhnya (Anas, 1990). Pada segmen-segmen tersebut terdapat rambut halus bernama seta yang berfungsi sebagai alat gerak, saat menggali substrat serta berpegangan dengan cacing lain saat kopulasi. Pergerakan dari seta diatur oleh otot muskulus protaktor yang terletak pada ujung masing-masing setae (Jayanthi dkk. 2014). Seluruh tubuh cacing memiliki seta kecuali di 2 bagian segmen yang pertama.

Reproduksi cacing tanah termasuk pada jenis hewan hermaprodit atau hewan yang memiliki organ kelamin jantan dan betina, secara umum letak dari kelamin jantan atau testis ada pada segmen ke 10 dan 11, serta kelamin betina atau ovarium terletak di segmen yang ke 13 atau 14. Pada cacing dewasa akan terdapat

klitelum atau penebalan epitelium berwarna lebih pekat atau bisa jadi lebih pudar dibanding tubuh lain yang berguna sebagai rahim pada bagian anteriornya. Tubuh cacing tanah memiliki kelenjar epidermis yang menghasilkan lendir guna mempermudah pergerakan cacing (Roslim & Nastiti, 2013).



**Gambar 2.1 Morfologi Cacing Tanah (Palungkun, 2008)**

Tubuh cacing tanah umumnya dibedakan menjadi bagian depan (anterior) dan belakang (posterior) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1. Cacing tidak memiliki mata untuk melihat akan tetapi terdapat sel-sel saraf yang akan peka terhadap sinar atau rangsangan. Warna tubuh dari cacing tanah bergantung pada pigmen yang ada didalam tubuhnya. Pada bagian dada dan perut biasanya akan lebih terang daripada bagian lainnya kecuali golongan *Megascolidae* (Hanafiah, 2014). Bagian anterior cacing terdapat mulut, prostomium diatas mulut, klitelum atau segmen yang menebal, dan pada bagian posterior terdapat anus cacing serta segmen (Jayanthi dkk., 2014). Prostotium merupakan bagian dari anterior tubuh cacing atau lobus yang menonjol pada saat mulut terbuka disegmen pertama.

Terdapat beberapa contoh bentuk dari prostomium seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2 (Plisko & Nxele, 2015).

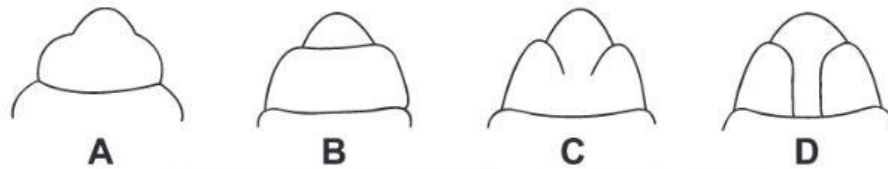


Fig. 7. Prostomium: (A) zygolobous; (B) prolobous; (C) epilobous; (D) tanylobous.

### **Gambar 2.2 Bentuk Prostomium Cacing Tanah (Plisko & Nxele, 2015)**

Siklus hidup dari cacing tanah berawal dari kokon, kemudian cacing muda atau juvenil, dan cacing dewasa. Kokon membutuhkan waktu untuk menetas sekitar 14-21 hari, kemudian cacing tanah muda yang baru menetas akan menjadi cacing dewasa selama 2,5-3 bulan kemudian organ reproduksinya akan matang sehingga dapat kawin dan menghasilkan kokon berikutnya, masa kawin cacing umumnya 6-10 hari dan dengan masa produktifnya yang berlangsung 4-1- bulan. Lama dari siklus tersebut umumnya dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungannya, dan ketersediaan makanan (Palungkun, 2008).

### **2.2.3 Ekologi Cacing Tanah**

Cacing tanah merupakan kelompok makrofauna tanah yang dapat dibedakan berdasarkan ekologinya didalam ekosistem tanah yakni: epigeik, anesik dan endogeik (Dwiastuti, 2012 dan Husamah dkk., 2018).

Kelompok epigeik (*epigeic*) merupakan kelompok cacing tanah yang hidup pada permukaan tanah, memiliki peran untuk menghancurkan seresah tanpa merubah susuan kimianya. Menurut Dwiastuti (2012) terdapat 2 sub kelompok epigeik yakni:

- a. Kategori *epigeic* merupakan golongan cacing tanah yang memiliki habitat pada permukaan seresah serta dapat dipergunakan sebagai makanannya, dan umumnya memiliki ukuran tubuh yang lebih dari 10 cm.
- b. Kategori *epianecic* memiliki habitat pada pada seresah dipermukaan tanah yang berupa daun, dan memiliki panjang 10-15 cm.

Kelompok anesik (*anecic*) adalah kelompok yang memiliki habitat pada lubang-lubang tanah, juga memiliki peran untuk membentuk lubang pada tanah umumnya secara vertikal, berperan memindahkan seresah dari permukaan tanah menuju tempat lain, secara tidak langsung dapat berpengaruh pada sifat fisik tanah yakni struktur, konduktifitas hidrolis. Makanannya berupa seresah dan termasuk pada tipe *ecosystem engineer*. Cacing anesik merupakan cacing berpigmen yang memiliki ukuran tubuh cukup besar yakni 15-20 cm (Putri, 2018).

Kelompok endogeik (*endogeic*) memiliki habitat di dalam tanah dengan kedalaman >20 cm (Darmi dkk., 2014). Bahan-bahan organik, akar yang telah mati dan tanah liat (*gephagous*) sebagai makanannya. Memiliki peran sebagai penghancur serta mencampur bahan organik atau seresah bagian atas tanah dan bagian dalam tanah. Kegiatan tersebut akan membentuk lubang umumnya secara horizontal, yang kemudian hasil lubang tersebut dapat menambah jumlah pori makro tanah. Cacing ini termasuk pada tipe *ecosystem engineer*.

#### **2.2.4 Peran Cacing Tanah**

Makrofauna tanah merupakan golongan hewan tanah yang berukuran besar dan merupakan salah satu penyusun penting dari ekosistem tanah, juga keberadaannya dapat memperbaiki kualitas dari suatu tanah baik secara fisik, kimia serta biologi (Weni & Madjid, 2020). Menurut penelitian Qudratullah dkk. (2013)



menyebutkan bahwa terdapat dampak dari penurunan kualitas suatu lahan atau tanah yakni perubahan regulasi dekomposisi serta berkurangnya nutrisi didalam tanah, sehingga hal tersebut lambat laun dapat mengakibatkan penurunan diversitas dari makrofauna tanah.

Salah satu contoh hewan makrofauna tanah adalah cacing tanah. Diketahui pada beberapa penelitian menunjukkan peran cacing tanah sangat penting pada ekosistem tanah yakni, cacing tanah dapat berpengaruh pada fungsi hidrologi tanah, membantu proses humifikasi, membantu aerasi tanah, mencampurkan bahan material organik (Quadratullah dkk., 2013). Aktivitas dari cacing tanah juga dapat mempengaruhi pembentukan pori-pori makro pada tanah untuk masuknya udara, serta ketersediaan zat-zat organik, dan pergerakan dari cacing tanah tersebut dapat membantu berpindahnya mineral pada suatu bagian ke bagian yang lain (Santi dkk., 2019). Selain hal tersebut aktivitas cacing tanah juga dapat menghasilkan kotoran (kascing) yang kaya dengan kandungan unsur hara guna sebagai penyubur tanah (Salamah dkk., 2016).

Peranan penting cacing tanah pada siklus perubahan bahan organik yakni sebagai fragmentator atau proses fragmentasi dekomposisi seresah yang berada pada permukaan atas tanah (Dwiastuti dkk., 2018). Cacing tanah mempunyai pengaruh yang signifikan untuk mempercepat penguraian bahan-bahan organik yang kaya akan N dan sedikit C, jika dibandingkan dengan mikroba. Sehingga dari penelitian tersebut diketahui bahwa cacing tanah dapat mempercepat proses mineralisasi serta dekomposisi (Widyastuti & Abdoellah, 2021). Penelitian terbaru Chao dkk. (2022) juga menyebutkan bahwa penggunaan atau penambahan bahan organik serta hewan tanah yakni salah satunya cacing tanah dapat membantu

menghilangkan polutan organik didalam tanah dengan menggunakan metode bioremediasi.

Cacing tanah memiliki peran sebagai *ecosystem engineer* atau juga *soil engineers* menurut Husamah dkk. (2018), yang memiliki arti perekayasa atau insiyur ekosistem yang berarti disini cacing tanah termasuk pemegang peran penting pada jalannya ekosistem tanah serta populasinya yang cukup besar. Hal tersebut diperkuat oleh hasil penelitian Sadewa dkk. (2020) yang menyatakan keberadaan cacing tanah pada suatu ekosistem sangat bergantung dengan keadaan habitatnya, sehingga kehadiran cacing tanah dapat dimanfaatkan sebagai salah satu bioindikator kualitas tanah.

Cacing tanah dapat dijadikan sebagai alat penunjuk kualitas tanah dengan cara mengetahui kelimpahan dan komposisi cacing tanah, perilaku cacing tanah apabila terkena substrat tanah, dan akumulasi bahan-bahan kimia dalam tubuh cacing. Seperti yang dilakukan pada penelitian Budijastuti (2016) yakni untuk mengetahui jenis cacing tanah kandidat bioindikator dari logam Pb dan Cr berdasarkan kelimpahannya, struktur morfometri serta kandungan sistein.

### **2.2.5 Kunci Sederhana Genus Cacing Tanah**

Kunci golongan hewan tanah kelas Oligochaeta menurut Su'in (2012) yakni berjalan tanpa kaki atau tidak memiliki kaki, memiliki tubuh yang meruncing pada kedua ujung tubuhnya dan gabungan dari segmen yang berbentuk seperti cincin. Total cacing tanah yang telah ditemukan di Indonesia ada 55 spesies. Menurut beberapa hasil penelitian di Indonesia setidaknya terdapat 6 famili dari Class Citelates yakni: *Lumbricidae*, *Moniligastridae*, *Megascolecidae*, *Acanthodrilidae*, *Eudrilidae*, dan *Glossocolicidae* (Mambasar dkk, 2018).

Kunci famili *Lumbricidae* genus *Lumbricus* yakni tubuh cacing berwarna merah/coklat yang pucat, warna perut kuning, memiliki panjang 2.5-30 cm, dengan jumlah segmen 95-120. Pori bagian dorsal pertama 7/8, klitelum 26, 27, 28-32. Contohnya adalah spesies *Lumbricus rubelus* (Anas, 1990).

Kunci genus *Perionyx* memiliki tubuh berwarna coklat bagian anterior, warna kuning pucat bagian posterior, warna merah kehitaman dibagian dorsal dan merah pucat dibagian ventral. Panjang tubuh cacing 6-17 cm dengan jumlah segmen 86-105, letak klitelum berada pada segmen ke 11-14. Contohnya spesies *Perionyx fulfus* (Mubeen & Hatti, 2018).

Kunci famili *Megascolecidae* genus *Pheretima* yang memiliki tubuh berwarna coklat kehitaman dengan klitelum berbentuk cincin warna hitam pucat keabu-abuan yang terletak di segmen 14-16. Panjang total tubuh cacing 6-13 cm dengan diameter tubuh 2-4 mm. Contohnya paada spesies *Pheretima javanica* (Ratnawati dkk., 2019).

Kunci famili *Acanthodrilidae* genus *Diplocardia* adalah spesies native Amerika Utara (Reynolds, 2011). Contoh spesies *Diplocardia riparia* yang memiliki panjang tubuh 20-27 cm, memiliki jumlah segmen 135-160 dan pada segmen 7/8 merupakan spermathecal dengan warna tubuh coklat bagian dorsal anterior coklat pekat. Spesies *Diplocardia communis* memiliki panjang tubuh 18-30 cm, total segmen 125-160 pada segmen 6/7-9 merupakan spermathecal berjumlah tiga lubang dan warna tubuh coklat (Anas, 1990).

Kunci famili *Eudrilidae* contoh spesies *Eudrilidae eugeniae* yang memiliki warna tubuh coklat kemerahan dengan panjang tubuh 9-18 cm dan memiliki jumlah segmen 120-210 serta terlihat jelas perbedaan warna pada klitelumnya (Padashetty

& Jadesh, 2014). Spesies tersebut menurut Reynolds (2011) berasal dari benua Afrika tropis dan juga subtropis (Africannightcrawler).

Kunci famili *Glossoscolicidae* genus *Pontoscolex* spesies *Pontoscolex corethrurus* yang memiliki warna tubuh bagian dorsal coklat kemerahan, dengan panjang tubuh 5-10 cm, diameter tubuh 2-5 mm, jumlah segmen 90-176, klitelumnya berbentuk seperti pelana terletak pada segmen 15-22 dan pori-pori spermathecal tidak terlalu mencolok (Subedi dkk., 2018).

### **2.3 Sistem Pertanian**

Kota Batu atau biasa dikenal dengan kota apel merupakan salah satu kota yang juga dikenal baik mengenai sektor pertanian serta pariwisata (BPS Kota Batu, 2021). Diketahui mayoritas pengelola pada sektor pertanian buah apel Kota Batu adalah masyarakat yang tinggal di daerah pedesaan salah satunya adalah Desa Tulungrejo. Menurut Wahyudi (2017) tanaman apel akan tumbuh berkembang dengan optimal pada suhu 16-27° C dengan tinggi wilayah ideal yakni pada 700-1.500 mdpl. Data letak geografis Desa Tulungrejo diketahui yakni pada ketinggian 1.300 mdpl dengan rata-rata suhu 17°-24° C.

Definisi pertanian secara umum menurut Lisa & Latarus (2020) yakni pertanian merupakan kegiatan manusia yang bertujuan untuk memperoleh hasil panen maksimum disertai mengelola faktor tanam dan mengontrol faktor lingkungan. Sistem pengelolaan lahan pertanian apel umumnya menerapkan beberapa metode yakni diantaranya, organik, anorganik dan semiorganik. Mayoritas pertanian apel di Kota Batu masih menerapkan sistem pertanian anorganik dan semiorganik, dikarenakan masih sulitnya petani untuk meninggalkan pupuk sintetis atau kimia (Wahyudi, 2017).

### 2.3.1 Pertanian Organik

Pertanian organik dikenal masyarakat sebagai pertanian ramah lingkungan, dikarenakan masih menggunakan bahan organik sebagai pupuknya, hal tersebut diperkuat oleh Rachma & Umam (2021) yakni pertanian organik adalah pertanian yang menggunakan bahan alami sebagai pupuk tanpa menggunakan bahan kimia sehingga output yang dihasilkan juga akan lebih sehat dan bergizi serta tidak merusak ekosistem tanah dan keanekaragaman hayati yang ada. Hasil penelitian dari Massijaya (2016) menyatakan bahwa pertanian organik memiliki arti hukum pengembalian "*low of return*" yang berarti suatu sistem untuk mengembalikan berbagai macam jenis bahan organik kedalam tanah yang berbentuk residu atau limbah pertanian serta peternakan dengan tujuan akhir untuk menambah nutrisi tanaman dan peningkatan agroekosistem.

Pertanian organik memiliki beberapa prinsip menurut Yusriansyah dkk. (2020) yang pertama adalah: prinsip kesehatan yakni pertanian organik adalah sistem pertanian yang harus dapat menjaga, melestarikan serta meningkatkan kualitas tanah beserta ekosistem tanah yang ada; kedua adalah prinsip ekologi, yang menyatakan pertanian organik harus mengutamakan sistem daur ulang ekologis secara terus-menerus; ketiga adalah prinsip keadilan, yakni pertanian organik harus seimbang antara lingkungan dan kesempatan hidup bersama; dan yang terakhir prinsip perlindungan, yakni pertanian organik dilakukan dengan dasar untuk selalu menjaga lingkungan serta pertanian yang berkelanjutan.

Hasil penelitian Narka dkk. (2020) menyatakan bahwa penggunaan pupuk organik saja tanpa disertai pupuk sintesis juga dianggap dapat menurunkan produktivitas suatu tanaman, sehingga beberapa petani memilih untuk

menggunakan sistem pertanian semiorganik sebagai alternatifnya. Pengelolaan lahan pertanian secara organik dinilai mampu menjadi solusi sebagai sistem pertanian yang berkelanjutan (Rachma & Umam, 2021). Definisi pertanian berkelanjutan yakni merupakan sistem pertanian yang lebih menitik beratkan pada kesehatan lingkungan. Samekto (2011) menyatakan ada beberapa persepsi padangan tentang berkelanjutan yaitu; kualitas dari lingkungan serta keseimbangan ekologis, produktivitas tanaman dan viabilitas dari segi ekonomi sosial.

### **2.3.2 Pertanian Anorganik**

Kemajuan teknologi pada bidang pertanian berakibat kepada mayoritas petani yang ketegantungan terhadap penggunaan pupuk kimia. Hal tersebut juga merupakan dampak dari revolusi industri, serta revolusi kimia (Jayanthi dkk. 2014). Konsep pertanian konvensional atau modern adalah konsep dengan mengutamakan hasil dari produktivitas pertanian dengan mengesampingkan lingkungan (Harini dkk., 2015). Oleh karenanya pertanian modern dianggap mampu menyelamatkan ancaman terhadap penurunan dari ketahanan pangan (Andalas & Sudrajat, 2018).

Sistem pertanian modern diketahui juga memiliki dampak negatif, menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Indahwati dkk. (2013) yang menyatakan bahwa penggunaan pupuk kimia secara terus-menerus dalam kurun waktu puluhan tahun dapat menyebabkan turunnya kualitas dari suatu lahan. Hal tersebut telah dirasakan sebagian petani apel di kota Batu (Wahyudi, 2017). Apabila terjadi penurunan kualitas lahan besar kemungkinan juga dapat mengakibatkan penurunan hasil produksi tanaman serta akan berdampak buruk terhadap ekosistem pertanian (Jayanthi dkk. 2014).

Awal mula adanya sistem pertanian anorganik juga disebutkan sebagai salah satu alternatif karena munculnya berbagai macam jenis penyakit serta hama pada tanaman, termasuk pada tanaman apel (Putra dkk., 2017). Akan tetapi dampak negatif yang dapat timbul akibat residu dari pupuk kimia atau pestisida yakni dapat membunuh agen lain musuh alami dari suatu tanaman (Pelosi dkk., 2014), sehingga ada baiknya dalam penggunaan pupuk kimia diimbangi dengan pupuk organik.

### **2.3.3 Pertanian Semiorganik**

Pertanian semiorganik atau pertanian yang menggabungkan antara sistem pertanian organik dan anorganik merupakan satu langkah awal para petani untuk dapat kembali kepada pertanian organik (Ramadhani & Hasyim, 2013). Tujuan dilakukannya pertanian sistem semiorganik adalah diharapkan meningkatnya unsur hara pada pupuk organik. Pertanian semiorganik juga dapat dikatakan sebagai pertanian yang ramah lingkungan karena dapat mengurangi penggunaan pupuk kimia >50% (Nasirudin & Susanti, 2018). Akan tetapi untuk penerapan pertanian semiorganik secara utuh dirasakan belum mudah bagi sebagian petani termasuk di Kota Batu (Charina dkk, 2018).

Penelitian tentang pertanian semiorganik yang telah dilakukan Sardiana (2015) menyebutkan bahwasannya pemberian pupuk anorganik atau kimia secara terus-menerus selama kurun waktu 5 tahun tanpa pemberian pupuk organik atau hayati sama sekali dapat mengurangi sampai menurunkan kualitas dari tanah. Sehingga kesimpulan dari penelitian tersebut pertanian semiorganik adalah alternatif terbaik yang dapat dilakukan agar petani dapat tetap mempertahankan kualitas tanah berikut dengan hasil produktivitas tanaman yang stabil.

Jenis pupuk yang umumnya digunakan dalam pertanian semiorganik, pupuk organik yang dipakai yakni berbentuk organik cair, organik padat (kompos, pupuk kandang, serta pupuk hijau) dengan persentase masing-masing bervariasi sesuai dengan kebutuhan, yang diharapkan pada masa mendatang para petani dapat membebaskan lahan pertanian mereka dari penggunaan pupuk kimia seutuhnya (Narka dkk., 2020).

## **2.4 Teori Keanekaragaman dan Kepadatan**

### **2.4.1 Keanekaragaman**

Keanekaragaman adalah kekayaan dan pemerataan masing-masing genus spesies pada suatu ekosistem (Odum, 1993). Allah SWT menciptakan keanekaragaman agar manusia dapat mensyukuri, menjaga serta memanfaatkan sebaik mungkin semua makhluk ciptaan Allah SWT. Teori keanekaragaman telah banyak digunakan pada penelitian para ilmuwan biologi khususnya pada bidang ekologi guna mengukur kekayaan biota serta mendeskripsikan keanekaragaman dari suatu ekosistem (Rozak dkk., 2020). Komunitas spesies dikategorikan memiliki tingkat keanekaragaman yang tinggi apabila komunitas tersebut tersusun dari banyak jenis spesies dan memiliki kelimpahan yang hampir sama atau sama, sebaliknya apabila komunitas tersebut tersusun dari sedikit jenis spesies serta sedikit spesies yang dominan maka dikatakan keanekaragaman rendah (Soegianto, 1994).

Indeks keanekaragaman merupakan gambaran matematik yang dipergunakan untuk menganalisis jumlah spesies pada suatu ekosistem (Odum, 1993). Beberapa penelitian menyatakan bahwa indeks keanekaragaman berkorelasi positif dengan lingkungan (Tosza dkk., 2010). Hal tersebut sesuai dengan hasil



penelitian Suheriyanto (2012) yakni keanekaragaman suatu organisme juga dapat dijadikan alternatif untuk menganalisis kondisi suatu lingkungan.

Indeks Keanekaragaman adalah parameter yang difungsikan untuk membandingkan berbagai macam komunitas hewan terutama untuk mengetahui pengaruh gangguan dari faktor abiotik atau lingkungan terhadap stabilitas komunitas (Fachrul, 2012). Terdapat dua kategori penting pada teori keanekaragaman yakni; jumlah suatu spesies didalam komunitas dan kelimpahan terhadap masing-masing spesies tersebut, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin sedikit jumlah dari suatu spesies maka ada kemungkinan semakin kecil keanekaragaman ekosistem tersebut (Xu *et al.*, 2020).

Terdapat beberapa analisis keanekaragaman menurut perkembangannya dari tahun ketahun, seperti Indeks Shannon-Wiener (1963), Indeks Simpson's (1949), Indeks Fisher's Alpha, dan indeks yang perhitungannya lebih detail yakni *rarefied richness* (Rozak dkk, 2020). Menurut Mutaqien & Zuhri (2011) penelitian di Indonesia mayoritas masih menggunakan perhitungan indeks Shannon-Wiener dan Indeks Simpson's dikarenakan mudah proses hitungnya serta indeks yang ketiga lebih sulit atau kompleks.

Perbedaan yang dapat diketahui dari beberapa macam indeks tersebut yakni, indeks Shannon-Wiener dapat menunjukkan karakteristik yang baik serta dapat dipergunakan secara luas dibanding dengan indeks yang lain. Indeks Simpson's dianggap sebagai indeks pengembangan dari indeks pertama dikarenakan memungkinkan untuk menunjukkan dua individu yang terpilih acak berasosiasi pada spesies yang sama (Thukral *et al.*, 2019).

