

BAB V
PENELITIAN TAHAP 3
PENGUJIAN ARTHROPODA TANAH SEBAGAI BIOINDIKATOR
KUALITAS TANAH DI AGROFORESTRI KOPI

5.1 Pendahuluan

Agroforestri merupakan sistem pengelolaan sumber daya alam yang berlandaskan pada dinamika ekologi. Agroforestri mengintegrasikan tanaman kayu dengan tanaman pertanian pada unit pengelolaan lahan yang sama (Atangana dkk., 2014). Keberadaan pohon pada sistem agroforestri dapat meningkatkan efisiensi siklus hara dibandingkan lahan pertanian. Pohon di agroforestri akan menghasilkan seresah yang dapat meningkatkan