#### **2.4.2. Kepadatan**

Banyaknya populasi organisme pada suatu ekosistem biasa disebut dengan kerapatan atau kepadatan (Syafei, 1994). Umumnya pada ekologi tumbuhan menggunakan istilah kerapatan sedangkan pada ekologi hewan menggunakan istilah kepadatan. Odum (1993) menyatakan bahwa kerapatan populasi merupakan besarnya suatu populasi yang berhubungan dengan satuan ruang. Arti dari kata populasi adalah kelompok organisme atau individu spesies yang sama serta tinggal pada suatu wilayah tertentu (Leksono, 2007).

Kepadatan populasi merupakan jumlah dari individu didalam satuan luas tertentu (Utami & Putra, 2020). Kepadatan populasi dapat dinyatakan dengan jumlah atau biomassa dari per unit contoh, atau dari persatuan luas, atau per satuan volume, atau per satuan penangkapan. Kepadatan relatif merupakan perhitungan yang dipergunakan untuk membandingkan kepadatan dari suatu jenis dengan kepadatan semua jenis didalam satu unit (Su'in, 2012).

## **2.5 Bioindikator**

### **2.5.1 Definisi Bioindikator**

Bioindikator adalah suatu organisme atau kelompok yang keberadaannya atau tidak ada kehadirannya dapat mencerminkan kondisi dari suatu lingkungan sehingga dapat dipergunakan sebagai petunjuk atau indikator kualitas lingkungan (Husamah & Rahardjanto, 2019). Respon yang diberikan suatu bioindikator dapat dibagi menjadi dua yakni respon sensitif dan/atau respon toleran, dari respon tersebut sangat memungkinkan untuk kita dapat menggunakan sebagai alat pendeteksi kondisi dari suatu lingkungan. Konsep dasar bioindikator yakni mengacu pada seluruh sumber biotik dan abiotik dengan perubahan ekologis.

Menurut Aulia dkk. (2020) spesies bioindikator termasuk salah satu dari beberapa komponen penting dalam penyusun ekosistem.

Bioindikator merupakan spesies yang hidup dan dapat digunakan sebagai pendeteksi pencemaran dari suatu lingkungan (Budi, 2017). Bioindikator umumnya juga mengacu dari reaksi komponen biotik dan abiotik karena dapat mendeteksi pencemaran atau perubahan yang dapat mempengaruhi ekosistem sampai dengan keanekaragaman hayati yang ada didalamnya (Schneider *et al.*, 2010). Menurut Setiawan (2008) di dalam Husamah & Rahardjanto (2019) aplikasi dari bioindikator dibagi menjadi tiga bagian yaitu indikator lingkungan, indikator ekologis dan indikator keragaman hayati.

Bioindikator merupakan organisme spesies yang dapat memberikan gambaran atau informasi tentang keadaan suatu lingkungan. Sedangkan biomarker yakni perubahan secara struktural dan fungsional pada bagian tubuh spesies seperti, morfologi, fisiologi dan genetik yang dapat menggambarkan pengaruh dari perubahan lingkungan salah satunya akibat adanya polutan (Markert dkk., 2003).

Penelitian tentang ciri fungsional respon organisme terhadap perubahan suatu ekosistem telah dibuktikan kebenarannya oleh Vandewalle *et al.*, (2010) dan Heink & Kowarik (2010). Pada umumnya bioindikator yang paling sering digunakan untuk mengukur suatu kualitas lingkungan adalah bioindikator biologis, yakni bioindikator menggunakan makhluk hidup dilingkungan tersebut baik hewan maupun tumbuhan (Araujo dkk., 2017).

### **2.5.2 Kriteria dan Penerapan Bioindikator**

Bioindikator adalah suatu hal yang penting didalam melakukan pengukuran kualitas pada suatu lingkungan. Kriteria pemilihan bioindikator yang baik yakni

organisme tersebut harus memiliki respon yang baik (peka) dan terukur. Organisme tersebut harus mudah untuk diidentifikasi memiliki dokumentasi sejarah yang baik guna memudahkan proses identifikasi, keberadannya pada ekosistem tersebut harus melimpah serta memiliki siklus hidup yang menentang, dan memiliki peran yang sangat penting pada suatu ekosistem (Husamah & Rahardjanto, 2019).

Beberapa kriteria umum bioindikator yang baik menurut Asif (2018) dalam Husamah & Rahardjanto (2019) meliputi; secara taksonomi atau riwayat biologi telah dikenal atau dibukukan dengan baik; terdapat dokumentasi sejarah alamiahnya; keberadaanya mudah diteliti; tingkat taksa lebih tinggi berdistribusi luas pada berbagai macam habitat; taksa lebih rendah khusus dan peka terhadap setiap perubahan yang terjadi pada habitat; pola keanekaragaman menunjukkan mengenai keterikatan antar taksa terdapat kekerabatan atau tidak.

Penerapan bioindikator dilapangan dikelompokkan pada tiga kategori berdasarkan McGeoch *et al.*, (2002) diantaranya adalah:

1. Indikator lingkungan merupakan spesies yang tanggap akan kondisi lingkungan atau habitat yang rusak, sehingga spesies ini dapat digunakan untuk memonitoring keadaan lingkungan serta perubahan lingkungan baik fisika atau kimia.
2. Indikator ekologi (taksa indikator) adalah karakteristik suatu kelompok yang peka untuk memberikan informasi faktor-faktor yang ada didalam ekosistem, sehingga organisme ini mampu menggambarkan pengaruh dari berbagai tekanan luar .
3. Indikator keanekaragaman hayati merupakan kelompok takson yang dapat menggambarkan ukuran keragaman (kekayaan jenis, endemisitas) melalui

kenaekaragamannya. Indikator keanekaragaman ini dapat digunakan untuk menilai suatu habitat pada biologi konservasi.

## **2.6 Indicator Value Index (IndVal)**

Pengembangan penelitian mengenai spesies indikator banyak dilakukan oleh ilmuwan bidang ekologi, dan dibutuhkan metode yang benar-benar valid untuk dapat mengetahuinya. Salah satu contoh metode yang memiliki keunggulan lebih daripada metode lainnya adalah Metode *Indicator Value Index* (IndVal) (Falahudin & Salmah, 2011). *Indicator value index* (IndVal) merupakan nilai indikator yang dapat digunakan untuk menentukan spesies bioindikator (Yusuf, 2021). Nilai IndVal akan tinggi apabila individu dari suatu spesies sering ditemukan pada semua situs (tempat) didalam suatu kelompok organisme (Goldman *et al.*, 2020).

Nilai indikator (IndVal) spesies adalah metode yang paling sering digunakan untuk mengetahui spesies penting didalam suatu komunitas, untuk memperoleh nilai IndVal maka diperlukan data kepadatan atau kelimpahan serta frekuensi kehadiran spesies (Podani & Csanyi, 2010). Adapun menurut Pereira *et al.*, (2012) IndVal merupakan indeks yang dapat mengukur tingkat spesifisitas dan tingkat kehadiran suatu spesies secara terus menerus.

## **2.7 Deskripsi Lokasi**

Desa Tulungrejo merupakan salah satu desa yang terletak di Kecamatan Bumiaji, Kota Batu, Provinsi Jawa Timur. Secara geografis Desa Tulungrejo terletak pada ketinggian 1.300 mdpl dengan rata-rata suhu 17°-24° C dengan luas daerah 807.019 Ha serta batas daerah bagian utara yakni Desa Sumberbrantas, timur Desa Sumbergondo, selatan Desa Punten, dan barat Kecamatan Pujon Kabupaten Malang (BAPPEDA, 2013).

Profesi yang ditekuni oleh masyarakat Desa Tulungrejo yakni usaha dibidang peternakan, pertanian dan *home industry*. Namun, mayoritas penduduk Desa Tulungrejo berprofesi sebagai petani, salah satu tanaman yang paling banyak dibudidayakan adalah tanaman apel, dengan berbagai model pengolahan lahan pada masing-masing petani apel (BPS, 2021). Para petani di Desa Tulungrejo juga tergabung didalam suatu kelompok petani yang bernama Gapoktan (Gabungan Kelompok Tani).

### **2.7.1 Perkebunan Apel Semiorganik**

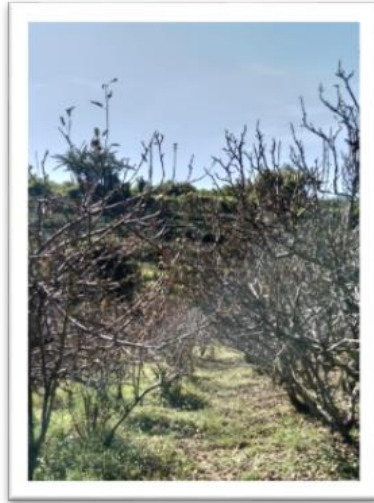
Lokasi penelitian dan pengambilan sampel yang pertama dilakukan di perkebunan apel semiorganik milik Bapak Suwarjo yang memiliki luas 1.800 m<sup>2</sup>, dengan jarak antar pohon yakni 3,5 meter dan umur pohon 15 tahun. Pengelolaan lahan secara semiorganik dengan pemberian pupuk kandang dan kimia. Pemupukan dilaksanakan setiap 5-6 bulan sekali atau 1 tahun 2 kali. Setelah masa panen petani melakukan perompesan (gugur) daun yang dilakukan secara manual dengan menggunakan tangan. Kemudian biasanya dilakukan pemberian dolomit apabila diperlukan, selanjutnya diberi jarak waktu 7 hari. Tahap berikutnya dilakukan pemupukan dengan menggunakan pupuk kandang yang diletakkan diatas permukaan tanah kurang lebih sebanyak 5 kg pada setiap pohon. Kemudian tumbuh daun baru yang masih muda pada setiap ujung batang pohon, diberikan dormex untuk perangsang daun dan juga disemprot perangsang bunga (antonik) pada setiap 1 kali dalam seminggu. Kemudian setelah tumbuh buah kecil tetap diberikan diberikan obat semprot selama 1 kali seminggu sampai dengan masa panen. Pengendalian hama dengan fungisida alami dengan memotong tunas yang terinfeksi kemudian membakarnya. (Suwarjo, wawancara, April 2022).



**Gambar 2.3. Perkebunan Apel Semiorganik**

### **2.7.2 Perkebunan Apel Konvensional**

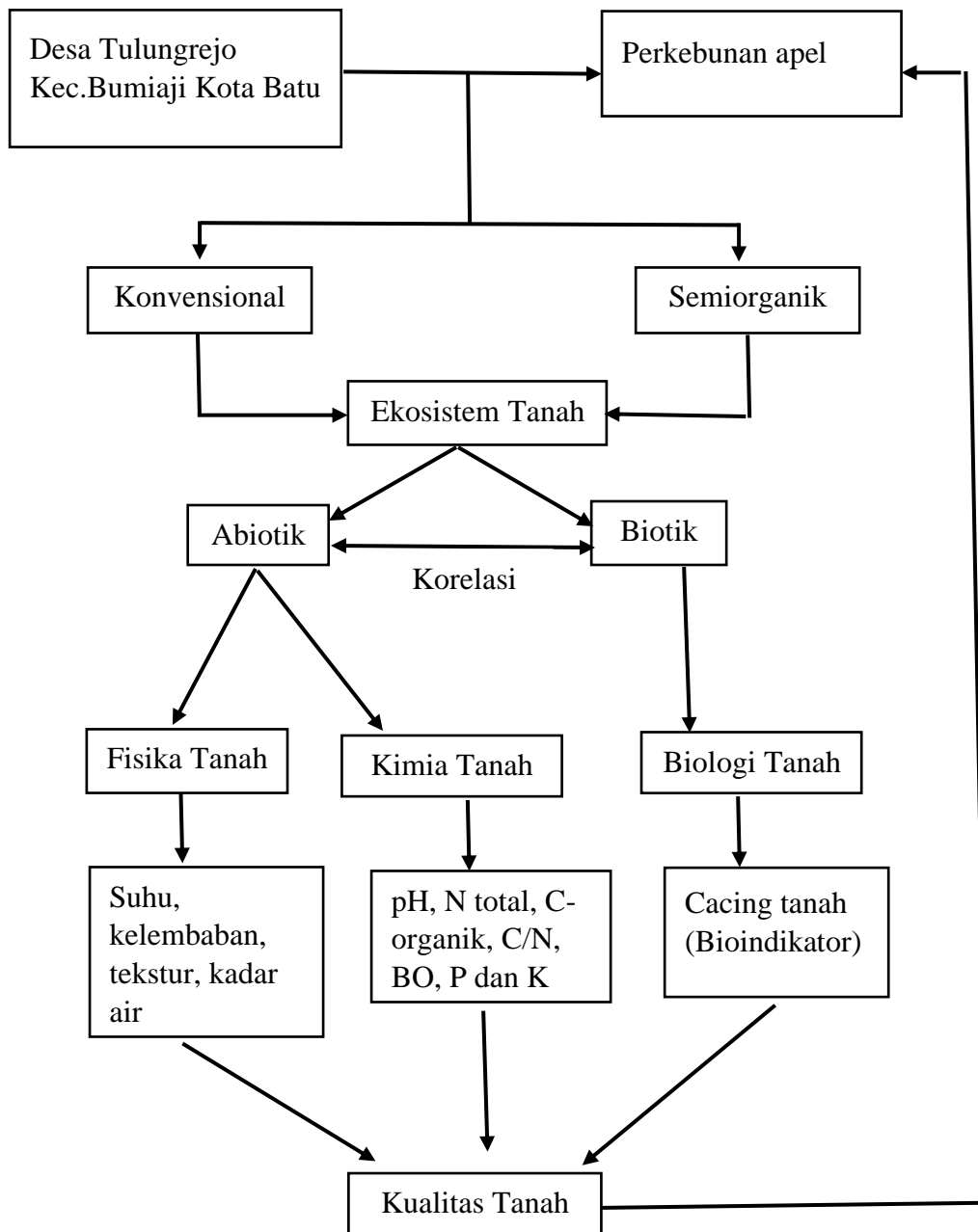
Lokasi penelitian yang kedua dilakukan di kebun apel konvensional milik Bapak Sugianto yang memiliki luas lahan 1.500 m<sup>2</sup>, dengan jarak antar pohon yakni 3 meter dan umur pohon 15 tahun. Pengelolaan lahan secara anorganik atau konvensional dengan pemberian pupuk kimia. Pemupukan dilaksanakan setiap 5-6 bulan sekali atau 1 tahun 2 kali. Setelah masa panen petani melakukan perompesan (gugur) daun yang dilakukan dengan cara menyemprotkan obat pada tanaman. Kemudian dilakukan pemupukan pada setiap pohon apel menggunakan pupuk kimia yakni campuran pupuk ZA dan SP-36 sebanyak 2 genggam tangan orang dewasa kemudian ditutup tanah. Selanjutnya tumbuh daun baru yang masih muda pada setiap ujung batang pohon, diberikan obat dormex untuk perangsang daun dan juga disemprot perangsang bunga pada setiap 2 kali dalam seminggu diikuti pemberian daconil setiap dua minggu 1 kali. Kemudian setelah terbentuk bakal buah tetap diberikan diberikan obat semprot selama 1 kali seminggu sampai dengan panen (Sugianto, wawancara, April 2022).



**Gambar 2.4. Perkebunan Apel Konvensional**



## 2.8 Kerangka Konsep Penelitian



**Gambar 2.5 Kerangka konsep penelitian**

Desa Tulungrejo Kecamatan Bumiaji Kota Batu merupakan salah satu desa yang memiliki perkebunan apel paling luas diantara daerah lainnya. Petani di Desa tersebut umumnya mengolah lahan menggunakan sistem pertanian konvensional dan semiorganik. Sistem pertanian konvensional merupakan sistem pertanian yang menggunakan pupuk dan pestisida kimia selama budidaya tanaman apel. Sedangkan sistem pertanian semiorganik merupakan sistem yang menggabungkan pemakaian antara pupuk alami (organik) dan kimia dengan tujuan untuk meminimalisir penggunaan pupuk kimia. Sistem pengelolaan lahan tersebut akan berdampak terhadap kualitas tanah. Pengujian kualitas tanah dapat dilakukan dengan cara menganalisis sifat tanah yang terdiri dari: sifat fisik (suhu, kelembaban, tekstur, kadar air), sifat kimia (pH, N total, C-organik, C/N, BO, P dan K), serta biologi tanah (cacing tanah). Cacing tanah merupakan salah satu hewan tanah yang sensitif terhadap perubahan lingkungan serta memiliki peran atau kontribusi penting baik pada sifat fisik dan kimia tanah. Oleh karena pentingnya peran cacing tanah tersebut cacing tanah dapat dijadikan salah satu bioindikator kualitas tanah

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Jenis Penelitian**

Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif kuantitatif menggunakan metode eksplorasi. Deskriptif kuantitatif karena data yang akan diperoleh pada penelitian ini yakni: jumlah spesies, analisis morfologi spesies, identifikasi sampai genus cacing tanah, dan parameter kualitas tanah meliputi fisika dan kimia tanah. Menggunakan metode eksplorasi untuk melakukan pengamatan secara langsung keanekaragaman cacing tanah pada perkebunan apel konvensional dan semiorganik di Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu.

### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli – September 2022 di kebun konvensional dan semiorganik Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji Kota Batu. Identifikasi cacing tanah dilakukan di Laboratorium Optik Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Tanah UPT Pengembangan Agrobisnis Tanaman dan Holtikultura Bedali Lawang.

### **3.3 Alat dan Bahan**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah; plastik, pisau, cetok, cangkul, botol spesimen, *soil sampler* ukuran (25x25x30) cm, kamera, pH meter, GPS, termohigrometer, *soil tester*, tali rafia, alat tulis dan buku identifikasi oleh Anas (1990), James (2004), Suin (2012) dan Plisko (2015). Bahan yang digunakan adalah tanah dan cacing yang diambil dari dua lokasi kebun penelitian.

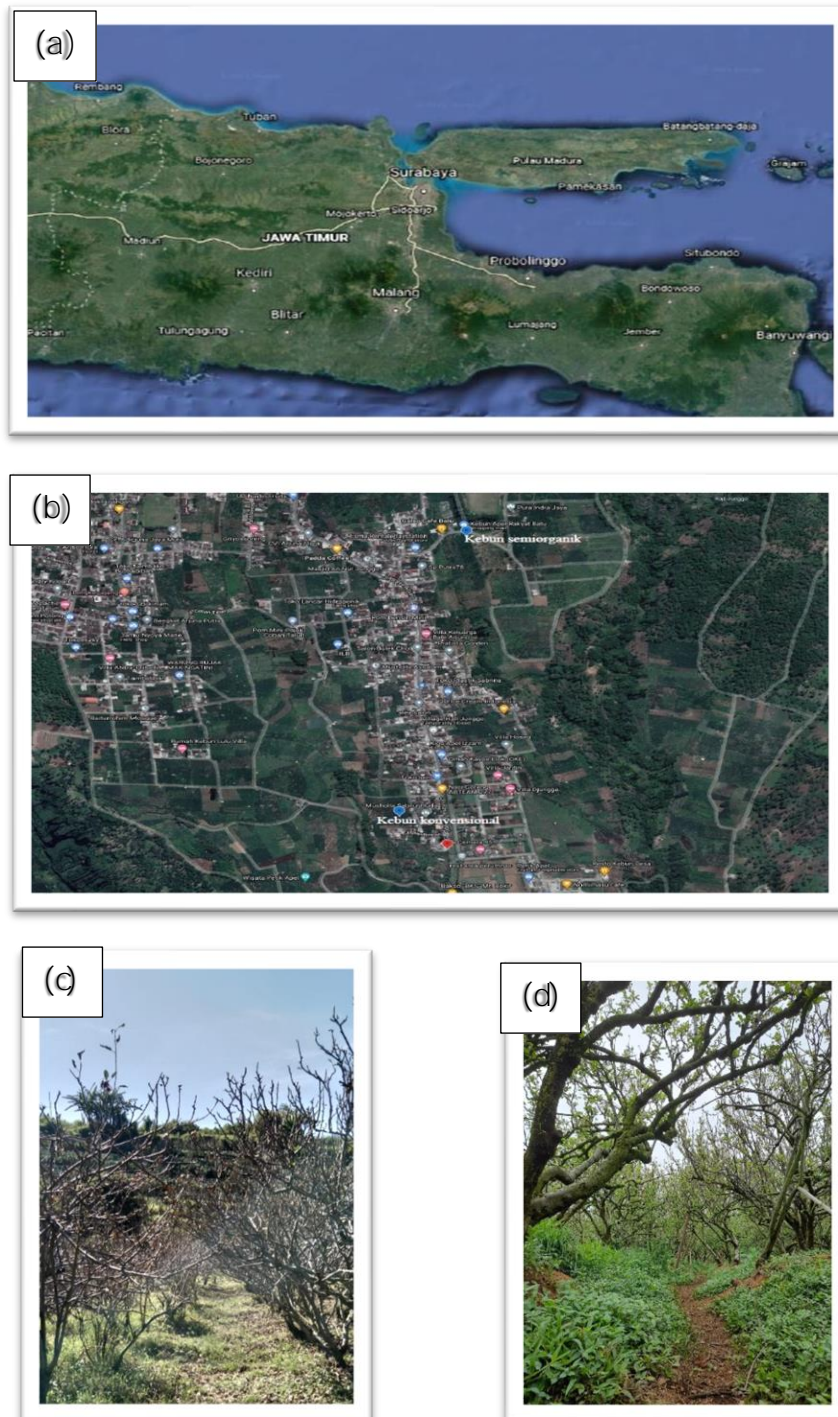
### **3.4 Prosedur Penelitian**

#### **3.4.1 Observasi**

Tahap awal penelitian yang dilakukan adalah observasi yang telah dilakukan pada bulan Maret 2022 untuk mengenali kondisi dari lokasi penelitian yang akan dilaksanakan, yaitu pada perkebunan apel konvensional dan semiorganik, Desa Tulungrejo, Kota Batu untuk kemudian dapat digunakan sebagai dasar menentukan metode serta pengambilan sampel yang tepat, serta wawancara dengan petani kebun sampel penelitian.

#### **3.4.2 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel**

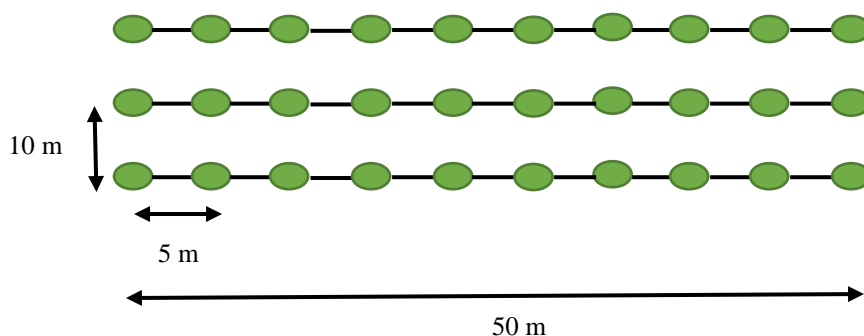
Pengambilan data penelitian dilaksanakan di perkebunan apel konvensional dengan luas lahan sebesar 1.500 m<sup>2</sup> dan kebun semiorganik dengan luas lahan sebesar 1.800 m<sup>2</sup>, di Desa Tulungrejo, Kota Batu. Peta provinsi lokasi ditampilkan pada gambar 3.1, peta Desa Tulungrejo 3.2 dan lokasi penelitian pada gambar 3.3.



**Gambar 3.1. Lokasi penelitian** (a) Peta Jawa Timur (b) Peta Desa Tulungrejo (c) Kebun Apel Konvensional (d) Kebun Apel Semiorganik.

### 3.4.3 Pembuatan Plot Penelitian

Pengambilan data penelitian menggunakan transek garis sejauh 50 m, kemudian disetiap garis dibuat 10 titik penggalian dengan masing-masing jarak antar titik 5 m, dikarenakan jarak minimal pemasangan plot adalah 5 m (Gambar 3.4). Pada setiap lokasi dilakukan 3 kali ulangan.



**Gambar 3.2 Pembuatan Plot**

### 3.4.4 Teknik Pengambilan Sampel Tanah dan Cacing Tanah

Pengambilan data sampel cacing tanah dan sampel tanah dilakukan pada pagi hari pukul 06.30-11.30 ketika suhu pada lokasi belum terlalu panas. Penggalian dan pencarian cacing tanah dilakukan pada kedalaman 0-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 guna mengetahui tipe ekologi masing-masing cacing yang didapatkan. Pada proses pengambilan digunakan alat *soil sampler* ukuran 25x25x30 cm dengan tujuan agar cacing tidak dapat berpindah tempat saat proses pengambilan data berlangsung. Kemudian tanah diletakkan pada nampan yang telah disiapkan serta dilakukan pengambilan cacing dengan metode *Hand sorted* atau secara langsung dikarenakan metode ini adalah metode yang paling baik digunakan untuk pengambilan cacing tanah, kemudian sampel yang telah didapatkan dimasukkan dan disimpan kedalam botol yang telah berisi tanah untuk kemudian dilanjutkan proses identifikasi di laboratorium.

### 3.4.5 Identifikasi Spesimen Cacing Tanah

Proses identifikasi spesimen cacing tanah dilakukan dengan menggunakan mikroskop stereo serta kaca pembesar guna melihat ciri dari morfologinya untuk kemudian dicocokkan dengan buku identifikasi. Jumlah keseluruhan cacing tanah yang ditemukan dirangkum pada tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Jumlah total cacing tanah pada plot ke-n**

No.	Spesimen	Lokasi ke-n					
		Plot 1	Plot 2	Plot 3	Plot 4	Plot 5	Plot-n
1.	Genus 1						
2.	Genus 2						
3.	Genus 3						
	dst.						
Jumlah Individu							

## 3.5 Analisis Sifat Tanah

### 3.5.1 Analisis Sifat Fisik Tanah

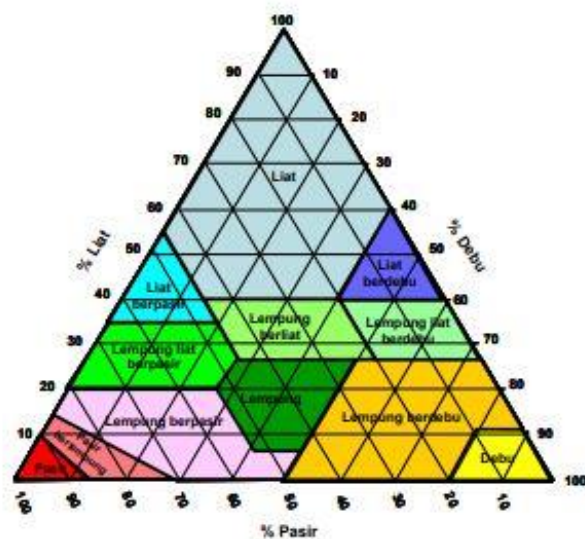
Sifat fisik tanah yang akan diukur yakni meliputi suhu, dan kelembaban tanah yang pengukurannya dapat langsung dilakukan pada lokasi pengambilan sampel dengan menggunakan alat termohigrometer serta dilakukan 3 kali ulangan. Cara menggunakan alat ukur tersebut yakni:

1. Alat diaktifkan dengan menekan tombol power
2. Batang alat diarahkan dan ditancapkan ke plot yang akan diukur
3. Angka hasil pengukuran akan diperlihatkan pada layar kemudian dilanjutkan dengan menekan tombol hold
4. Menekan tombol record untuk kemudian dilakukan pencatatan hasil nilai kelembapan dan suhu

Kemudian untuk pengukuran tekstur tanah dan kadar air pada tanah dilaksanakan di Laboratorium Tanah UPT Pengembangan Agrobisnis Tanaman dan Holtikultura Bedali Lawang.

Metode analisis tekstur tanah sebagai berikut:

- a. Tanah + larutan  $H_2O_2$  30% dan didiamkan semalam
- b. Kemudian dipanaskan sampai terlihat peptisasi
- c. Tambahkan larutan HCl kemudian dididihkan dan didiamkan selama 3 hari
- d. Disaring dengan ayakan untuk memisahkan pasir
- e. Tambah larutan pirofosfat
- f. Diambil dengan pipet untuk kemudian dikeringkan dengan oven
- g. Setelah didapatkan hasil tekstur tanah (%) kemudian penentuan tekstur tanah dilihat berdasarkan diagram segitiga kelas tekstur tanah



Gambar 3.3 Diagram segitiga tekstur tanah (Agus dkk., 2006).



Analisis kadar air tanah dihitung dengan menggunakan rumus dan metode menurut Morario (2009) yaitu:

$$\text{Kadar air tanah} = \frac{A-B}{A} \times 100\%$$

Keterangan:

A= Berat tanah sebelum dikeringkan

B= Berat tanah setelah dikeringkan (oven)

### 3.5.2 Analisis Sifat Kimia Tanah

Analisis kimia tanah dilakukan di laboratorium dan berikut sifat kimia tanah yang akan diukur yakni pH, C-organik, N-total, C/N, fosfor (P) dan kalium (K). Pengukuran pH dilaksanakan langsung pada lokasi penelitian menggunakan alat *soil tester* serta dilakukan 3 kali ulangan. Cara menggunakan alat ukur tersebut yaitu:

1. Alat diaktifkan dengan menekan tombol on
2. Batang alat diarahkan dan ditancapkan ke plot yang akan diukur
3. Angka hasil pengukuran akan diperlihatkan pada layar untuk kemudian dicatat

Kemudian untuk pengukuran C-Organik, N-Total, C/N, fosfor (P) dan kalium (K) dilaksanakan di Laboratorium Tanah UPT Pengembangan Agrobisnis Tanaman dan Holtikultura Bedali Lawang adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran C-Organik
  - a. Tanah dikeringkan kemudian diayak dan diambil bagian yang halus
  - b. Tanah dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer kemudian ditambahkan kalium dikromat dan  $H_2SO_4$
  - c. Hasil dari campuran tersebut kemudian diencerkan dengan penambahan aquadest dan ditambahkan  $H_3PO_4$ , serta larutan definilamin

- d. Kemudian dari hasil pencampuran tersebut diambil sebanyak 5 ml dan ditambah dengan aquadest
- e. Selanjutnya larutan dititrasi dengan  $\text{Fe}_2\text{SO}_4$  sampai larutan berubah warna menjadi lebih terang

$$\text{C.Organik (100\%)} = \text{ml blanko} - \text{ml sampel} \times 3 \times 100 : 77$$

## 2. Pengukuran N-Total

- a. Tanah kering yang telah diayak diambil sebanyak yang dibutuhkan kemudian dimasukkan dalam labu kjeldah, selanjutnya ditambah dengan garam campur dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- b. Kemudian didestruksi sampai sampai jernih dan didinginkan
- c. Diencerkan dengan aquadest dan NaOH 30% untuk kemudian didestilasi
- d. Hasil destilasi ditampung dengan menggunakan asam borax
- e. Destilasi sampai dengan volume 30 cc dan menunjukkan warna hijau
- f. Kemudian hasil dari destilasi dititrasi dengan menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sampai terjadi perubahan warna menjadi merah jambu

$$\text{N-Total (\%)} = \text{ml contoh} - \text{ml blanko} \times 500 : 96$$

## 3. Pengukuran Fosfor (P)

- a. Tanah yang kering dan sudah diayak diambil sebanyak yang dibutuhkan dalam analisis dan ditambahkan dengan pereaksi olshen untuk kemudian diendapkan semalaman atau 24 jam
- b. Cairan hasil endapan diambil dan ditambahkan dengan pereaksi warna
- c. Diukur dengan menggunakan deret standart yang telah ditetapkan

## 4. Pengukuran Kalium (K)

- a. Tanah kering yang sudah diayak diambil kemudian ditambah dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan NaOH untuk kemudian didestilasi
- b. Destilat ditampung H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan larutan Conway sampai dengan 30 cc
- c. Hasil larutan tersebut dititrasi dengan NaOH sampai menjadi warna hijau
- d. Diukur dengan standart yang telah ditetapkan

### 3.6 Analisis Data

#### 3.6.1 Indeks Keanekaragaman

Indeks keanekaragaman dihitung menggunakan rumus Indeks Shannon-Wiener didalam Fachrul (2012):

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

Keterangan :

H' : indeks keanekaragaman Shannon – Wiener

P<sub>i</sub> : proporsi spesies ke –i

ln : logaritma Nature

p<sub>i</sub> : N<sub>i</sub> / N (perhitungan total individu suatu spesies/ keseluruhan spesies)

Besarnya nilai H' dikategorikan sebagai berikut menurut Fachrul (2012):

H' < 1 : Keanekaragaman rendah

H' 1-3 : Keanekaragaman sedang

H' > 3 : Keanekaragaman tinggi

### 3.6.2 Kepadatan Populasi

Kepadatan populasi suatu spesies dapat dihitung menggunakan rumus menurut Suin (2012):

$$K \text{ jenis A} = \frac{\text{Jumlah individu jenis A}}{\text{Jumlah unit contoh per luas atau per volume}}$$

Keterangan:  
K: Kepadatan

### 3.6.3 Kepadatan Relatif (KR)

Kepadatan relatif dapat diketahui dengan cara membandingkan kepadatan suatu jenis spesies dengan kepadatan semua jenis spesies. Rumus kepadatan relatif menurut Suin (2012) yaitu:

$$KR \text{ jenis A} = \frac{K \text{ jenis A}}{\text{Jumlah K semua jenis}} \times 100\%$$

Keterangan:  
KR: Kepadatan Relatif

### 3.6.4 Frekuensi

Frekuensi adalah besarnya intensitas ditemukannya organisme spesies didalam suatu habitat. Berikut rumus frekuensi menurut Soegianto (1994):

$$Fi = \frac{\text{Jumlah plot yang ditemukan spesies } i}{\text{Jumlah total plot yang dibuat}}$$

### 3.6.5 Frekuensi Relatif (FR)

Frekuensi relatif dapat diketahui dengan cara membandingkan frekuensi suatu jenis spesies dengan frekuensi semua spesies. Berikut rumus kehadiran menurut Soegianto (1994):

$$\text{Frekuensi Relatif} = \frac{\text{Frekuensi spesies } i}{\text{Jumlah total frekuensi semua spesies}} \times 100\%$$

Keterangan:

0-25% = aksidental

26-50% = assesori

51-75% = konstan

>75% = absolut

### 3.6.6 Indeks Nilai Penting

Indeks Nilai Penting (INP) adalah parameter kuantitatif yang dapat menggambarkan pentingnya peran dari suatu organisme didalam ekosistem. INP merupakan jumlah dari Kepadatan Relatif (KR) dan Frekuensi Relatif (FR). FR dan KR memiliki nilai tertinggi masing-masing kategori yakni 100%, sehingga akan dihasilkan nilai INP pada rentang 0-200%. Rumus INP adalah sebagai berikut:

$$\text{INP} = \text{FR} + \text{KR}$$

### 3.6.7 Bioindikator

Analisis bioindikator dianalisis dengan menggunakan metode *Indicator value index* (IndVal) secara komputerisasi menggunakan aplikasi R.4.2.2 (R studio).

### 3.6.8 Analisis Korelasi

Hubungan antara kepadatan cacing tanah dengan faktor fisika dan kimia tanah dianalisis menggunakan analisis korespondensi kanonik (*Canonical Correspondence Analysis/CCA*) dan korelasi pearson dengan bantuan aplikasi PAST 4.03.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Identifikasi Spesimen Cacing Tanah

#### 4.1.1 Identifikasi spesimen cacing tanah berdasarkan morfologi

Spesimen cacing tanah yang ditemukan di kebun apel semiorganik dan kebun apel konvensional Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu, diidentifikasi berdasarkan morfologinya dan dijelaskan sebagai berikut:

a . Spesimen 1



(1)



(2)

**Gambar 4.1. Spesimen Genus Pontoscolex** (1) Foto pengamatan (2) literatur (Nilawati & Nurdin, 2014). a. Anterior b. Klitelum c. Posterior

Morfologi cacing tanah spesimen 1 memiliki ciri-ciri panjang tubuh kurang lebih 110 mm (gambar 4.1), dengan diameter berkisar antara 3-4 mm, dan memiliki segmen yang berjumlah 190-200. Pada tubuh cacing bagian anterior memiliki warna coklat kemerahan, bagian posterior coklat muda lebih pudar, bentuk prostomium cacing zygotobus serta memiliki klitelum yang berbentuk pelana

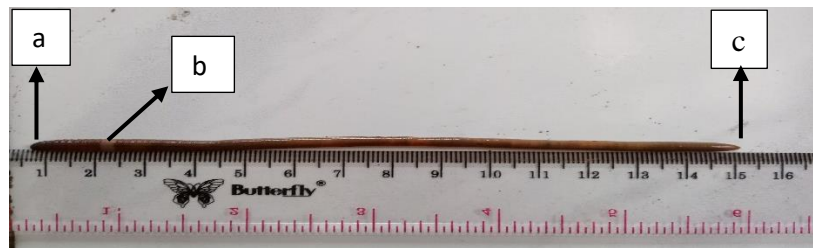
berwarna coklat kemerahan terletak pada segmen 15-20 yang terlihat lebih menonjol pada bagian tubuhnya seperti pada gambar 5.1 (lampiran 1).

Ciri-ciri genus *Pontoscolex* menurut Su'in (2012) yakni genus tersebut memiliki panjang tubuh yakni 55-115 mm dengan diameter tubuhnya 3,5-4 mm, serta jumlah segmen yakni 190-209. Memiliki warna tubuh coklat keputihan dan klitelum terletak pada segmen 15-23 yang menebal pada segmennya menyerupai pelana, lubang spermateka terdapat tiga pasang terletak pada 6/7 hingga 8/9, dan kelamin jantan pada seta 20/21 dan bisa terletak pada belakang klitelum. Menurut James (2004) klitelum *Pontoscolex* terletak pada segmen 15-22 yang terlihat lebih menonjol, memiliki belalai tipis panjang pada bagian anterior atau prostomium, jenis ekor genus *Pontoscolex* umumnya flattened.

Klasifikasi spesimen cacing berdasarkan GBIF (2022) sebagai berikut:

Kingdom : Animalia  
Filum : Annelida  
Kelas : Oligochaeta  
Ordo : Haplotaxida  
Famili : Glossoscolicidae  
Genus : *Pontoscolex*

## b. Spesimen 2



(1)



(2)

**Gambar 4.2. Spesimen Genus *Amynthus*** (1) Foto pengamatan (2) literatur (GBIF, 2022). a. Anterior b. Klitelum c. Posterior

Cacing tanah spesimen 2 genus *Amynthus* yang memiliki ciri-ciri morfologi panjang tubuh kurang lebih 150 mm (gambar 4.2), diameter tubuh 3,5-5 mm, jumlah seluruh segmen tubuh antara 90-160, warna bagian anterior coklat kemerahan dan posterior coklat muda atau lebih pucat, bagian dorsal tubuh berwarna coklat kemerahan terkadang sampai ungu, bagian ventral lebih pucat. Klitelum melingkar terletak pada segmen 14-16 yang berbentuk annular dan berwarna coklat muda yang kemerahan, serta bentuk ekor yang circular seperti pada gambar 5.2 (lampiran 1).

Menurut James (2004) genus *Amynthus* merupakan cacing tanah yang berasal dari Asia, memiliki panjang tubuh 60-170 mm, dengan diameter tubuh 3-5 mm, jumlah segmen antara 85-165, anterior berwarna merah tua, posterior merah kecoklatan, klitelum terletak pada segmen 14-16, berwarna kemerahan yang lebih

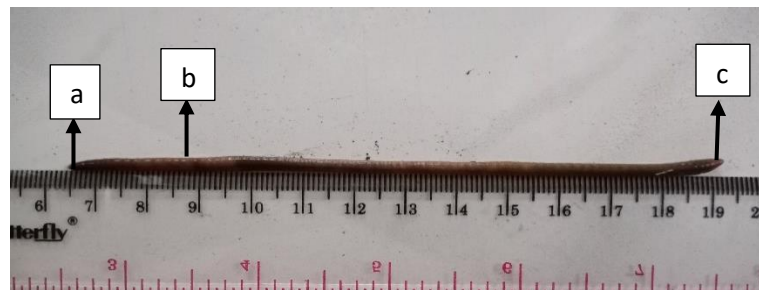


pucat dari tubuhnya, dengan bentuk annular atau melingkar pada tubuh. Lubang kelamin jantan pada segmen 18 dan lubang betina pada segmen 14. Jenis protomium yakni epilobous.

Klasifikasi spesimen cacing berdasarkan GBIF (2022) sebagai berikut:

Kingdom : Animalia  
 Filum : Annelida  
 Kelas : Oligochaeta  
 Ordo : Crassiclitellata  
 Famili : Megascolecidae  
 Genus : *Amyntas*

c. Spesimen 3



(1)



(2)

**Gambar 4.3. Spesimen Genus *Peryonix*** (1) Foto pengamatan (2) literatur (GBIF, 2022). a. Anterior b. Klitelum c. Posterior

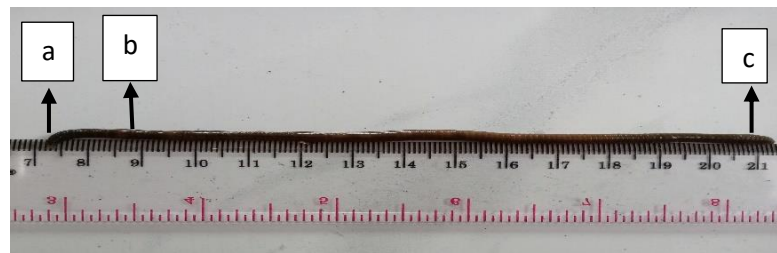
Cacing tanah spesimen 3 genus *Peryonix* memiliki ciri-ciri morfologi yakni panjang tubuh kurang lebih 130 mm (gambar 4.3), dengan jumlah segmen 120-130, diameter 3,5-5 mm, warna bagian anterior coklat kehitaman, posterior berwarna coklat kemerahan, bagian dorsal berwarna coklat kehitaman dan ventral terlihat lebih pudar. Klitelum terletak pada segmen 13-17 dengan tipe annular dan berwarna sedikit lebih pudar dari bagian tubuhnya seperti pada gambar 5.3 (lampiran 1).

Menurut Plisko (2015) cacing tanah tersebut memiliki ciri morfologi panjang tubuh antara 50-150 mm, jumlah segmen 120-190, warna anterior hitam sedikit kemerahan warna posterior coklat kemerahan. Klitelum berwarna coklat muda terletak pada segmen 13-17, tipe annular. Prostomium tipe epoilobous. Menurut James (2004) lubang spermanya pada segmen 18 dan cacing ini berasal dari Asia Selatan.

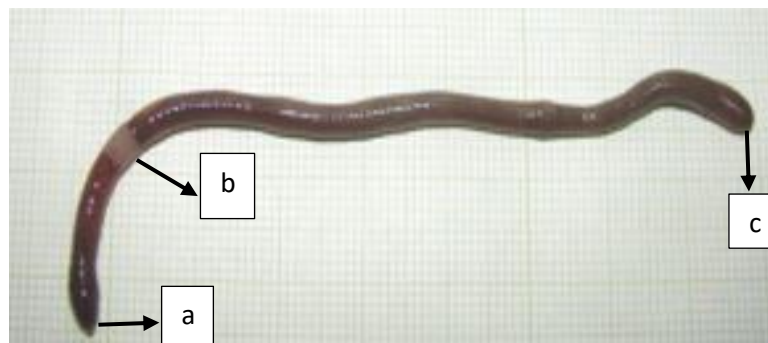
Klasifikasi spesimen cacing berdasarkan GBIF (2022) sebagai berikut:

Kingdom : Animalia  
Filum : Annelida  
Kelas : Oligochaeta  
Ordo : Crassiclitellata  
Famili : Megascolecidae  
Genus : *Peryonix*

## d. Spesimen 4



(1)



(2)

**Gambar 4.4. Spesimen Genus *Pheretima*** (a) Foto pengamatan (b) literatur (Nilawati & Nurdin, 2014). a. Anterior b. Klitelum c. Posterior

Cacing tanah spesimen 4 genus *Pheretima* memiliki ciri morfologi yakni panjang tubuh kurang lebih 140 mm (gambar 4.4), diameter tubuh 3-4 mm, dengan jumlah segmen 90-110. Warna dari tubuh cacing ini hampir semuanya gelap kecuali bagian klitelumnya, bagian anterior hitam dan bagian posterior kecoklatan. Bagian dorsal kehitaman dan ventral lebih pudar. Klitelum berbentuk annular atau cincin terletak pada segmen 13-16 dengan warna coklat muda sampai keabu-abuan dan memiliki jenis prostomium tipe epilobus seperti pada gambar 5.4 (lampiran 1).

Ciri-ciri morfologi menurut Su'in (2012) yakni panjang cacing 139-173 mm, dengan diameter 4-5 mm, dan jumlah segmen 108-116. Bagian dorsal tubuh berwarna hitam dan kebiruan sedangkan ventral berwarna lebih pucat atau coklat muda, dan bagian anterior yang lebih gelap daripada posterior. Memiliki klitelum berbentuk annular atau melingkar ditubuh berwarna coklat muda terletak di segmen

14-16. Lubang kelamin jantan terletak pada segemen 18 sedangkan lubang kelamin betina pada medioventral segmen 14. Jenis protomium yakni tipe epilobous.

Klasifikasi spesimen cacing berdasarkan GBIF (2022) sebagai berikut:

Kingdom : Animalia  
 Filum : Annelida  
 Kelas : Clitellata  
 Ordo : Crassiclitellata  
 Famili : Megascolecidae  
 Genus : *Pheretima*

#### 4.1.2 Identifikasi cacing tanah berdasarkan tipe ekologi

Cacing tanah menurut peranannya didalam ekosistem dapat dibedakan menjadi 3 tipe ekologi yakni: epigeik, anesik dan endogeik. Cacing tanah yang ditemukan pada lahan perkebunan apel konvensional dan semiorganik dapat dikelompokkan berdasarkan peran dan tipe ekologinya dengan rincian seperti pada tabel 4.1 berikut ini:

**Tabel 4.1 Tipe ekologi cacing tanah**

No	Famili	Genus	Tipe Ekologi
1	Glossoscolicidae	<i>Pontoscolex</i>	Endogeik
2	Megascolecidae	<i>Amyntas</i>	Epigeik
3	Megascolecidae	<i>Peryonix</i>	Epigeik
4	Megascolecidae	<i>Pheretima</i>	Epigeik

Berdasarkan tabel 4.1 menunjukkan bahwa dari 4 genus cacing yang didapatkan dapat dikelompokkan menjadi 2 macam tipe ekologi yakni, anesik dan endogeik. Cacing tanah genus *Amyntas*, genus *Peryonix* dan genus *Pheretima* termasuk dalam tipe ekologi epigeik dikarenakan cacing tersebut ditemukan pada bagian seresah tanah, permukaan tanah dan sampai pada kedalaman tanah 10 cm.

Mayoritas cacing yang ditemukan pada penelitian ialah famili *Megascolecidae*, dan adapun menurut Su'in (2012) famili *Megascolecidae* merupakan cacing tanah yang paling sering ditemukan di Indonesia. Cacing tanah tersebut berperan untuk menghancurkan seresah pada permukaan tanah akan tetapi tidak berkontribusi secara aktif untuk menyebarkan seresah (Dewi & Senge, 2015), serta menurut Arancon *et al.*, (2003) cacing tipe epigeik dapat hidup dan memakan tumpukan sampah organik (seresah) pada permukaan tanah.

Hasil penelitian pada tabel 4.1 juga menunjukkan selain cacing tanah tipe epigeik juga ditemukan cacing tanah tipe endogeik yakni genus *Pontoscolex* yang ditemukan kedalaman tanah 10-20 cm dan ada beberapa yang ditemukan pada kedalaman tanah 30 cm. Tipe endogeik umumnya tinggal didalam tanah. Genus *Pontoscolex* berperan aktif untuk memindahkan bagian-bagian seresah dari atas permukaan tanah menuju tanah bagian dalam serta berperan untuk menghancurkan bahan organik. Dampak yang ditimbulkan dari aktivitas cacing tanah tersebut yakni, dapat membentuk lubang-lubang (pori) didalam tanah yang secara tidak langsung hal tersebut juga berkontribusi memberikan dampak positif terhadap kesuburan tanah seperti, berpengaruh pada sifat fisik dan kimia tanah (Dewi & Senge, 2015). Penelitian Amirat dkk. (2017) juga menyebutkan bahwa aktivitas dari cacing tanah dapat meningkatkan jumlah pori tanah serta memperbaiki biopori melalui lubang-lubang yang dihasilkan

## **4.2 Hasil Indeks Keanekaragaman dan Kepadatan Cacing Tanah**

### **4.2.1 Hasil Jumlah Cacing Tanah**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diketahui jumlah total cacing tanah yang didapatkan pada lahan perkebunan apel konvensional yakni 53

individu dan pada lahan perkebunan apel semiorganik sejumlah 192 individu yang terdiri dari 4 genus yakni genus *Pontoscolex*, genus *Amyntas*, genus *Peryonix*, dan genus *Pheretima*, dengan rincian data seperti pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.2 Jumlah genus cacing tanah yang diperoleh**

No	Nama Genus	Semiorganik	Konvensional
1	<i>Pontoscolex</i>	69	20
2	<i>Amyntas</i>	33	1
3	<i>Peryonix</i>	59	9
4	<i>Pheretima</i>	31	23
Total		192	53

Hasil data penelitian pada tabel 4.2 cacing tanah paling banyak ditemukan pada perkebunan apel semiorganik, apabila dibandingkan dengan hasil pada perkebunan apel konvensional, hal tersebut dapat terjadi karena salah satu faktornya adalah perbedaan dalam tata cara pengelolaan lahan. Pengelolaan pada lahan perkebunan semiorganik menggunakan pupuk campuran antara pupuk kimia dan pupuk kandang, sedangkan pada lahan perkebunan konvensional hanya menggunakan pupuk kimia. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Inayah (2017) dan Rodiyah (2021) bahwa pada perkebunan semiorganik mempunyai jumlah cacing tanah yang lebih banyak daripada perkebunan konvensional.

Penggunaan pupuk kimia secara terus menerus didalam prakteknya pada sistem pertanian dapat menyebabkan terjadinya perubahan keseimbangan ekologi pada tanah, baik secara sifat fisika-kimia tanah atau juga dapat mengganggu kelangsungan hidup organisme tanah, salah satunya yakni cacing tanah (Jayanthi dkk. 2014). Sebelumnya menurut Yuliprianto (2009) dan Plisko *et al.* (2015) juga menyatakan bahwa pupuk kimia dapat memberikan dampak negatif pada

keberlangsungan hidup cacing seperti, terganggunya proses pertumbuhan dan reproduksinya menjadi partenogenesis.

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa pada perkebunan semiorganik lebih banyak ditemukan genus *Pontoscolex*, genus *Pontoscolex* merupakan genus yang sangat umum dijumpai pada lahan pertanian dikarenakan genus tersebut tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan. Menurut Plisko *et al.*, (2015) genus *Pontoscolex* merupakan spesies cacing tanah yang penyebarannya paling banyak terdapat pada daerah tropis atau subtropis dan genus tersebut umumnya tersebar oleh karena adanya kegiatan manusia (antropogenik) salah satu contohnya yakni kegiatan pertanian.

Hasil penelitian pada perkebunan apel konvensional menunjukkan bahwasannya genus cacing yang paling banyak ditemukan yakni genus *Pheretima*, dikarenakan cacing tanah genus tersebut menyukai habitat yang umumnya lembab serta terdapat penutup tanah, seperti rumput atau semak (Breure, 2004). Hal tersebut sesuai dengan kondisi lahan tempat penelitian yang terdapat sisa-sisa rumput dan daun kering. Selain hal tersebut diketahui kebun konvensional memiliki tingkat kelembaban yang lebih tinggi dibanding semiorganik. Menurut James (2004) genus cacing tersebut merupakan spesies asli dari Asia, dan banyak ditemukan di dataran rendah atau tinggi pulau Jawa (Su'in, 2012).

#### **4.2.2 Hasil Keanekaragaman Cacing Tanah**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada lahan perkebunan apel konvensional dan semiorganik didapatkan hasil analisis indeks keanekaragaman ( $H'$ ) sebagai berikut:

**Tabel 4.3 Indeks Keanekaragaman ( $H'$ )**

Peubah	Semiorganik	Konvensional
Indeks Keanekaragaman ( $H'$ )	1,327	1,106

Hasil analisis indeks keanekaragaman Shannon-Wiener ( $H'$ ) pada tabel 4.3 menunjukkan bahwa indeks keanekaragaman ( $H'$ ) pada kebun semiorganik sebesar 1,327 dan nilai indeks keanekaragaman ( $H'$ ) pada perkebunan konvensional yakni 1,106. Nilai indeks keanekaragaman ( $H'$ ) di perkebunan konvensional lebih rendah daripada semiorganik, meski nilai dari analisis ( $H'$ ) pada kedua lahan tersebut sama-sama memiliki hasil yang tergolong pada kelompok sedang, karena berada pada rentang nilai 1-3. Hal tersebut disebabkan oleh adanya organisme yang mendominasi pada masing-masing lahan. Menurut Arfiati dkk. (2019) indeks keanekaragaman ( $H'$ ) yang tinggi dapat terjadi karena organisme pada suatu ekosistem ditemukan melimpah dan merata tanpa adanya dominasi spesies.

Nilai indeks keanekaragaman ( $H'$ ) dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni, keragaman didalam jumlah spesies dan keragaman didalam jumlah dari individu pada setiap spesies Maturbongs & Elviana (2016). Hasil penelitian yang dilaksanakan pada dua lahan diketahui memperoleh hasil data cacing yang tidak merata jumlahnya dan pada masing-masing lahan terdapat organisme yang mendominasi. Pada perkebunan semiorganik didominasi oleh genus *Pontoscolex* dan pada perkebunan konvensional didominasi oleh genus *Pheretima*.

Menurut Firmansyah & Yanti (2017) keanekaragaman cacing tanah juga dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, meliputi kondisi fisik tanah (suhu, kelembaban, kadar air, tekstur tanah), kimia tanah (pH, bahan organik) serta bahan makanan yang tersedia. Cacing tanah merupakan salah satu organisme yang sangat



bergantung pada faktor biotik dan abiotik, serta sensitif terhadap adanya gangguan terhadap lingkungan seperti contoh pengaruh penggunaan pestisida (Yuliprianto, 2010). Hal tersebut diperkuat oleh penelitian Suheriyanto (2012) lingkungan yang tercemar dapat mempengaruhi keanekaragaman, serta hewan tanah cukup baik untuk digunakan sebagai bioindikator kualitas tanah dikarenakan memiliki respon yang sensitif.

#### 4.2.3 Hasil Kepadatan Cacing Tanah

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada lahan perkebunan apel konvensional dan semiorganik diketahui hasil kepadatan cacing tanah seperti pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.4 Kepadatan dan Kepadatan Relatif Populasi Cacing Tanah**

No	Genus	Semiorganik		Konvensional	
		K(Individu/m <sup>3</sup> )	KR(%)	K(Individu/m <sup>3</sup> )	KR(%)
1	<i>Pontoscolex</i>	122,7	35,95	35,5	37,77
2	<i>Amynthas</i>	58,7	17,20	1,7	1,80
3	<i>Peryonix</i>	104,8	30,70	16	17,02
4	<i>Pheretima</i>	55,1	16,15	40,8	43,41
Jumlah		341,3	100	94	100

Keterangan:

K : Kepadatan

KR : Kepadatan Relatif

Pada tabel 4.4 diketahui hasil kepadatan cacing tanah pada perkebunan apel semiorganik menunjukkan nilai kepadatan (K) yang tertinggi yaitu 122,7 individu/m<sup>3</sup> serta nilai kepadatan relatif (KR) yaitu 35,95 % dari genus *Pontoscolex*, selanjutnya nilai kepadatan yang terendah yakni 55,1 individu/m<sup>3</sup> serta nilai kepadatan relatif (KR) 16,15% dari genus *Pheretima*, kemudian nilai kepadatan 58,7 serta nilai kepadatan relatif (KR) 17,20% dari genus *Amynthas*, dan yang

terakhir nilai kepadatan (K) 104,8 individu/m<sup>3</sup> serta nilai kepadatan relatif (KR) 30,70% genus *Peryonix*.

Pada perkebunan apel konvensional diketahui nilai kepadatan (K) yang tertinggi yakni 40,8 individu/m<sup>3</sup> serta nilai kepadatan relatif (KR) 43,41% dari genus *Pheretima*, selanjutnya nilai kepadatan (K) yang terendah yakni 1,7 individu/m<sup>3</sup> serta nilai kepadatan relatif (KR) 1,80% dari genus *Amyntas*, kemudian nilai kepadatan (K) 16 individu/m<sup>3</sup> serta nilai kepadatan relatif (KR) 17,02% dari genus *Peryonix*, dan yang terakhir nilai kepadatan (K) 35,5 individu/m<sup>3</sup> serta nilai kepadatan relatif (KR) 37,77% dari genus *Pontoscolex*.

Berdasarkan hasil dari data tersebut cacing tanah yang paling banyak ditemukan pada perkebunan apel semiorganik yakni genus *Pontoscolex* sedangkan pada kebun apel konvensional adalah genus *Pheretima*. Hal tersebut sesuai dengan Su'in (2012) yang menyatakan bahwa cacing tanah yang paling umum atau sering ditemukan di Indonesia yakni genus *Pontoscolex*, *Pheretima*, *Metaphire* dan *Megascolex*. Umumnya habitat genus *Pheretima* terdapat pada tempat lembab, di dataran rendah atau tinggi. Adapun menurut Plisko *et al.*, (2015) genus *Pontoscolex* sebagian besar ±50% berasal dari lingkungan pertanian, dikarenakan genus tersebut memiliki toleransi yang lebih tinggi terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Jumlah kepadatan cacing tanah dapat juga dipengaruhi oleh faktor tingkat toleransi dari cacing tanah terhadap perubahan kondisi suatu lingkungan (Falco *et al.*, 2015). Sebelumnya hasil penelitian Ningrum dkk. (2014) juga menyatakan bahwa masing-masing jenis cacing tanah memiliki tingkat kepekaan yang berbeda dengan adanya perubahan pada lingkungannya, suatu spesies dapat dikatakan

sensitif apabila tidak ditemukan pada area tercemar dan dapat dikatakan toleran apabila ditemukan pada area tercemar.

#### 4.2.4 Hasil Frekuensi dan Frekuensi Relatif (FR)

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada lahan perkebunan apel konvensional dan semiorganik didapatkan nilai frekuensi (F) dan frekuensi relatif (FR) cacing tanah seperti pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.5 Frekuensi (F) dan Frekuensi Relatif (FR)**

No	Genus	Semiorganik		Konvensional	
		F	FR(%)	F	FR(%)
1	<i>Pontoscolex</i>	96,67	33,34	56,67	41,06
2	<i>Amyntas</i>	63,33	21,83	1,30	0,95
3	<i>Peryonix</i>	73,33	25,29	30,01	21,75
4	<i>Pheretima</i>	56,67	19,54	50,01	36,24
Jumlah		290	100	137,99	100

Keterangan :

F : Frekuensi

FR : Frekuensi Relatif

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai frekuensi (F) dan frekuensi relatif (FR) paling tinggi pada perkebunan apel semiorganik yakni genus *Pontoscolex* dengan nilai (F) 96,67 dan (FR) 33,34% yang berarti jenis assesori, kemudian nilai frekuensi (F) dan frekuensi relatif (FR) paling rendah yakni genus *Pheretima* dengan nilai (F) 56,67 dan (FR) 19,54% yang berarti jenis aksidental. Menurut Su'in (2012) frekuensi relatif (FR) merupakan frekuensi kehadiran yang menunjukkan suatu organisme yang sering hadir atau sering ditemukan pada suatu habitat, sehingga apabila nilai frekuensi relatif (FR) tinggi maka organisme tersebut akan sering ditemukan pada habitat tersebut.

Hasil penelitian pada perkebunan apel konvensional menunjukkan nilai frekuensi (F) dan frekuensi relatif (FR) paling tinggi yakni (F) 56,67 dan (FR)

41,06% yang berarti jenis assessori dari genus *Pontoscolex*, dan nilai frekuensi (F) dan frekuensi relatif (FR) paling rendah yakni (F) 1,30 dan (FR) 0,95% dari genus *Amyntas* yang berarti jenis assessori. Frekuensi didalam suatu habitat digunakan untuk menyatakan jumlah plot sampel yang ditemukan suatu spesies terhadap jumlah total plot sampel yang digunakan. (Yuliantoro & Frianto, 2019).

Hasil penelitian dari kedua lahan perkebunan apel menunjukkan bahwasannya cacing tanah yang memiliki nilai frekuensi (F) dan frekuensi relatif (FR) tertinggi yakni sama-sama dari genus *Pontoscolex*. Pada perkebunan apel semiorganik hasil nilai frekuensi (F) 96,67 dan (FR) 33,34%, sedangkan pada perkebunan apel konvensional hasil nilai frekuensi (F) 56,67 dan (FR) 41,06%. Hal tersebut disebabkan karena genus *Pontoscolex* ditemukan hampir tersebar secara merata yakni >50% dari plot penelitian yang dibuat. Adapun menurut Maftu'ah & Susanti (2009) genus *Pontoscolex* merupakan genus yang memiliki rentang toleran yang tinggi terhadap perubahan dari kondisi suatu lingkungan, serta genus *Pontoscolex* dapat tinggal dibeberapa habitat seperti, lahan pertanian, padang rumput hingga semak-semak belukar.

#### **4.2.5 Hasil indeks Nilai Penting (INP)**

Indeks nilai penting (INP) merupakan indeks yang dapat menyatakan tingkat dominansi spesies dalam suatu komunitas (Soegianto, 1994). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada lahan perkebunan apel konvensional dan semiorganik didapatkan nilai indeks nilai penting (INP) cacing tanah seperti pada tabel berikut:

**Tabel 4.6 Indeks Nilai Penting (INP)**

Genus	Semiorganik			Konvensional		
	KR (%)	FR (%)	INP (%)	KR (%)	FR (%)	INP (%)
<i>Pontoscolex</i>	35,95	33,34	69,29	37,77	41,06	78,83
<i>Amynthas</i>	17,20	21,83	39,03	1,80	0,95	2,75
<i>Peryonix</i>	30,70	25,29	55,99	17,02	21,75	38,77
<i>Pheretima</i>	16,15	19,54	35,69	43,41	36,24	79,65
Jumlah	100	100	200	100	100	200

Keterangan :

KR : Kepadatan Relatif

FR : Frekuensi Relatif

INP : Indeks Nilai Penting

Berdasarkan hasil dari indeks nilai penting (INP) yang tertinggi pada perkebunan apel semiorganik yakni 69,29% genus *Pontoscolex*, sedangkan pada perkebunan konvensional nilai INP yang tertinggi yakni 79,65% genus *Pheretima*. Banyaknya cacing tanah genus *Pontoscolex* dan genus *Pheretima* yang ditemukan mengindikasikan bahwa genus tersebut memiliki peran yang penting terhadap masing-masing lahan. Menurut Yulianto & Frianto (2019) Indeks nilai penting (INP) suatu jenis spesies pada suatu komunitas adalah salah satu parameter yang dapat menunjukkan peranan spesies tersebut didalam komunitasnya. Hasil penelitian tersebut juga sejalan dengan Su'in (2012) yang menyebutkan bahwa di Indonesia cacing tanah genus *Pontoscolex* dan genus *Pheretima* merupakan genus yang sering ditemukan.

Indeks nilai penting (INP) merupakan indeks yang digunakan untuk mengetahui penguasaan suatu spesies didalam suatu komunitas (Utami & Putra, 2020). Adapun menurut Parmadi dkk. (2016) menyebutkan bahwa untuk mengetahui pentingnya peran suatu spesies didalam habitatnya dapat menggunakan indeks nilai penting (INP) sebagai salah satu parameter kuantitatif.

Tingginya indeks nilai penting (INP) genus *Pontoscolex* pada lahan perkebunan apel semiorganik disebabkan oleh genus cacing tanah *Pontoscolex* yang dianggap mampu bertahan hidup pada berbagai macam perubahan yang ada dilingkungan termasuk pada lahan semiorganik. Pada lahan perkebunan apel konvensional tingginya hasil indeks nilai penting (INP) pada genus cacing tanah *Pheretima* disebabkan karena kelembaban pada kebun konvensional lebih tinggi daripada kebun semiorganik (tabel 4.7). Su'in (2012) menyebutkan bahwa habitat yang disenangi oleh genus *Pheretima* ialah tanah yang lembab.

### 4.3 Hasil Parameter Fisika dan Kimia Tanah

#### 4.3.1 Hasil analisis faktor fisika tanah

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada lahan perkebunan apel konvensional dan semiorganik didapatkan hasil dari analisis faktor fisika tanah, baik yang dilakukan secara langsung pada lokasi penelitian maupun di laboratorium, seperti yang ditampilkan pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.7 Rata-rata faktor fisika tanah pada perkebunan apel semiorganik dan konvensional di Kecamatan Bumiaji Kota Batu**

No	Faktor Fisika	Semiorganik	Konvensional
1	Suhu (°C)	22,03	23,10
2	Kelembaban (%)	81,03	81,50
3	Kadar air (%)	39,99	40,71

Parameter fisika tanah merupakan salah satu indikator untuk mengetahui kualitas tanah (Juarti, 2016). Terdapat beberapa parameter fisika tanah yang dapat diukur, beberapa diantaranya yang dilakukan pada penelitian ini yakni meliputi: Suhu, kelembaban, kadar air dan tekstur tanah. Berdasarkan tabel 4.7 diketahui yang pertama yakni rata-rata nilai suhu tanah pada perkebunan apel semiorganik

sebesar  $22,03^{\circ}\text{C}$  , sedangkan pada perkebunan apel konvensional yakni  $23,10^{\circ}\text{C}$ . Perbedaan suhu dapat terjadi dikarenakan tempat perkebunan apel konvensional terletak pada dataran yang lebih tinggi daripada kebun apel semiorganik.

Suhu merupakan salah satu sifat fisika yang sangat penting untuk diketahui karena dapat berhubungan secara langsung dengan tanaman atau bahkan dapat mempengaruhi tanaman, selain itu juga dapat berpengaruh pada kelembaban, aktivitas biota tanah serta proses dekomposisi. Aktivitas biota tanah akan optimum dan menguntungkan pada rentang suhu  $18-30^{\circ}\text{C}$  (Hanafiah, 2014). Adapun menurut Huda (2016) Suhu yang baik untuk habitat cacing yakni antara  $15-25^{\circ}\text{C}$  atau suhu yang lebih dari  $25^{\circ}\text{C}$  masih memungkinkan dengan catatan kelembaban optimal. Apabila suhu sangat rendah dapat mengakibatkan telur cacing (kokon) sulit untuk menetas. Sehingga, apabila melihat dari data diatas dapat dikatakan kedua perkebunan lokasi penelitian memiliki suhu yang optimum bagi cacing tanah.

Kelembaban merupakan jumlah air yang tersimpan pada pori-pori tanah. Kelembaban tanah memiliki sifat sangat dinamis yang dapat disebabkan oleh penguapan pada permukaan tanah, perkolasi dan transpirasi (Suyono & Sudarmadi, 1997). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil rata-rata kelembaban tanah pada perkebunan apel semiorganik yakni  $81,03\%$ , sedangkan pada perkebunan apel konvensional mendapatkan hasil lebih tinggi sedikit yakni  $81,45\%$ . Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Zulkarnain (2019) yang menyatakan bahwa kelembaban yang ideal untuk habitat cacing tanah yakni  $60\%-80\%$ . Kelembaban tanah sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup cacing tanah yakni untuk menjaga kelembaban kulit cacing agar tetap berfungsi dengan normal (Brata, 2006).

Parameter penelitian yang dilakukan berikutnya yakni analisis kadar air tanah. Kadar air tanah merupakan konsentrasi air didalam tanah yang umumnya dinyatakan dengan berat kering tanah (Sutanto, 2005). Diketahui hasil rata-rata kadar air pada perkebunan apel semiorganik yakni 39,99% dan pada perkebunan apel konvensional adalah 40,71%. Kadar air tanah merupakan komponen yang penting bagi kelangsungan hidup cacing tanah dikarenakan 70%-90% bobot dari tubuh cacing tanah terdiri dari air (Anas, 1990). Adapun menurut Indranada (1994) terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kadar air tanah yakni: kedalaman solum, iklim, struktur dan tekstur tanah.

**Tabel 4.8 Hasil analisis tekstur tanah pada perkebunan apel semiorganik dan konvensional di Kecamatan Bumiaji Kota Batu**

Lokasi	Tekstur			Keterangan
	Pasir(%)	Debu(%)	Liat (%)	
Semiorganik I	4	32	60	Liat
Semiorganik II	3	36	61	Liat
Semiorganik III	9	29	62	Liat
Konvensional I	4	58	38	Liat
Konvensional II	6	36	58	Liat
Konvensional III	7	40	53	Liat

Parameter fisik pada penelitian yang terakhir yakni tekstur tanah. Tekstur tanah dapat menunjukkan perbandingan antara fraksi liat, debu dan pasir, sehingga dapat menunjukkan keadaan kasar halusnya tanah (Agus dkk., 2006). Pada analisis tanah bahan organik tanah harus didestruksikan terlebih dahulu dengan hidrogen peroksida. Hasil penelitian pada kedua lahan perkebunan apel menunjukkan hasil yang sama yakni tanahnya bertekstur liat meski jumlah persentase masing-masing fraksinya tidak sama (tabel 4.8).



Pada hasil penelitian diketahui hasil presentase fraksi liat perkebunan semiorganik lebih tinggi apabila dibandingkan dengan konvensional. Menurut hasil penelitian Tangketasik dkk. (2012) menyebutkan bahwasannya terdapat korelasi yang positif antara kandungan C-organik dengan fraksi liat, hal tersebut mengindikasikan bahwa semakin tinggi kadar fraksi liat maka akan semakin tinggi kadar C-organik tanah. Selain dari hal tersebut diketahui terdapat beberapa faktor lain yang dapat mempengaruhi tekstur tanah yakni, kadar air, bahan induk, waktu, topografi dan organisme tanah (Hardjowigeno, 1995).

Pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran ketebalan seresah pada kedua lahan. Seresah merupakan sampah organik yang umumnya dapat berupa tumpukan daun gugur, ranting atau akar yang mati. Seresah adalah makanan cacing tanah, sehingga tingginya masukan seresah akan sangat berpengaruh terhadap sediaan bahan organik serta aktivitas cacing tanah (Putri, 2018).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan hasil pengukuran ketebalan terhadap seresah. Pada perkebunan apel semiorganik rata-rata ketebalan seresah yakni 4,2 cm, sedangkan pada perkebunan apel konvensional yakni 1,9 cm. Seresah pada perkebunan terdiri dari daun kering dan ranting yang jatuh serta terdapat sekam padi, sedangkan pada perkebunan konvensional seresah hanya terdiri dari daun dan ranting kering yang jatuh. Menurut penelitian Alvinando (2021) sekam padi dapat dijadikan salah satu alternatif pupuk organik dikarenakan sekam padi dapat membantu menggemburkan tanah serta dapat mengikat unsur-unsur hara makro seperti N, P dan K.

Seresah adalah bahan utama dari makanan cacing tanah sehingga dengan adanya seresah didalam suatu lahan akan berpengaruh terhadap jumlah dan jenis

cacing tanah yang ada (Putri, 2018). Hasil penelitian Roslim dkk. (2013) juga menunjukkan bahwa pemberian media serasah tambahan yakni selain daun dan ranting tanaman, sangat baik untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan cacing genus *Amyntas* oleh karena hal tersebut maka sesuai dengan hasil pada penelitian ini yakni cacing genus *Amyntas* lebih banyak ditemukan pada perkebunan apel semiorganik dikarenakan pada perkebunan semiorganik lebih banyak serasah daripada perkebunan apel konvensional.

### 5.3.2 Hasil analisis faktor kimia

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada lahan perkebunan apel konvensional dan semiorganik didapatkan hasil analisis faktor kimia tanah yang dilakukan di laboratorium seperti yang ditampilkan pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.9 Rata-rata faktor kimia tanah pada perkebunan apel semiorganik dan konvensional di Kecamatan Bumiaji Kota Batu**

No	Faktor Kimia	Semiorganik	Konvensional
1	pH	5,65	5,88
2	Bahan organik (%)	2,20	2,22
3	N Total (%)	0,10	0,10
4	C-organik (%)	1,27	1,28
5	C/N Nisbah	12, 25	12,55
6	P (mg/kg)	15,59	12,98
7	K (mg/100)	0,30	0,15

Hasil penelitian yang dilakukan pada parameter pertama yakni uji keasaman (pH). Diketahui pada lahan perkebunan apel semiorganik memperoleh nilai rata-rata 5,65, sedangkan nilai rata-rata pH pada perkebunan konvensional lebih tinggi sedikit yakni 5,88. Pada perkebunan semiorganik diberi tambahan kapur dolomit pada tanah dengan tujuan untuk meningkatkan pH. Tanaman apel menurut Hanafiah (2014) memiliki kisaran pH yang optimum yakni rentang 5,0-6,5. Akan

tetapi untuk cacing nilai rata-rata dari kedua lahan tersebut tergolong pada asam dan hanya beberapa cacing tanah saja yang dapat toleran terhadap kondisi lingkungan yang asam. Pada umumnya cacing tanah dapat tumbuh dan berkembang pada pH netral yakni rentang 6-7 (Zulkarnain dkk., 2019). Adapun juga menurut Kale & Karmegam (2010) pH optimum cacing tanah yakni 6-7,5. Akan tetapi selain pH kelangsungan hidup cacing juga dapat ditentukan oleh faktor kondisi lingkungan yang lain.

Bahan organik adalah kumpulan dari berbagai macam senyawa kompleks yang sedang atau sudah didekomposisi. Menurut Hanafiah (2014) sumber bahan organik terbagi menjadi 2 yakni primer dan sekunder, primer berasal dari seluruh jaringan tanaman (daun, batang, akar, buah), dan sekunder berasal dari jaringan fauna termasuk juga kotorannya. Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis bahan organik tanah didapatkan nilai rata-rata pada perkebunan apel semiorganik yakni 2,20%, dan pada perkebunan apel konvensional yakni 2,22%. Menurut Nasirudin & Hidayat (2019) nilai dari bahan organik tergolong sangat rendah yakni apabila  $<2\%$ , dan tergolong rendah  $>2\%$ , total seluruhnya nilai bahan organik yakni rentang 2-10%. Adapun menurut (Isnaini, 2006) nilai bahan organik pada lahan pertanian di Indonesia tidak sedikit yang masih kurang dari 2% atau 1%. Hal tersebut diindikasikan bahwa penggunaan bahan kimia dalam praktek pertanian dapat mengakibatkan penurunan tingkat bahan organik tanah.

Hasil rata-rata nilai nitrogen total (N-total) pada masing-masing lahan yakni, lahan perkebunan apel semiorganik 0,10% dan lahan perkebunan apel konvensional 0,10%. Nilai yang didapatkan dari kedua lahan tersebut sama yakni termasuk dalam kategori sangat rendah. Menurut Hanafiah (2014) untuk

mendapatkan hasil panen apel 5,08 ton/ha dibutuhkan maksimal nitrogen total (N-total) yakni 33,6. Adapun menurut Wibowo (2015) nilai minimal standart normal nitrogen total (N-total) pada tanah pertanian yakni 0,25-0,5%. Nitrogen tidak hanya dibutuhkan oleh tanaman saja akan tetapi dibutuhkan biota tanah untuk kelangsungan hidupnya. Penambahan unsur hara nitrogen dapat dilakukan dengan penambahan pupuk kimia atau kandang. Perkebunan semiorganik pada lokasi penelitian menggunakan pupuk kandang dari kotoran ayam, akan tetapi menurut Roslim dkk. (2013) cacing tanah lebih menyukai kotoran sapi daripada kotoran ternak yang lain dikarenakan kotoran sapi lebih banyak mengandung unsur nitrogen.

Hasil analisis C-organik menunjukkan nilai rata-rata pada perkebunan apel semiorganik sebesar 1,27% sedangkan pada perkebunan apel konvensional yakni sebesar 1,28%. Hasil rata-rata dari kedua kebun tersebut menunjukkan nilai yang rendah (LPT, 1983). Adapun rentangan kadar tingkat C-organik dalam tanah menurut Nurrohman (2017) yakni, kadar C-organik <2% termasuk kategori rendah, >2-3% termasuk kategori sedang, dan >3-5% kategori tinggi, dan apabila melebihi 5% termasuk sangat tinggi. Berdasarkan hasil penelitian Putri dkk. (2019) menyebutkan bahwa kadar C-organik didalam tanah dapat menjadi rendah ketika jumlah kepadatan fauna tanah melimpah, hal tersebut dikarenakan jumlah sediaan C-organik tidak seimbang dengan penggunaannya, C-organik didalam tanah digunakan fauna tanah dan tanaman untuk kelangsungan hidupnya.

Hasil penelitian pada analisis C/N nisbah yang ditunjukkan pada tabel 4.9 yakni rata-rata C/N nisbah pada perkebunan apel semiorganik sebesar 12,25 dan pada perkebunan apel konvensional sebesar 12,55. Diketahui hasil C/N nisbah pada

perkebunan apel semiorganik lebih rendah daripada perkebunan apel konvensional, akan tetapi hasil dari kedua lahan termasuk kategori sedang, hasil tersebut mengindikasikan bahwa laju proses dekomposisi pada perkebunan apel semiorganik lebih cepat daripada kebun konvensional, dikarenakan kecepatan biota tanah dalam proses dekomposisi dipengaruhi oleh C/N nisbah (Gunawan dkk. 2019). Menurut Setyaningsih dkk. (2017) cacing tanah menyukai bahan organik yang memiliki kualitas tinggi yakni yang memiliki nilai nisbah C/N rendah atau <10. Adapun menurut Kesumaningwati (2016) nisbah C/N yang baik dan stabil yakni terdapat pada rentang 0-20, apabila lebih dari nilai tersebut maka menunjukkan nitrogen belum termineralisasi, sehingga tidak tersedia untuk tanah.

Hasil analisis pada parameter fosfor (P) pada tabel 4.9 menunjukkan nilai rata-rata P pada perkebunan apel semiorganik yakni sebesar 15,59 mg/kg, sedangkan pada perkebunan apel konvensional didapatkan hasil rata-rata yang lebih rendah yakni 12,98 mg/kg. Menurut Agustina dkk. (2020) nilai fosfor (P) pada perkebunan apel semiorganik termasuk kategori sedang, dan nilai fosfor (P) pada perkebunan apel konvensional termasuk kategori rendah. Perbedaan nilai tersebut dikarenakan jumlah organisme pendekomposisi yakni cacing tanah lebih banyak pada perkebunan apel semiorganik daripada perkebunan apel konvensional.

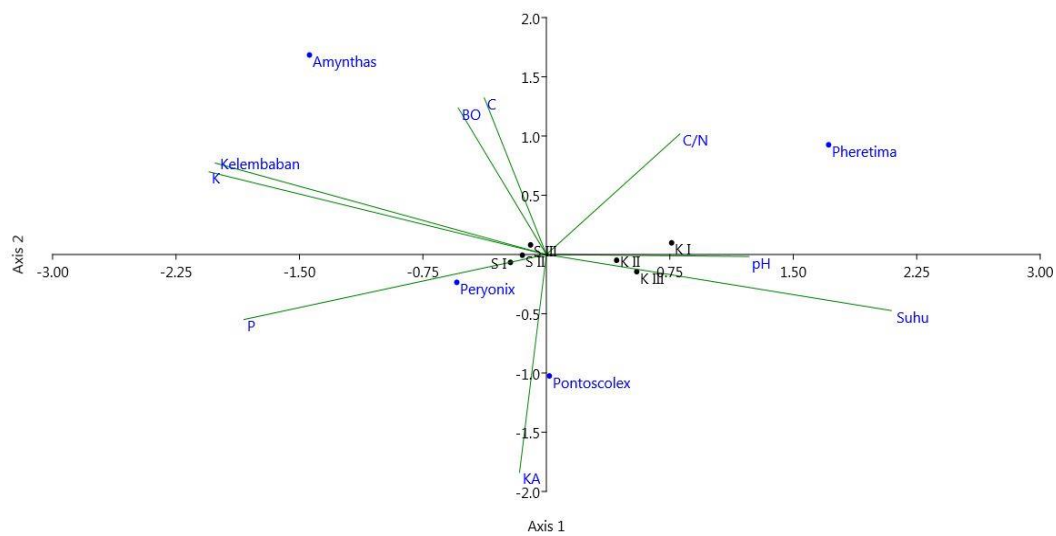
Menurut Yuliprianto (2009) menjelaskan bahwa perombakan pada bahan organik dapat dipercepat dengan bantuan organisme tanah yang kemudian dapat menyebabkan unsur hara yakni P-tersedia di dalam tanah meningkat. Adapun menurut Husain & Mahmudati. (2015) menyebutkan tingginya kandungan P ditentukan oleh kepadatan cacing tanah karena cacing tanah dapat mempercepat proses mineralisasi P melalui proses pencernaan cacing yang akan dikeluarkan

sebagai kascing sehingga tersedia di dalam tanah. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kadar P didalam tanah yakni, ketersediaan bahan organik yang cukup, serta ketersediaan oksigen yang memadai (aerasi) sehingga mampu membuat fauna tanah menguraikan bahan organik yang ada (Barchia, 2009). Adapun menurut Hanafiah (2012) selain dari bahan organik, fosfor (P) juga bersumber dari pelapukan batuan dan unsur P merupakan unsur yang penting didalam proses pembentukan biji & buah.

Parameter yang terakhir yakni analisis kalium (K) tanah yang ditunjukkan pada tabel 4.9. Berdasarkan tabel tersebut diketahui nilai rata-rata K pada perkebunan apel semiorganik yakni 0,30 mg/100 dan pada perkebunan apel konvensional sebesar 0,15 mg/100. Nilai kalium (K) pada perkebunan apel semiorganik termasuk pada kategori sedang, dan nilai kalium (K) pada perkebunan apel konvensional termasuk dalam kategori rendah (Agustina dkk., 2020). Adapun menurut Conyers *et al.* (2003) menyebutkan bahwa salah satu cara yang dapat dimanfaatkan petani sebagai sumber unsur hara kalium (K) yakni dengan memanfaatkan kembali limbah sisa tanaman pertanian (daun, ranting, buah) sebagai pupuk, sebagai contoh sebanyak 89% kalium (K) yang diserap oleh tanaman berasal dari jerami dan sekam padi. Hal tersebut sesuai dengan keadaan lokasi penelitian pada perkebunan semiorganik yakni penggunaan pupuk kandang yang disertai dengan sekam padi. Selain penambahan dari pupuk organik kepadatan cacing tanah berdasarkan penelitian Sutanahaji dkk. (2019) juga dapat menambahkan kadar unsur kalium (K) didalam tanah.

#### 4.4 Korelasi Faktor Fisika Kimia dengan Kepadatan Cacing Tanah

Analisis korelasi merupakan salah satu analisis yang dapat dimanfaatkan untuk mengetahui adanya hubungan antara faktor lingkungan dengan kepadatan cacing tanah. Hasil analisis uji korelasi ditunjukkan pada gambar 4.5 berikut ini:



**Gambar 4.5. Grafik triplot CCA genus cacing tanah dan faktor fisika kimia tanah**

Berdasarkan hasil analisis korespondensi kanonik (*Canonical Correspondence Analysis/CCA*) yang telah dilakukan diketahui bahwa, korelasi pada perkebunan konvensional ditunjukkan dengan C/N nisbah berkaitan dengan genus cacing tanah *Pheretima*. Sedangkan korelasi pada perkebunan semiorganik ditunjukkan dengan kadar air (KA) berkaitan dengan genus cacing tanah *Pontoscolex*, unsur hara fosfor (P) berkaitan dengan genus cacing tanah *Peryonix*, serta yang terakhir unsur hara kalium (K), kelembaban tanah, bahan organik (BO) dan C-organik berkaitan dengan genus cacing tanah *Amynthus*. Menurut Suheriyanto dkk. (2019) analisis korespondensi kanonik merupakan analisis yang dapat digunakan untuk mengetahui hubungan antara faktor abiotik dengan

kelimpahan cacing tanah. Hertika dkk. (2021) juga menambahkan bahwa analisis CCA merupakan metode multivariate yang menghubungkan antara data dari variabel bebas dan variabel terikat.

Pada penelitian juga dilakukan analisis korelasi pearson dengan perolehan data sebagai berikut:

**Tabel 4.10 Korelasi kepadatan cacing tanah dengan faktor fisik-kimia tanah**

No	Parameter	Koefisien Korelasi			
		<i>Pontoscolex</i>	<i>Amynthas</i>	<i>Peryonix</i>	<i>Pheretima</i>
1	Suhu	-0,83472	-0,019089	-0,87152	-0,69933
2	Kadar Air	0,019089	-0,051858	-0,11324	-0,17701
3	Kelembaban	0,79322	0,80131	0,77835	0,62376
4	pH	-0,56337	-0,60076	-0,52575	-0,69932
5	C-organik	0,16818	0,18522	0,1356	0,25494
6	N-total	0	0	0	0
7	C/N	-0,30527	-0,27716	-0,35352	0,024588
8	BO	0,19229	0,20589	0,20044	0,18537
9	P	0,76923	0,73769	0,67169	0,51571
10	K	0,88001	0,91281	0,92374	0,74122

Berdasarkan tabel 4.10 diketahui hasil nilai korelasi yakni antara kepadatan cacing tanah genus *Peryonix* dengan suhu yang menghasilkan nilai korelasi tertinggi yakni -0,87152 (sangat kuat). Nilai tersebut menunjukkan hasil korelasi yang negatif menandakan bahwa korelasi berbanding terbalik yang artinya, apabila suhu tanah semakin tinggi maka kepadatan cacing tanah akan semakin rendah. Hal tersebut sesuai dengan hasil pada penelitian yakni cacing tanah yang ditemukan pada perkebunan semiorganik lebih tinggi daripada perkebunan apel konvensional. Suhu merupakan faktor fisika yang sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup hewan tanah utamanya disini cacing tanah (Utari, 2017), apabila suhu



lingkungan terlalu tinggi dapat mengganggu metabolisme cacing dan terlalu rendah dapat menyebabkan telur cacing sulit menetas (Huda,2016).

Hasil korelasi antara kepadatan cacing tanah dengan kadar air menunjukkan nilai tertinggi yakni pada genus *Pheretima* dengan nilai  $-0,17701$  (sangat rendah). Hasil korelasi tersebut menunjukkan korelasi negatif yang memiliki arti korelasi berbanding terbalik, sehingga apabila kadar air semakin tinggi maka kepadatan cacing tanah akan rendah. Kadar air optimum yang dapat ditemukan cacing dalam jumlah yang banyak yakni 12%-30% (Anas, 1990).

Hasil analisis uji korelasi antara kepadatan cacing tanah dengan kelembaban menunjukkan nilai korelasi tertinggi yakni pada genus *Amyntas* dengan nilai  $0,80131$  (sangat kuat). Hasil tersebut menunjukkan korelasi yang positif yang memiliki arti korelasi berbanding lurus, sehingga apabila kelembaban tanah semakin tinggi maka kepadatan cacing tanah akan tinggi. Selain suhu dan kadar air, kelembaban tanah juga sangat berpengaruh terhadap aktivitas dari cacing tanah, cacing tanah akan mudah ditemukan pada kelembaban optimum yakni antara 60%-80% (Zulkarnain, 2019).

Berdasarkan hasil analisis uji korelasi antara kepadatan cacing tanah dengan pH menunjukkan nilai korelasi yang tertinggi yakni pada genus *Pheretima* dengan nilai  $-0,69932$  (kuat). Hasil korelasi menunjukkan korelasi negatif yang berarti korelasinya berbanding terbalik, sehingga apabila pH semakin tinggi maka kepadatan cacing tanah akan rendah. Keasaman tanah (pH) sangat menentukan keberlangsungan hidup cacing tanah, dikarenakan umumnya cacing tanah dapat hidup optimum pada keasaman tanah (pH) yang netral tidak terlalu tinggi atau rendah yakni 6-7 (Zulkarnain dkk. 2019).

Hasil analisis korelasi antara kepadatan cacing tanah dengan C-organik menunjukkan nilai korelasi tertinggi pada genus *Pheretima* yakni sebesar 0,25494 (rendah). Hasil tersebut menunjukkan korelasi positif yang memiliki arti korelasi berbanding lurus, sehingga apabila C-organik tanah semakin tinggi maka kepadatan cacing tanah juga akan tinggi. Hal tersebut sesuai dengan Jayanthi dkk. (2014) yang menyebutkan bahwa semakin tinggi C-organik didalam tanah maka semakin padat jumlah cacing tanah yang ditemukan. Oleh karena hal tersebut Putri dkk. (2019) menambahkan unsur C-organik yang terdapat didalam tanah sangat diperlukan fauna tanah untuk menunjang proses hidupnya.

Hasil analisis korelasi antara kepadatan cacing tanah dengan N-total menunjukkan nilai korelasi 0 atau tidak diketahui korelasinya, karena memiliki hasil yang konstan atau sama pada setiap ulangnya. Unsur nitrogen total (N-total) merupakan salah satu unsur yang sangat penting untuk fauna tanah didalam keberlangsungan hidup, seperti pada proses pemeliharaan sel tubuh (Putra dkk., 2017).

Hasil analisis uji korelasi antara kepadatan cacing tanah dengan parameter C/N menunjukkan nilai korelasi yang tertinggi yakni pada genus *Peryonix* dengan nilai -0,35352 (rendah). Hasil nilai korelasi menunjukkan adanya korelasi negatif yang berarti korelasinya berbanding terbalik, sehingga apabila C/N tinggi maka kepadatan cacing tanah akan rendah. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yakni cacing tanah lebih banyak ditemukan pada perkebunan apel semiorganik yang memiliki nilai C/N 12,25, daripada perkebunan apel konvensional yang memiliki nilai C/N 12,55. Adapun menurut Sulistyorini dkk. (2021) C/N adalah salah satu faktor kimia yang dapat menunjukkan laju dekomposisi bahan organik,

sehingga menurut Sitompul dkk. (2017) apabila nilai C/N semakin tinggi maka dapat menyebabkan proses dekomposisi semakin lama.

Hasil analisis korelasi antara kepadatan cacing tanah dengan bahan organik (BO) menunjukkan nilai korelasi yang tertinggi yakni pada cacing tanah genus *Amyntas* dengan nilai sebesar 0,20589 (rendah). Hasil dari nilai tersebut menunjukkan korelasi positif yang berarti korelasinya berbanding lurus, sehingga apabila kandungan bahan organik (BO) tanah tinggi maka kepadatan cacing tanah juga akan tinggi. Bahan organik (BO) merupakan kumpulan dari berbagai macam senyawa kompleks baik dari sisa tumbuhan maupun hewan serta bahan organik adalah sumber energi bagi seluruh fauna tanah termasuk cacing tanah (Hanfiah, 2014).

Hasil analisis uji korelasi berikutnya yakni antara cacing tanah dengan parameter fosfor (P), berdasarkan tabel 4.10 menunjukkan nilai korelasi yang tertinggi yakni pada cacing tanah genus *Pontoscolex* dengan nilai 0,76923 (kuat). Hasil dari nilai analisis tersebut menunjukkan hubungan korelasi positif yang menandakan korelasinya berbanding lurus, sehingga apabila kandungan fosfor (P) tinggi maka kepadatan cacing tanah juga akan tinggi. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan yakni cacing tanah lebih banyak ditemukan pada perkebunan semiorganik yang memiliki nilai fosfor (P) 15,59 mg/kg, daripada perkebunan konvensional yang memiliki nilai fosfor (P) 12,98 mg/kg. Fosfor (P) merupakan salah satu unsur yang dapat diciptakan dari proses dekomposisi oleh cacing tanah (Hanafiah, 2014). Fosfor (P) sangat dibutuhkan tanaman untuk keberlangsungan metabolisme energi (Punuindoong dkk., 2021).

Hasil analisis uji korelasi yang terakhir yakni antara unsur kalium (K) dengan kepadatan cacing tanah, berdasarkan tabel 4.10 menunjukkan nilai korelasi yang tertinggi yakni pada cacing tanah genus *Peryonix* dengan nilai 0,92374 (sangat kuat). Berdasarkan analisis tersebut menunjukkan adanya hubungan korelasi positif yang artinya korelasi berbanding lurus, sehingga apabila kandungan kalium (K) tinggi maka kepadatan cacing tanah akan tinggi. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Puspitasari (2008) yang menyebutkan bahwa tanah dengan kandungan unsur kalium tinggi maka kepadatan cacing tanah akan tinggi, sebab unsur kalium (K) sangat berpengaruh terhadap tingkat kesuburan tanah (Punuindoong dkk., 2021). Hasil tersebut sesuai dengan pengamatan yang telah dilakukan yakni diketahui kandungan kalium (K) pada perkebunan apel semiorganik lebih tinggi 0,30 mg/100, daripada perkebunan apel konvensional 0,15 mg/100 sehingga menyebabkan perbedaan jumlah kepadatan cacing tanah pada kedua lahan tersebut.

#### 4.5 Hasil Analisis Bioindikator

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan didapatkan hasil analisis nilai indikator (IndVal) genus cacing tanah yang berpotensi sebagai bioindikator kualitas tanah pada perkebunan apel semiorganik dan perkebunan apel konvensional, data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.11 Hasil analisis nilai indikator (IndVal) menggunakan R-studio**

Jenis Perkebunan	Genus	Indikator value	p-value
Semiorganik	<i>Pontoscolex</i>	0,857	0,001
	<i>Amyntas</i>	0,824	0,001
	<i>Peryonix</i>	0,809	0,001

Hasil analisis nilai indikator (IndVal) pada tabel 4.10 menunjukkan bahwa pada perkebunan apel semiorganik genus *Pontoscolex* mendapatkan nilai indikator

yakni 0,857 dengan *p-value* 0,001 (*p-value* < 0,05), kemudian genus *Amyntas* dengan nilai indikator 0,824 dan *p-value* 0,001 (*p-value* < 0,05), serta genus terakhir yakni genus *Peryonix* dengan nilai indikator 0,809 serta *p-value* 0,001 (*p-value* < 0,05). Ketiga genus cacing tanah tersebut merupakan genus yang berpotensi sebagai bioindikator kualitas tanah pada perkebunan apel semiorganik dengan hasil *p-value* <0,05. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Suheriyanto dkk. (2019) yang menyebutkan bahwa serangga yang berpotensi menjadi bioindikator kualitas tanah pada perkebunan apel semiorganik atau konvensional adalah serangga yang memiliki hasil *p-value* <0,05. Berdasarkan analisis nilai indikator (IndVal) diperoleh hasil hanya pada perkebunan semiorganik, hasil tersebut dikarenakan ekosistem tanah pada perkebunan semiorganik lebih baik daripada perkebunan konvensional.

Nilai indikator (IndVal) adalah metode yang cukup akurat untuk menguji nilai indikasi suatu spesies terhadap ekosistem (Pribadi, 2014). Metode tersebut dikembangkan oleh Dufrene & Legendre (1997) yang menyatakan bahwasannya nilai indikator spesies dapat dinilai dari pola distribusi suatu spesies terhadap habitat atau kekhususan spesies di suatu habitat (spesifisitas) dan frekuensi kehadiran spesies pada suatu habitat, umumnya berkaitan dengan kelimpahan (fidelitasnya).

Ciri-ciri spesies bioindikator diantaranya adalah kekayaannya melimpah, mudah ditangkap, memiliki peran yang penting dalam suatu ekosistem, cukup sensitif atau toleran terhadap adanya perubahan lingkungan termasuk praktik pengelolaan lahan (da Rocha *et al.*, 2010). Adapun menurut Gupta & Yeates (1998) terdapat beberapa kriteria yang harus dipenuhi spesies untuk dapat menjadi

bioindikator kualitas tanah yakni: sensitif terhadap perubahan pengelolaan lahan, memiliki jumlah yang tersebar secara luas dan terukur dalam perhitungannya, serta memiliki peran yang penting pada ekosistem tanah. Cacing tanah salah satu fauna tanah yang masuk didalam ciri-ciri tersebut, sehingga dapat dijadikan salah satu spesies indikator kualitas tanah (Husamah & Rahardjanto, 2019).

#### 4.6 Hasil Penelitian Cacing Tanah dalam Perspektif Al-Qur'an

Tanah merupakan salah satu faktor penting bagi kehidupan berbagai makhluk ciptaan Allah SWT di bumi alam semesta, baik itu manusia, hewan ataupun tumbuhan. Kesuburan tanah menjadi komponen yang sangat penting bagi setiap manusia khususnya petani apabila menginginkan hasil panen yang baik, oleh karenanya Allah SWT berfirman mengenai kesuburan tanah pada QS Al-A'raf ayat 58 yang berbunyi:

وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ يَخْرُجُ نَبَاتُهُ بِإِذْنِ رَبِّهِ وَالَّذِي خَبثَ لَا يَخْرُجُ إِلَّا نَكِدًا كَذَلِكَ  
نُصِرَفَ آلِ آيَاتِ الْقَوْمِ يَشْكُرُونَ

Artinya: “Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seizin Allah; dan tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya hanya tumbuh merana. Demikianlah Kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (Kami) bagi orang-orang yang bersyukur”. (QS Al-A'raf [7]: 58).

Tafsir ayat tersebut menurut dari tafsir Al-Mukhtashar yakni tanah yang subur atau baik dapat menumbuhkan hasil tanaman yang sempurna dan baik pula tentu dengan atas izin Allah SWT. Sebaliknya tanah yang tandus tidak akan mampu untuk menghasilkan tanaman yang baik dan sempurna. Adanya bukti-bukti tersebut senantiasa untuk membuktikan nikmat-nikmat Allah SWT bagi orang yang bersyukur dan tidak mengingkari serta senantiasa patuh terhadap seluruh perintah Allah SWT. Sehingga dari tafsir ayat tersebut dapat kita ketahui

pentingnya tanah yang subur dan pentingnya menjaga tanah agar tetap subur guna menumbuhkan tanaman-tanaman yang sempurna (Humaid, 1998).

Pentingnya untuk mengetahui serta menjaga kesuburan tanah tidak pernah lepas dengan campur tangan manusia. Manusia sebagai *kholifah fil ardh* atau pemimpin di bumi bukan penguasa yang memiliki tugas salah satunya yakni, menjaga keutuhan dan kelestarian alam semesta beserta keseimbangan ekologisnya termasuk kualitas tanah agar tetap subur (Minarno, 2017). Cara yang dapat dilakukan untuk mengetahui kesuburan tanah yakni dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya yang telah dilakukan pada penelitian ini meliputi melakukan analisis terhadap sifat fisika, kimia serta biologis tanah.

Pengamatan sifat fisik tanah dilakukan pada lokasi penelitian, pengamatan analisis sifat kimia tanah telah dilakukan di laboratorium dan terakhir pengamatan biologis tanah dilakukan dengan cara menganalisis keanekaragaman serta kepadatan fauna tanah yakni salah satunya cacing tanah. Cacing tanah yang ditemukan pada perkebunan apel semiorganik dan konvensional terbagi menjadi 4 genus yakni: genus *Pontoscolex*, *Amyntas*, *Peryonix* dan *Pheretima*. Allah SWT menciptakan makhluk lengkap dengan manfaatnya, beberapa contoh manfaat dari cacing tanah menurut Nurlita dkk. (2021) yakni, cacing tanah dapat membuat tanah menjadi lebih subur karena membantu perbaikan aerasi tanah, menambah pori tanah dari aktivitasnya, serta membantu proses pencampuran bahan organik tanah untuk dekomposisi.

Manusia adalah makhluk Allah SWT yang paling sempurna didalam penciptaannya, dikarenakan manusia satu-satunya makhluk yang memiliki akal. Pada hakikatnya manusia memiliki tugas dan tanggungjawab untuk selalu menjaga

bumi (*Kholifah Fil Ardh*). Tanggungjawab tersebut diantaranya *al-intifa'* (memanfaatkan dengan sebaik-baiknya), *al-i'tibar* (menggambil pelajaran atau hikmah pada setiap kejadian), *al-ishlah* (menjaga alam sekitar) (Tafsir tematik, 2009).

Menjaga alam sekitar salah satunya dapat dilakukan dengan cara menjaga keseimbangan ekosistem yang sudah ada. Suatu ekosistem dapat dikatakan seimbang apabila komponen biotik dan abiotiknya dapat melakukan interaksi hubungan timbal balik yang baik. Keseimbangan ekosistem tersebut juga telah dijelaskan didalam QS Al-Mulk ayat 3 sebagai berikut:

الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ طِبَاقًا مَّا تَرَىٰ فِي خَلْقِ الرَّحْمَنِ مِن تَقْوَةٍ فَآرْجِعِ  
الْبَصَرَ هَلْ تَرَىٰ مِن فُطُورٍ

Artinya: “Yang telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. Kamu sekali-kali tidak melihat pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka lihatlah berulang-ulang, adakah kamu lihat sesuatu yang tidak seimbang?” (QS Al-Mulk [67]: 3).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah SWT telah menciptakan segala bentuk ciptaan NYA dengan seimbang. Hal tersebut sejalan dengan hasil pada penelitian ini yakni, binatang melata seperti cacing tanah memiliki peran penting terhadap keberlangsungan ekosistem tanah dengan membantu berbagai macam proses yang terjadi baik secara fisika atau kimia sehingga dapat tercipta keseimbangan didalam ekosistem.

Keseimbangan tersebut juga tercipta karena Allah SWT telah menciptakan bumi beserta seisi alam semesta sudah sangat sesuai dengan ukurannya. Hal tersebut dijelaskan dalam QS Al-Hijr ayat 19 yang berbunyi:

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوْسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِن كُلِّ شَيْءٍ مَّوْزُونٍ



Artinya: *“Dan Kami telah menghamparkan bumi dan menjadikan padanya gunung-gunung dan Kami tumbuhkan padanya segala sesuatu menurut ukuran”* (QS Al-Hijr [15]: 19).

Berdasarkan tafsir Al- Mukhtassar (1998) ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah SWT menciptakan bumi dengan bentangan luasnya agar manusia dapat tinggal di atasnya, juga menjadikan gunung-gunung yang kokoh agar kehidupan di bumi tetap stabil, serta kami menumbuhkan berbagai macam tanaman yang telah ditetapkan padanya sesuai berdasarkan ukuran kemanfaatannya. Adapun menurut Tafsir Al-Maraghi (1993) menjelaskan bahwa Allah SWT telah menciptakan bumi seisinya, dengan gunung-gunung yang kokoh, serta tumbuhan yang dihidupkan dengan ukuran yang seimbang dan dijadikan kemanfaatan bagi hewan serta umat manusia.

Berdasarkan tafsir tematik (2009) menyebutkan bahwa, tumbuhan dan hewan yang telah Allah SWT ciptakan baik yang di atas permukaan tanah atau didalam tanah untuk dapat membantu memenuhi kebutuhan manusia. Akan tetapi masih sedikit manusia yang mengetahui peran dari hewan yang terdapat didalam tanah, salah satu contohnya yakni cacing tanah. Hasil studi ini menjelaskan cacing tanah secara garis besar memiliki manfaat penting untuk membantu proses menyuburkan tanah dan dapat memberikan nutrisi hara yang dibutuhkan oleh tanaman berupa kascing (kotoran cacing). Hal tersebut merupakan bukti bahwa Allah SWT menciptakan makhluk pasti disertai dengan manfaatnya khususnya bagi umat manusia.

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang keanekaragaman dan kepadatan cacing tanah sebagai bioindikator kualitas tanah di perkebunan apel semiorganik dan perkebunan apel konvensional Desa Tulungrejo Kecamatan Bumiaji Kota Batu dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Genus cacing tanah yang ditemukan pada lahan perkebunan apel semiorganik dan perkebunan apel konvensional berjumlah 4 genus yang terdiri dari: genus *Pontoscolex*, genus *Amyntas*, genus *Peryonix*, genus *Pheretima*.
2. Nilai indeks keanekaragaman ( $H'$ ) cacing tanah pada perkebunan apel semiorganik sebesar 1,327 dan pada perkebunan apel konvensional sebesar 1,106 keduanya termasuk kategori sedang. Nilai kepadatan ( $K$ ) cacing tanah tertinggi pada perkebunan apel semiorganik adalah 122,7 individu/m<sup>3</sup> serta kepadatan relatif ( $KR$ ) 35,95% dari genus *Pontoscolex*, dan pada perkebunan apel konvensional nilai kepadatan ( $K$ ) tertinggi adalah 40,8 individu/m<sup>3</sup> serta kepadatan relatif ( $KR$ ) 43,41% dari genus *Pheretima*. Nilai frekuensi ( $F$ ) cacing tanah tertinggi pada perkebunan apel semiorganik yakni 96,67 serta frekuensi relatif ( $FR$ ) 33,34% dari genus *Pontoscolex*, sedangkan pada perkebunan apel konvensional nilai frekuensi ( $F$ ) tertinggi yakni 56,67 serta nilai frekuensi relatif ( $FR$ ) 41,06% dari genus *Pontoscolex*. Nilai indeks nilai penting ( $INP$ ) tertinggi pada perkebunan apel semiorganik yakni 69,29% dari genus *Pontoscolex*. Sedangkan pada perkebunan apel konvensional yakni 79,65% dari genus *Pheretima*.

3. Nilai parameter fisika dan kimia tanah pada perkebunan apel semiorganik yakni memiliki suhu 22,03°C, kelembaban tanah 81,03%, kadar air 39,99%, tekstur tanah liat, pH 5,65, Bahan organik 2,20%, N-total 0,10%, C-organik 1,27, C/N nisbah 12,25, P 15,59 mg/kg, dan K 0,30 mg/100. Sedangkan pada perkebunan apel konvensional yakni suhu 23,10°C, kelembaban tanah 81,45%, kadar air 40,71%, tekstur tanah liat, pH 5,88, Bahan organik 2,22%, N-total 0,10%, C-organik 1,28, C/N nisbah 12,55, P 12,98 mg/kg, dan K 0,15 mg/100.
4. Hasil korelasi CCA antara faktor fisika kimia tanah dengan kepadatan cacing tanah menunjukkan bahwa pada perkebunan apel konvensional C/N nisbah berkaitan dengan genus cacing tanah *Pheretima*. Pada perkebunan semiorganik kadar air (KA) berkaitan dengan genus cacing tanah *Pontoscolex*, unsur hara fosfor (P) berkaitan dengan genus cacing tanah *Peryonix*, serta unsur hara kalium (K), kelembaban tanah, bahan organik (BO) dan C-organik berkaitan dengan genus cacing tanah *Amyntas*. Nilai korelasi pearson tertinggi antara kepadatan cacing tanah dengan faktor fisika kimia tanah yakni, memiliki nilai positif dengan kelembaban, C-organik, bahan organik (BO), fosfor (P) dan kalium (K), serta memiliki nilai korelasi negatif dengan suhu, kadar air, pH, C/N nisbah, dan yang terakhir tidak diketahui korelasinya dengan N-total.
5. Hasil analisis bioindikator menunjukkan bahwa genus cacing tanah yang berpotensi menjadi bioindikator kualitas tanah pada perkebunan apel semiorganik yakni genus *Pontoscolex*, genus *Amyntas*, genus *Peryonix*.

## 5.2 Saran

Saran dalam penelitian ini yakni:

1. Perlu dilaksanakan penelitian dengan menggunakan acuan morfologi yang lebih spesifik agar dapat sampai pada tingkat spesies
2. Pada penelitian selanjutnya perlu penambahan parameter fisika seperti struktur tanah, warna tanah untuk lebih mendukung data kualitas tanah
3. Pada penelitian selanjutnya perlu penambahan parameter kimia seperti unsur hara mikro untuk lebih mendukung data kualitas tanah
4. Sebagai penerapan hasil penelitian penulis merekomendasikan untuk menggunakan perkebunan sistem semiorganik bagi keberadaan cacing tanah baik keanekaragaman maupun kepadatannya

## DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. Yusrial, dan Sutono. (2006). Penetapan Tekstur Tanah. Di dalam: Undang K et. al.(eds), Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya. *Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian*, 43-62.
- Agus, C., Wulandari, D., & Purwanto, B.H. (2014). Peran Mikroba Starter dalam Dekomposisi Kotoran Ternak dan Perbaikan Kualitas Pupuk Kandang. *Jurnal manusia dan lingkungan*. 21(2): 179-187.
- Agustina, C., Rayes, M. L., & Kuntari, M. (2020). Pemetaan sebaran status unsur hara N, P dan K pada lahan sawah di Kecamatan Turen, Kabupaten Malang. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 7(2), 273-282.
- Ahmad, M., Minarno, E. B., & Suyono, S. (2020). Kunci tadabbur dan integrasi Al-Qur'an dalam pembelajaran Biologi. *BIOEDUCA: Journal of Biology Education*, 2(2), 101-114.
- Aisyah, S., Soedarso, J., Satya, A. , & Syawal, M. (2020). Relationship between the surface sediment substrate characteristic with the abundance of macrozoobenthos in River Ranggeh, West of Sumatra. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 535.
- Al-Khalidi, Shalah Abdul Fattah. (2017). *Mudah Tafsir Ibnu Katsir: Shahih, Sistematis, lengkap*. Jakarta: Maghfirah Pustaka.
- Al-Maraghi, A. M. (1993). Tafsir al-Maraghi. terjemah. Bahrn Abubakar, 30.
- Alvinando, S. (2021). Pemanfaatan Sekam Padi Diolah Menjadi Pupuk Tanaman Yang Organik. (*Skripsi*). Universitas Bina Darma Palembang
- Amirat, F., Hairiah, K., & Kurniawan, S. (2017). Perbaikan Biopori Oleh Cacing Tanah (*Pontoscolex corethrurus*). Apakah Perbaikan Porositas Tanah Akan Meningkatkan Pencucian Nitrogen?. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 1(2), 25-34.
- Anas, I. (1990). *Penuntun Praktikum Metoda Penelitian Cacing Tanah dan Nematoda*. Depatemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor: Bogor
- Andalas, M. S., & Sudrajat, S. (2018). Analisis Komparatif Sistem Pertanian Padi Organik dan Anorganik di Desa Catur Kecamatan Sambi Kabupaten Boyolali. *Jurnal Bumi Indonesia*. 7 (1).
- Anwar, S., Hartono, A., Susila, A. D., & Sabiham, S. (2018). Pengelolaan dan Pemupukan Fosfor dan Kalium pada Pertanian Intensif Bawang Merah di Empat Desa di Brebes. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 9(1), 27-37.
- Arancon, N. Q., Lee, S., Edwards, C. A., & Atiyeh, R. (2003). Effects of humic acids derived from cattle, food and paper-waste vermicomposts on growth of

greenhouse plants: the 7th international symposium on earthworm ecology· Cardiff· Wales· 2002. *Pedobiologia*, 47(5-6), 741-744.

- Araújo, F. G., Morado, C. N., Parente, T. T. E., Paumgarten, F. J., & Gomes, I. D. (2017). Biomarkers and bioindicators of the environmental condition using a fish species (*Pimelodus maculatus* Lacepède, 1803) in a tropical reservoir in Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 78, 351-359.
- Arfiati, D., E. Y. Herawati, N. & R. Buwono. (2019). Struktur komunitas makrozoobentos pada ekosistem lamun di Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. *Journal of Fisheries and Marine Research* 3(1).
- Asif, N., Malik, M., & Chaudhry, F. N. (2018). A review of on environmental pollution bioindicators. *Pollution*, 4(1), 111-118.
- Aulia, P. R., Supratman, O., & Gustomi, A. (2020). Struktur Komunitas Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Di Sungai Upang Desa Tanah Bawah Kecamatan Puding Besar Kabupaten Bangka. *Aquatic Science*, 2(1), 17-29.
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kota Batu. (2013). *Buku BAPPEDA: Batu Malang*
- Badan Pusat Statistik Kota Batu. (2021). *Kota Batu Dalam Angka Tahun 2021: Batu Malang*.
- Barchia, M. F.,(2009). *Agroekosistem Tanah Mineral Masam*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Brata, B. (2006). Pertumbuhan Tiga Spesies Cacing Tanah akibat Penyiraman Air dan Pengapuran yang Berbeda. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 8 (1), 69-75.
- Breure, A. M. (2004). Soil biodiversity: measurements, indicators, threats and soil functions. In *International Conference Soil and Compost Eco-biology. Spain*.
- Budi, R. (2017). Makrobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai Way Belau Bandar Lampung. *Majalah TEGI*, 9(2).
- Budijastuti, W. (2016). Jenis Cacing Tanah yang Berpotensi sebagai Kandidat Bioindikator Logam Pb dan Cr Berdasarkan Kelimpahan, Struktur Morfometri dan Kandungan Sistein (Species Of Earthworm Which Has Potency as Lead and Chromium Bioindicator Candidate Based on Abundance, Morphometric Structure, and Cysteine Content) (*Doctoral Dissertation*), Universitas Airlangga. Surabaya
- Charina, A., Kusumo, R. A. B., Sadeli, A. H., & Deliana, Y. (2018). Faktor-faktor yang mempengaruhi petani dalam menerapkan standar operasional prosedur (SOP) sistem pertanian organik di Kabupaten Bandung Barat. *Jurnal Penyuluhan*, 14(1), 68-78.
- Chao, H., Sun, M., Wu, Y., Xia, R., Yuan, S., & Hu, F. (2022). Quantitative Relationship Between Earthworms' Sensitivity To Organic Pollutants And

- The Contaminants' Degradation In Soil: A Meta-Analysis. *Journal of Hazardous Materials*, 128286.
- Conyers, M. K., Heenan, D. P., McGhie, W. J., & Poile, G. P. (2003). Amelioration of acidity with time by limestone under contrasting tillage. *Soil and tillage research*, 72(1), 85-94.
- Darmi, D., Budianta, D., Sabaruddin, S., & Ridho, M. (2014). Abundance and Distribution Pattern of Earthworm in Peatland Planted with Different Age of Oil Palm Plantation in District of Seluma, Bengkulu Province. *Asian Academic Research Journal Of Multidisciplinary*, 1(22), 492-503.
- da Rocha, J. R. M., De Almeida, J. R., Lins, G. A., & Durval, A. (2010). Insects as indicators of environmental changing and pollution: a review of appropriate species and their monitoring. *Holos environment*, 10(2), 250-262.
- Dewi, W. S., Yanuwiyadi, B., Suprayogo, D., & Hairiah, K. (2006). Alih guna hutan menjadi lahan pertanian: Dapatkah sistem agroforestri berbasis kopi mempertahankan diversitas cacing tanah. *Agrivita*, 28(3), 198-220.
- Dewi, W. S., & Senge, M. (2015). Earthworm Diversity and Ecosystem Services Under Threat. *Reviews in Agricultural Science*, 3, 25-35.
- Dufrêne, M., & Legendre, P. (1997). Species Assemblages and Indicator Species: The Need For a Flexible Asymmetrical Approach. *Ecological monographs*, 67(3), 345-366.
- Dwiastuti, S. (2012). Kajian Tentang Kontribusi Cacing Tanah dan Perannya Terhadap Lingkungan Kaitannya dengan Kualitas Tanah. In *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning* (Vol. 9, No. 1).
- Dwiastuti, S., Widoretno, S., & Karyanto, P. (2018). Identifikasi Cacing Tanah dan Interaksinya dengan Lingkungan Lahan Berkapur. *Biogenesis*, 14(2), 23-28.
- Fachrul, M. F. (2012). *Metode Sampling Bioekologi*. Edisi I Cetakan ke III Jakarta: Bumi Aksara
- Falahudin, I., & Salmah, S. (2011). Diversitas serangga pada hutan tanaman monokultur dan hutan heterogen dengan metode window traps. *Berkala Penelitian Hayati*, 17(1), 37-45.
- Falco, L. B., Sandler, R., Momo, F., Di Ciocco, C., Saravia, L., & Coviella, C. (2015). Earthworm Assemblages in Different Intensity of Agricultural Uses and Their Relation to Edaphic Variables. *PeerJ*, 3, e979.
- Firmansyah, T. R. S., & Yanti, A. H. (2017). Struktur Komunitas Cacing Tanah (Kelas Oligochaeta) di Kawasan Hutan Desa Mega Timur Kecamatan Sungai Ambawang. *Jurnal Protobiont*, 6(2).
- Gamasika, F., Yusnaini, S., & Niswati, A. (2017). Populasi dan Biomassa Cacing Tanah pada Berbagai Vegetasi di Setiap Kemiringan Lereng Serta Korelasinya terhadap Kesuburan Tanah di Laboratorium Lapang Terpadu

- Fakultas Pertanian Universitas Lampung. *Jurnal Agrotek Tropika*, 5(3), 169-174.
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Diakses dari <https://www.gbif.org> pada tanggal 5 oktober 2022.
- Goldman, A. E., Bonebrake, T. C., Tsang, T. P., Evans, T. A., Gibson, L., Eggleton, P., ... & Ashton, L. A. (2020). Drought and presence of ants can influence hemiptera in tropical leaf litter. *Biotropica*, 52(2), 221-229.
- Gunawan, G., Wijayanto, N., & Budi, S. W. (2019). Karakteristik Sifat Kimia Tanah dan Status Kesuburan Tanah pada Agroforestri Tanaman Sayuran Berbasis Eucalyptus Sp. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 10(2), 63-69.
- Gupta, V.V.S.R. & G.W. Yeates. (1998). Soil microfauna as bioindicators of soil health. dalam C. Pankhurst, B.M. Doube & V.V.S.R. Gupta (Ed.). Biological indicators of soil health. *CAB International. Oxon*. hal. 201-234
- Hanafiah, K. A. (2014). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Cetakan ke VII. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Hardjowigeno, S. (1987). *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademia Pressindo.
- Harini, R., Susilo, B., & Nurjani, E. (2015). Geographic Information System-Based Spatial Analysis of Agricultural Land Suitability in Yogyakarta. *The Indonesian Journal of Geography*, 47(2), 171.
- Heink, U., & Kowarik, I. (2010). What are indicators? On The Definition Of Indicators In Ecology And Environmental Planning. *Ecological indicators*, 10(3), 584-593.
- Hertika, A. M. S., Darmawan, A., Nugroho, B. A., Handoko, A. D., Qurniawatri, A. Y., & Prasetyawati, R. A. (2021). Hemocyte Profile of Susuh Kura (*Sulcospira testudinaria*) in Order to Evaluate the Water Quality of Badher Bank Conservation Area, Tawangrejo Village, Binangun District, Blitar. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 5(1), 106-118.
- Huda, S. (2016). Memonitor Kelembapan Tanah Dan Suhu Pada Budidaya Cacing Tanah Menggunakan Arduino Uno (*Doctoral dissertation*) University of Muhammadiyah Malang.
- Humaid, S. B. A. (1998). *Tafsir Al-Mukhtashar*. Markaz Tafsir Lid Diraasatil Qur' Aniyah. *Riyadh*.
- Husain, D., & Mahmudati, N. (2015). Pengaruh jumlah cacing tanah (*Lumbricus rubellus*) dan waktu pengomposan terhadap kandungan NPK limbah media tanam jamur tiram sebagai bahan ajar biologi. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 1(1).
- Husamah, H., Rahardjanto, A., & Hudha, A. M. (2018). *Ekologi Hewan Tanah Teori dan Praktik*. Malang: UMM Press
- Husamah, H. & Rahardjanto, A., (2019). *Bioindikator (Teori dan aplikasi dalam biomonitoring)*. Malang: UMM Press



- Inayah, S. Q. (2017). *Kepadatan Populasi Cacing Tanah di Perkebunan Apel Konvensional dan Semiorganik Kecamatan Bumiaji Kota Batu. Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.*
- Indahwati, R., Hendrarto, I. B., & Izzati, M. (2013). Perbedaan kualitas lahan apel sistem pertanian intensif dengan sistem pertanian ramah lingkungan (Studi kasus di Kelompok Tani Makmur Abadi Desa Tulungrejo Kecamatan Bumiaji Kota Batu). *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 15(2), 90-97.
- Isnaini, M., (2006). *Pertanian Organik*. Yogyakarta: Kreasi Wacana.
- Indranada, H. K. (1994). *Soil Fertility Management*. Jakarta: Bumi Aksara Publisher.
- James, S. W. (2004). An illustrated Key to The Earthworm of The Samoan Archipelago (Oligocheta: Glossoscolecidae, Megascolecidae, Moniligastridae). *Micronesica*, 37 : 1-13.
- Jayanthi, S. (2013). *Komposisi Komunitas Cacing Tanah Pada Lahan Pertanian Organik dan Anorganik (Studi Kasus Kajian Cacing Tanah Untuk Meningkatkan Kesuburan Tanah di Desa Raya Kecamatan Berastagi Kabupaten Karo). Tesis Pascasarjana (S2) Universitas Negeri Sumatera Utara Medan.*
- Jayanthi, S., Widhiastuti, R., & Jumilawaty, E. (2014). Komposisi komunitas cacing tanah pada lahan pertanian organik dan anorganik di Desa Raya Kecamatan Berastagi Kabupaten Karo. *BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi dan Kependidikan*, 2(1), 1-9.
- Juarti, J. (2016). Analisis indeks kualitas tanah andisol pada berbagai penggunaan lahan di Desa Sumber Brantas Kota Batu. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 21(2).
- Kale, R. D., & Karmegam, N. (2010). The role of earthworms in tropics with emphasis on Indian ecosystems. *Applied and Environmental Soil Science*, 2010.
- Kesumaningwati, R., (2016, April). Pemanfaatan sisa panen dalam bentuk bokashi sekam Terhadap peningkatan beberapa sifat kimia (pH, C-organik, N, P, dan K) tanah sawah. In *Prosiding Seminar Kimia*.
- Leksono, A. S. (2007). *Ekologi Pendekatan Deskriptif dan Kuantitatif*. Malang: Bayumedia
- Lestari, Fenti Nadia, Ilma sarimustqima dan Samsul Alam Fyka. 2019. Analisis Perbedaan Pendapatan Usaha Tani Sawi Semi Organik dan Non Organik di Desa Aunupe Kecamatan Wolasi. *Jurnal Ilmiah Agribisnis*. ISSN: 2527-273X.
- Lisa Navitasari, M. P., & Latarus Fangohoi, S. P. (2020). *SISTEM PERTANIAN*. Bandung: Media Sains Indonesia.
- Litbang Peneliti Tanah (LPT). (1983). *Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah*. Bogor: Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian

- Maftu'ah, E., & Susanti, M. A. (2009). Komunitas Cacing Tanah Pada Beberapa Penggunaan Lahan Gambut Di Kalimantan Tengah (Earthworms Community on Several Land Uses of Peat Land in Central Kalimantan). *Berita Biologi*, 9(4), 371-378.
- Manurung, A. Q. (2013). Kajian Jenis Cacing Tanah sebagai Bioindikator di Hutan Sekunder dan Agroforestri Kopi Desa Kutagugung Kecamatan Naman Teran Kabupaten Karo. *Tesis Pascasarjana (S2) Universitas Negeri Sumatera Utara Medan*.
- Mariyana, R., Muarif, M., & Chumaidi, C. (2017). Pertumbuhan Populasi Cacing Tanah (*Phertima* sp.) Sebagai Sumber Protein Pakan Ikan Dalam Media Kotoran Kambing Dengan Tiga Pakan Tambahan (Bungkil Sawit, Limbah Sayuran Pasar Dan Dedak). *JURNAL MINA SAINS*, 3(1).
- Markert, B.A., A.M. Breure & H.G. Zechmeister. (2003). Definitions, strategies and principles for bioindication/biomonitoring of the environment dalam B.A. Markert, A.M. Breure & H.G. Zechmeister (Ed.). *Bioindicators & biomonitoring: principles, concepts and applications. Elsevier Science Ltd. Oxford*. hal. 3-40.
- Mashur, M. (2020). Produksi Kokon dan Biomassa Cacing Tanah *Eisenia Foetida* pada Berbagai Media Budidaya Limbah Peternakan. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 8(1), 48-57.
- Massijaya, M. Y. (2016). *Pengembangan Pertanian Organik di Indonesia - Pemikiran Guru Besar IPB*. (D. A. Astuti, Sudarsono, A. Sulaeman, & M. Syukur, Eds.) (Vol. 1). Bogor: IPB Press.
- Maturbongs, M. R., & Elviana, S. (2016). Komposisi, kepadatan, dan keanekaragaman jenis gastropoda di kawasan mangrove pesisir pantai Kambapi pada musim peralihan I. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 9(2), 19-23.
- McGeoch, M. A., Van Rensburg, B. J., & Botes, A. (2002). The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. *Journal of applied ecology*, 39(4), 661-672.
- Minarno, E. B. (2017). Integrasi Sains-Islam Dan Implementasinya Dalam Pembelajaran Biologi. In *Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi dan Industri* (pp. 664-669).
- Morario. (2009). Komposisi dan Distribusi Cacing Tanah di Kawasan Perkebunan Kelapa Sawit PT. Moeis dan Diperkebunan Rakyat Desa Simodong Kecamatan Sei Suka Kabupaten Batu Bara. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Mubeen, H., & Hatti, S. S. (2018). Earthworms diversity of Koppal district with the updated information on genus *Thatonia* of Hyderabad–Karnataka region, Karnataka, India. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 11(4), 482-493.

- Mutaqien, Z., & Zuhri, M. (2011). Establishing A Long-Term Permanent Plot in Remnant Forest of Cibodas Botanic Garden, West Java. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 12(4).
- Nasirudin, M., & Susanti, A. (2018). Hubungan kandungan kimia tanah terhadap keanekaragaman makrofauna tanah pada perkebunan apel semi organik dan anorganik. *Edubiotik: Jurnal Pendidikan, Biologi dan Terapan*, 3(02), 5-11.
- Nasirudin, M., & Hidayat, R. (2019, November). Studi keanekaragaman serangga di perkebunan apel semiorganik dan anorganik Desa Tulungrejo Kota Batu. In *Prosiding Seminar Nasional Multidisiplin* (Vol. 2, No. 1, pp. 295-299).
- Narka, I. W., Dibia, I. N., & Atmaja, D. I. W. D. (2020). Kajian Paket Dosis Semi Organik terhadap Sifat Tanah dan Hasil Tanaman Padi (*Oryza sativa* L). *Jurnal AGROTROP*. 10(2): 100-109
- Nilawati, S., & Nurdin, J. (2014). Jenis-jenis Cacing Tanah (Oligochaeta) yang Terdapat di Kawasan Cagar Alam Lembah Anai Sumatera Barat. *Jurnal Biologi UNAND*, 3(2).
- Ningrum, I. S., Rachmadiarti, F., & Budijastuti, W. (2014). Kepadatan Cacing Tanah di Kabupaten Gresik, Jawa Timur dan Hubungannya dengan Kadar Logam Berat Timbal (Pb) dalam Tanah. *Lentera Bio*, 3(2), 122-128.
- Nisa, H., Santoso, H., & Laili, S. (2020). The Diversity and Density of Earthworm Populations in Organic Orange Plantations in Karangploso District, Malang Regency. *Jurnal Biosaintropis (BIOSCIENCE-TROPIC)*. Vol. 6, No. 1, 40-45.
- Nurlita, N., Yusnaini, S., Hendarto, K., & Arif, M. S. (2021). Pengaruh Pupuk Organik Dan Pupuk Hayati Terhadap Populasi Dan Biomassa Cacing Tanah Pada Pertanaman Tomat Cherry (*Lycopersicum esculentum*. Mill) Di Desa Sukbanjar Kecamatan Gedong Tataan. *Jurnal Agrotek Tropika*, 9(2), 239-249.
- Nursakinah, N. (2015). Komposisi Cacing Tanah Pada Areal Perkebunan Kelapa Sawit Di Jorong Lubuk Hijau Kecamatan Rao Utara Kabupaten Pasaman (*Doctoral dissertation*, STKIP PGRI Sumatera Barat).
- Nurrohman, E., Rahardjanto, A., & Wahyuni, S. (2017). Studi Hubungan Keanekaragaman Makrofauna Tanah dengan Kandungan C-organik Organophosphat Tanah di Perkebunan Cokelat (*Theobroma cacao* L.) Kalibaru Banyuwangi. *Bioeksperimen*. Vol 4. No.1.
- Odum, E. P. (1993). Dasar-Dasar Ekologi Edisi Ketiga. *Gajah Mada Univesity Press, Yogyakarta*.
- Padashetty, S., & Jadesh, M. (2014). An Preliminary Survey Of Earthworm Species Composition And Distribution In The North Karnataka Region, Gulbarga, Karnatak. *International Letters of Natural Sciences*, 22.
- Palungkun, R. (2008). Sukses Beternak Cacing Tanah. Penebar Swadaya. Jakarta

- Parmadi, E. H., Dewiyanti, I., & Karina, S. (2016). Indeks nilai penting vegetasi mangrove di kawasan Kuala Idi, Kabupaten Aceh Timur (*Doctoral dissertation*), Syiah Kuala University. Aceh
- Pelosi, C., Barot, S., Capowiez, Y., Hedde, M., & Vandenbulcke, F. (2014). Pesticides and Earthworms. a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(1), 199-228.
- Pereira, L. R., Cabette, H. S., & Juen, L. (2012). Trichoptera as bioindicators of habitat integrity in the Pindaíba river basin, Mato Grosso (Central Brazil). In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 48, No. 3, pp. 295-302). EDP Sciences.
- Plisko, J. D., & Nxele, T. C. (2015). An Annotated Key Separating Foreign Earthworm Species From The Indigenous South African Taxa (Oligochaeta: Acanthodrilidae, Eudrilidae, Glossoscolecidae, Lumbricidae, Megascolecidae, Microchaetidae, Ocnerodrilidae and Tritogeniidae). *African Invertebrates*, 56(3), 663-708.
- Podani, J., & Csányi, B. (2010). Detecting indicator species: Some extensions of the IndVal measure. *Ecological Indicators*, 10(6), 1119-1124.
- Pribadi, T. (2014). Bagaimana Rayap dapat Digunakan sebagai Bioindikator. *Anterior Jurnal*, 14(1), 20-28.
- Punuindoong, S., Sinolungan, M. T., & Rondonuwu, J. J. (2021). Kajian Nitrogen, Fosfor, Kalium Dan C-Organik Pada Tanah Berpasir Pertanaman Kelapa Desa Ranoketang Atas. *Soil Environmental*, 21(3), 6-11.
- Purwaningrum, Y. (2012). Peranan Cacing Tanah Terhadap Ketersediaan Hara di Dalam Tanah. *Agriland*, 1(2), 119-127.
- Puspitasari, W. (2008). Pengaruh Beberapa Media Terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Cacing Tanah. (*Skripsi*). Jurusan Biologi. Fakultas MIPA IPB. Bogor.
- Putra, I. M., Hadi, M., & Rahadian, R. (2017). Struktur Komunitas Semut (*Hymenoptera: Formicidae*) di Lahan Pertanian Organik dan Anorganik Desa Batur, Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang. *Bioma*, 19(2), 170-176.
- Putri, A. E. (2018). Keanekaragaman Dan Kerapatan Cacing Tanah Sebagai Indikator Kesehatan Tanah Di Agroforestri Studi Kasus: Khdtk-Ub Karangploso, Kabupaten Malang. *Doctoral dissertation*, Universitas Brawijaya Malang.
- Putri, K., Santi, R., & Aini, S. N. (2019). Keanekaragaman Collembola dan serangga permukaan tanah di berbagai umur perkebunan kelapa sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.). *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 21(1), 37-41.
- Qudratullah, H., Setyawati, T. R., & Yanti, A. H. (2013). Keanekaragaman Cacing Tanah (Oligochaeta) Pada Tiga Tipe Habitat di Kecamatan Pontianak Kota. *Jurnal Protobiont*, 2(2).

- Rachma, N., & Umam, A. S. (2021). Pertanian organik sebagai solusi pertanian berkelanjutan di Era New Normal. *Jurnal Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat (JP2M)*, 1(4), 328-338.
- Rahmasari, N. P., Nofyan, E., & Lamin, S. (2020). Produksi Dan Viabilitas Kokon Cacing Tanah *Pontoscolex Corethrurus* Fr. Mull Pada Berbagai Konsentrasi Insektisida Sevin (*Doctoral dissertation*, Sriwijaya University).
- Ramadhani, W., & Hasyim, S. (2013). Karakteristik Sosial Ekonomi yang Mempengaruhi Penerapan Teknologi Pertanian Semi Organik pada Komoditi Padi Sawah Kasus: Desa Sambirejo, Kecamatan Binjai, Kabupaten Langkat. *Journal of Agriculture and Agribusiness Socioeconomics*, 2(3), 15038.
- Ratnawati, S., Handayani, N. S. N., & Trijoko, T. (2019). Species Diversity of Earthworm in the Field of Biology Gadjah Mada University. *Jurnal Biologi UNAND*, 7(2), 126-135.
- Reynolds, J. W. (2011). The earthworms (Oligochaeta: Acanthodrilidae, Eudrilidae, Glossoscolecidae, Komarekionidae, Lumbricidae, Lutodrilidae, Ocnodrilidae, Octochaetidae, Megascolecidae and Sparganophilidae) of southeastern United States. *Megadrilologica*, 14(9-12), 175-318.
- Rodiyah, A. (2021). Keanekaragaman dan kepadatan cacing tanah di perkebunan jeruk semi organik dan anorganik Dusun Kasin Desa Sepanjang Kecamatan Gondanglegi Kabupaten Malang *Doctoral dissertation*, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Roslim, D. I., & Nastiti, D. S. (2013). Karakter Morfologi dan Pertumbuhan Tiga Jenis Cacing Tanah Lokal Pekanbaru pada Dua Macam Media Pertumbuhan. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 5(1).
- Rozak, A. H., Astutik, S., Mutaqien, Z., Sulistyawati, E., & Widyatmoko, D. (2020). Efektivitas Penggunaan Tiga Indeks Keanekaragaman Pohon dalam Analisis Komunitas Hutan: Studi Kasus di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Indonesia. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 17(1), 35-47.
- Sadewa, B., Niswati, A., Aini, S. N., & Yusnaini, S. (2020). Pengaruh Aplikasi Asam Humat dan Pemupukan Fosfat terhadap Populasi dan Biomassa Cacing Tanah pada Pertanaman Jagung (*Zea mays* L.) di Tanah Ultisol. *Journal of Tropical Upland Resources (J. Trop. Upland Res.)*, 2 (1), 36-45.
- Salamah, M. H., Niswati, A., & Yusnaini, S. (2016). Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Pemberian Mulsa Bagas terhadap Populasi dan Biomassa Cacing Tanah pada Lahan Pertanaman Tebu Tahun Ke-5. *Jurnal Agrotek Tropika*, 4(3), 222-227.
- Santi, R., Kusmiadi, R., & Pratama, D. (2019). Diversity Relation Between Soil Mesofauna and C-organic Content in Pepper Plantation Area, Petaling,

- Bangka Belitung Islands. In *International Conference on Maritime and Archipelago (ICoMA 2018)* (pp. 220-225). Atlantis Press.
- Samekto, R. (2011). Penilaian pengelolaan sistem pertanian berkelanjutan pada skala usahatani. *Jurnal Inovasi Pertanian*, 10(1), 1-16.
- Sardiana, I. K. (2015). Simpanan Karbon Organik, Kualitas Tanah, dan Hasil Caisin (*Brassica chinensis*) pada Pertanian Organik dan Konvensional di Kecamatan Baturiti, Kabupaten Tabanan, Bali. *Disertasi. Program Pasca sarjana* Universitas Udayana Denpasar.
- Sartohadi, Junun, dkk., (2012). *Pengantar Geografi Tanah*. Yogyakarta: Penerbit Pustaka Pelajar.
- Schneider, M., Hurford, C., & Cowx, I. (2010). *Conservation Monitoring in Freshwater Habitats: A Practical Guide and Case Studies*. Belanda: Springer Netherlands
- Setiawan, D. (2008). Struktur Komunitas Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Lingkungan Perairan Hilir Sungai Musi. *Tesis*. Bogor: Sekolah Pascasarjana IPB
- Setyaningsih, H., Hairiah, K., & Dewi, W. S. (2017). Respon Cacing Penggali Tanah *Ponthoscolex Corethrus* Terhadap Berbagai Kualitas Seresah. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 1(2), 63-72.
- Shannon, C. E. & Weaver, W. (1963). *The Mathematical Theory of Communication* (Vol. 517). Champaign, IL: University of Illinois Press.
- Shihab, M. Quraish. (2002). *Tafsir Al Mishbah : pesan, kesan dan keserasian Al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati.
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of Diversity. *Nature*, 163 (4148), 688-688.
- Singh, S., Singh, J., & Pal, A. (2016). The Egyptian German Society for Zoology Effect Of Abiotic Factors On The Distribution Of Earthworms In Different Land Use Patterns. *The Journal of Basic & Applied Zoology*, 74 : 41–50.
- Sitepu, S. M. (2021). Kepadatan Cacing Tanah di Perkebunan Ketela Pohon Konvensional dan Semiorganik Desa Cowek Kecamatan Purwodadi Kabupaten Pasuruan. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Sitompul, E., Wardhana, I. W., & Sutrisno, E. (2017). Studi Identifikasi Rasio C/N Pengolahan Sampah Organik Sayuran Sawi, Daun Singkong, dan Kotoran Kambing Dengan Variasi Komposisi Menggunakan Metode Vermikomposting (*Doctoral dissertation*). Diponegoro University Semarang.
- Soegianto, A. (1994). *Ekologi Kuantitatif Metode Analisis Populasi dan Komunitas*. Surabaya: Usaha Nasional.

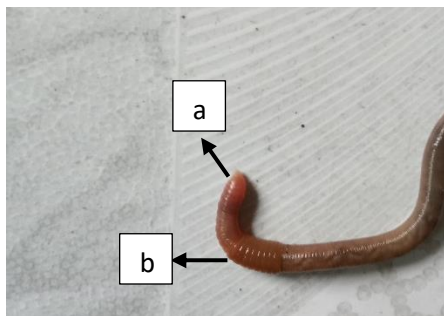
- Subedi, H. P., Saxena, R. M., & Reynolds, J. W. (2018). New record of an earthworm in the family Glossoscolecidae (Annelida: Oligochaeta) from Sikkim, India. *Megadrilologica*, 23(2), 51-56.
- Suheriyanto, D. (2012). Keanekaragaman Fauna Tanah di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru Sebagai Bioindikator Tanah Bersulfur Tinggi. *SAINSTIS*.
- Suheriyanto, D. (2017). Potensi Arthropoda Tanah Sebagai Bioindikator Kualitas Tanah Di Agroforestri Kopi. *Doctoral dissertation*. Universitas Brawijaya Malang.
- Suheriyanto, D., Zuhro, Z., Farah, I. E., & Maulidiyah, A. (2019). The potential of soil arthropods as bioindicator of soil quality in relation to environmental factors at apple farm, Batu, East Java, Indonesia. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1217, No. 1, p. 012180). IOP Publishing.
- Suin, N. M. (2012). *Ekologi Hewan Tanah*. Cetakan ke IV. Bandung: Bumi Aksara
- Sulistyorini, E., Widyastuti, R., & Santoso, S. (2021). Kelimpahan Fauna Tanah pada Ekosistem Pascabakar Kecamatan Mentebah, Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat, Indonesia. *Agro Bali: Agricultural Journal* 4(3), 1-8.
- Sutanhaji, A. T., Susanawati, L. D., & Lisnayati, L. (2019). Komposting Limbah Baglog Jamur Tiram dengan Menggunakan Cacing Tanah *Lumbricus Rubellus* untuk Menghasilkan Unsur Makro (N, P dan K). *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 6(2), 12-16.
- Sutanto, R. (2005). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah Konsep dan Kenyataan*. Yogyakarta: Kanisius
- Suyono dan Sudarmadi. (1997). *Hidrologi Dasar*. Fakultas Geografi. Universitas Gadjah Mada Press. Yogyakarta.
- Syafei, E. (1994). *Penuntun Praktikum Ekologi Tumbuhan*. Bandung : Laboratorium Ekologi Institut Teknologi Bandung.
- Tafsir Al-Quran Tematik. (2009). *Tafsir Tematik Al-Qur'an Pelestarian Lingkungan Hidup*. Lajnah Pentashih Mushaf Al-Qur'an.
- Teng, S. K., Aziz, N. A., Anang, N., Mustafa, M., Ismail, A., & Yan, Y. W. (2013). Earthworm diversity and population density in the Kaki Bukit agroecosystem, Perlis, Peninsular Malaysia. *Tropical Ecology*, 54(3), 291-299.
- Thukral, A., Bhardwaj, R., Kumar, V. & Sharma, A.. (2019). New indices regarding the dominance and diversity of communities, derived from sample variance and standard deviation. *Heliyon*. 5(10).
- Tosza, E., Dumnicka, E., Niklińska, M., & Rozen, A. (2010). Enchytraeid and earthworm communities along a pollution gradient near Olkusz (southern Poland). *European Journal of Soil Biology*, 46(3-4), 218-224.
- Utami, I., & Putra, I. L. I. (2020). *Ekologi Kuantitatif Metode Sampling dan Analisis Data Lapang*. Yogyakarta: K-Media

- Utari, V., Ekyastuti, W., & Oramahi, H. A. (2017). Kondisi Serangan Serangga Hama Pada Bibit Bakau (*Rhizopora Apiculata* Bl) Di Pup Pt. Bina Ovivipari Semesta Kalimantan Barat. *jurnal hutan lestari*, 5(4).
- Wahyudi, F. D. (2017). Petani Apel Dan Perubahan Fungsi Lahan (Studi Deskriptif Petani Apel Di Kecamatan Bumiaji, Kota Batu). *Disertasi Pascasarjana*. Universitas Airlangga Surabaya
- Weni, L., & Madjid, A. (2020). Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Lahan Polikultur di Desa Pulau Semambu Kecamatan Indralaya Utara. In *Seminar Nasional Lahan Suboptimal* (No. 1, pp. 625-633).
- Wibowo, S. (2015). Hubungan Cacing Tanah dengan Kondisi Fisik, Kimia dan Mikrobiologis Tanah Masam Ultisol di Daerah Lampung Utara. *AgriPeat*, 16 (01), 46-56.
- Widyastuti, R., & Abdoellah, S. (2021). Diversity and Abundance of Earthworms in Cocoa Plantations with Different Shade Trees. *Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal)*, 37(3), 207-218.
- Vandewalle, M., De Bello, F., Berg, M. P., Bolger, T., Doledec, S., Dubs, F., ... & Woodcock, B. A. (2010). Functional Traits as Indicators of Biodiversity Response to Land Use Changes Across Ecosystems and Organisms. *Biodiversity and Conservation*, 19(10), 2921-2947.
- Xu, S., Lucas, B., & Chou, T. (2020). Diversity in Biology: Definitions, Quantification and Models. *Phys. Biol.* 17
- Yuliantoro, D., & Frianto, D. (2019). Analisis Vegetasi Tumbuhan di Sekitar Mata Air Pada Dataran Tinggi dan Rendah Sebagai Upaya Konservasi Mata Air di Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 6(1), 1-7.
- Yulipriyanto, H. (2009). Suatu kajian struktur komunitas cacing tanah di lahan pertanian organik di Daerah Istimewa Yogyakarta. In *Proseding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA. Fakultas MIPA. Universitas Negeri Yogyakarta* (Vol. 16, pp. 68-72).
- Yuriansyah, Y., Dulbari, D., Sutrisno, H., & Maksum, A. (2020). Pertanian Organik sebagai Salah Satu Konsep Pertanian Berkelanjutan. *PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(2), 127-132.
- Yusuf, M. (2021). Analisis Degradasi Lingkungan Dan Pertumbuhan Tanaman Penghijauan Dalam Program Restorasi Pasca Alih Fungsi Hutan Lindung Di Ub Forest, Malang (*Doctoral dissertation*) Universitas Brawijaya Malang.
- Zulkarnain, M. (2019). Rancang Bangun Sistem Kontrol Kelembapan Media Pada Budidaya Cacing Tanah. *Jurnal Jaringan Telekomunikasi*, 9(4), 31-35.

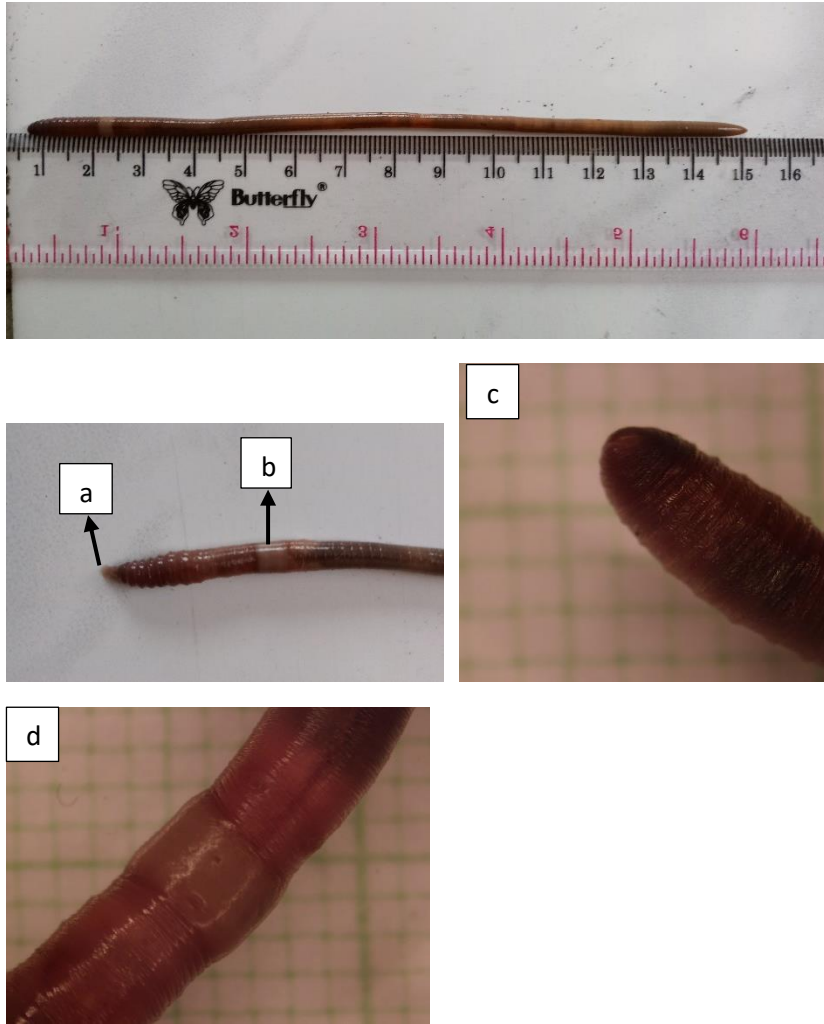


**LAMPIRAN**

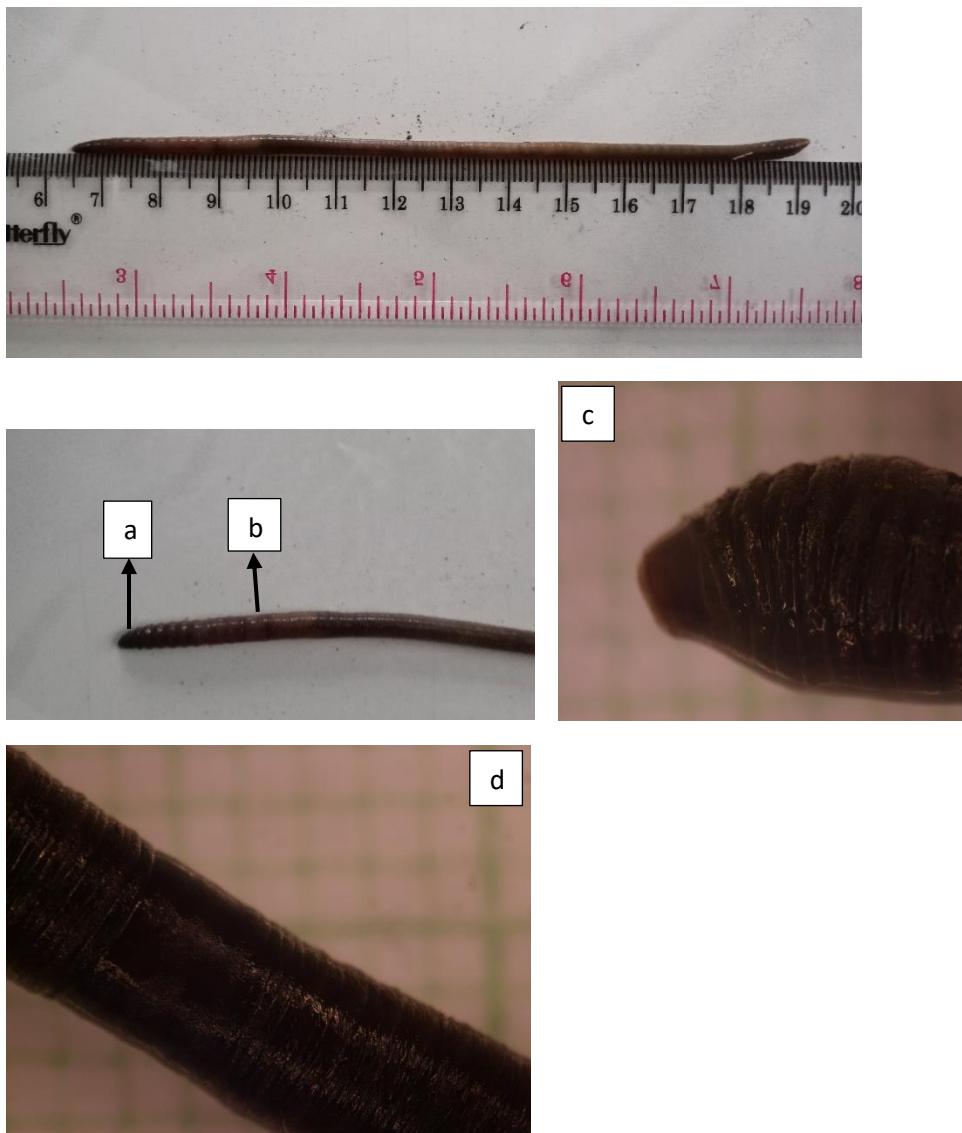
## Lampiran I. Hasil Identifikasi Spesies



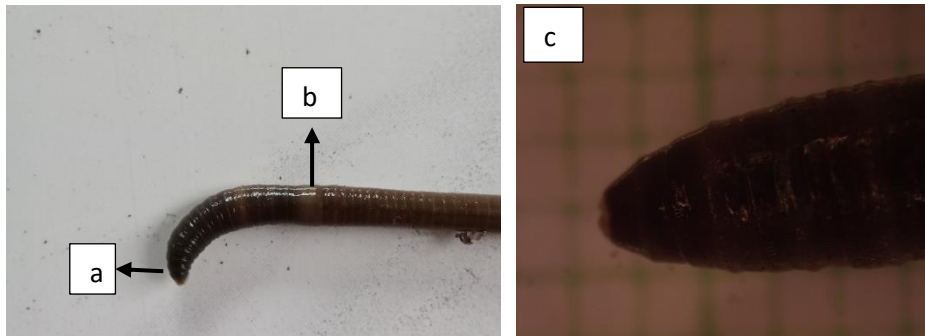
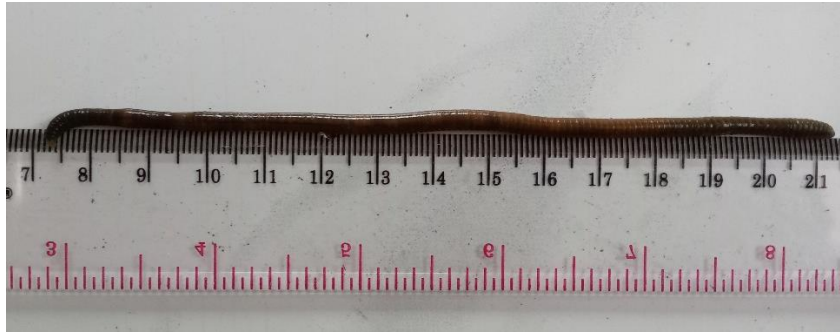
Gambar 5.1 Genus *Pontoscolex* a. Anterior b. Klitelum (pelana) c. Posterior



Gambar 5.2. Genus *Amynthes* a. Anterior b. Klitelum (annular) c. Posterior d. Klitelum (mikroskopis)



Gambar 5.3. Genus *Peryonix* a. Anterior b. Klitelum (annular) c. Posterior d. klitelum (mikroskopis)



Gambar 5.4 Genus *Pheretima* a. Anterior b. Klitelum (annular) c. Posterior

## Lampiran 2. Hasil pengamatan

**Tabel 5.1. Hasil pengamatan pada perkebunan apel semiorganik (transek 1)**

Genus	Plot										Jumlah
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Pontoscolex</i>	3	2	2	1	2	2	2	3	3	0	20
<i>Amyntas</i>	0	0	1	1	2	1	0	2	1	2	10
<i>Peryonix</i>	1	2	2	0	4	2	5	3	0	1	20
<i>Pheretima</i>	0	1	0	3	0	0	2	1	0	0	7

**Tabel 5.2 Hasil pengamatan pada perkebunan apel semiorganik (transek 2)**

Genus	Plot										Jumlah
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Pontoscolex</i>	1	0	2	3	2	3	5	3	3	3	25
<i>Amyntas</i>	0	2	2	0	0	3	0	2	2	1	12
<i>Peryonix</i>	2	1	2	7	3	1	0	0	2	0	18
<i>Pheretima</i>	1	0	0	2	2	0	2	1	2	0	10

**Tabel 5.3 Hasil pengamatan pada perkebunan apel semiorganik (transek 3)**

Genus	Plot										Jumlah
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Pontoscolex</i>	2	0	2	2	4	2	3	2	4	3	24
<i>Amyntas</i>	1	2	0	2	1	3	0	2	0	0	11
<i>Peryonix</i>	1	4	2	6	3	0	1	3	0	1	21
<i>Pheretima</i>	0	0	2	3	1	3	1	2	2	0	14

**Tabel 5.4 Hasil pengamatan pada perkebunan apel konvensional (transek 1)**

Genus	Plot										Jumlah
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Pontoscolex</i>	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	5
<i>Amyntas</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Peryonix</i>	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	3
<i>Pheretima</i>	1	0	1	2	2	0	2	0	0	0	8

**Tabel 5.5 Hasil pengamatan pada perkebunan apel konvensional (transek 2)**

Genus	Plot										Jumlah
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Pontoscolex</i>	0	1	1	0	2	0	0	2	1	1	8
<i>Amyntas</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Peryonix</i>	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	4
<i>Pheretima</i>	0	0	2	2	1	1	1	0	0	1	8

**Tabel 5.6 Hasil pengamatan pada perkebunan apel konvensional (transek 3)**

Genus	Plot										Jumlah
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Pontoscolex</i>	0	1	1	0	1	2	1	1	0	0	7
<i>Amyntas</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Peryonix</i>	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	3
<i>Pheretima</i>	0	1	0	2	0	1	0	0	2	0	6


## Lampiran 3 Hasil analisis tanah

LAPORAN HASIL ANALISA TANAH  
LABORATORIUM UPT PENGEMBANGAN AGRIBISNIS TANAMAN PANGAN DAN HORTIKULTURA  
BEDALI - LAWANG


NO	Asal Contoh Tanah	pH Larut		Bahan Organik			BO %	P205 Olsen ppm	Larut Asam Ac pH 7.1 N (me) K	KA	Tekstur			Keterangan
		H2O	KCL	% C	% N	C/N					Pasir %	Debu %	Liat %	
An. Nia Novita														
1	Semi Organik 1	5.82	-	1.25	0.10	11.95	2.15	14.04	0.27	37.21	4	32	60	Liat
2	Semi Organik 2	5.76	-	1.30	0.10	12.50	2.24	16.58	0.25	43.60	3	36	61	Liat
3	Semi Organik 3	5.38	-	1.29	0.10	12.30	2.22	16.14	0.37	39.15	9	29	62	Liat
4	Anorganik 1	6.06	-	1.31	0.10	12.69	2.26	10.90	0.16	33.21	4	58	38	Liat
5	Anorganik 2	5.86	-	1.35	0.10	13.12	2.33	13.09	0.13	41.31	6	36	58	Liat
6	Anorganik 3	5.68	-	1.21	0.10	11.83	2.08	14.88	0.18	47.63	7	40	53	Liat
Rendah sekali		< 4.0	< 2.5	< 1.0	< 0.1	< 5		< 5	< 0.1					
Rendah		4.1 - 5.5	2.6 - 4.0	1.1 - 2.0	0.11 - 0.2	5 - 10		5 - 10	0.1 - 0.3					
Sedang		5.6 - 7.5	4.1 - 6.0	2.1 - 3.0	0.21 - 0.5	11 - 15		11 - 15	0.4 - 0.5					
Tinggi		7.6 - 8	6.1 - 6.5	3.1 - 5.0	0.51 - 0.75	16 - 25		16 - 20	0.6 - 1.0					
Tinggi Sekali		> 8	> 6.5	> 5.0	> 0.75	> 25		> 20	> 1.0					

Sidoarjo, 12 Sep 2022

KASI PRODUKSI

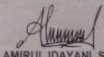


SLAMET/SP  
NIP. 19730817 200003 1 014



PIL. KERALA UPT PATPH  
Dr. Fc. EDY HERMAWAN, MM  
NIP. 19660317 199503 1 001

ANALIS TANAH



AMIRUL IDAYANI, S.P.  
NIP. 19940925 202012 2 018

Tabel 5.7 Pengukuran suhu dan kelembaban tanah

No	Stasiun/Transek	Suhu	Kelembaban
1	Semiorganik (Transek 1)	22,11	80,30
2	Semiorganik (Transek 2)	22,60	80,05
3	Semiorganik (Transek 3)	21,40	81,00
4	Konvensional (Transek 1)	23,40	81,00
5	Konvensional (Transek 2)	22,70	81,00
6	Konvensional (Transek 3)	23,15	81,10

## Lampiran 4. Hasil korelasi kepadatan cacing tanah dengan faktor fisik-kimia

	Suhu	Kadar air	Kelembaban	pH	C	N	C/N	BO	P	K	Pontoscolex	Amyntas	Peryonix	Pheretima
Suhu		0.89005	0.048872	0.097858	0.84943	1	0.62966	0.73843	0.1964	0.015675	0.038718	0.027012	0.0237	0.12201
Kadar air	0.073432		0.76786	0.40237	0.38298	1	0.57397	0.24423	0.18119	0.81614	0.97137	0.92228	0.83087	0.73726
Kelembaban	-0.81361	-0.15602		0.42785	0.18344	1	0.6263	0.15918	0.33273	0.20179	0.059717	0.055295	0.068248	0.1857
pH	0.73236	-0.42379	-0.4033		0.56698	1	0.44567	0.49235	0.061523	0.12083	0.24435	0.20727	0.28403	0.12203
C	-0.10072	-0.43968	0.62624	0.29745		1	0.02763	0.0014112	0.72512	0.82445	0.7501	0.72534	0.79784	0.62588
N	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C/N	0.25224	-0.29235	0.25463	0.38921	0.86102	0		0.066271	0.3973	0.29263	0.55632	0.59491	0.49182	0.96313
BO	-0.1762	-0.56348	0.65363	0.35311	0.96917	0	0.78172		0.61217	0.92133	0.71513	0.69553	0.70337	0.72513
P	-0.61222	0.62871	0.48223	-0.78999	-0.18538	0	-0.42792	-0.26474		0.16989	0.073736	0.094184	0.14399	0.29501
K	-0.89595	-0.12319	0.60651	-0.70088	-0.11758	0	-0.51788	-0.052495	0.64134		0.020734	0.011071	0.0085009	0.091783
Pontoscolex	-0.83472	0.019089	0.79322	-0.56337	0.16818	0	-0.30527	0.19229	0.76923	0.88001		0.00010954	0.00045042	0.14576
Amyntas	-0.86262	-0.051858	0.80131	-0.60076	0.18522	0	-0.27716	0.20589	0.73769	0.91281	0.99144		0.00048078	0.083852
Peryonix	-0.87152	-0.11324	0.77835	-0.52575	0.1356	0	-0.35352	0.20044	0.67169	0.92374	0.98262	0.98204		0.16338
Pheretima	-0.69933	-0.17701	0.62376	-0.6993	0.25494	0	0.024588	0.18537	0.51571	0.74122	0.66954	0.7532	0.64877	

## Lampiran 5. Dokumentasi penelitian



**Gambar dokumentasi penelitian. A. Pengukuran plot. B. Pengukuran faktor fisika tanah. C. Identifikasi spesimen cacing tanah**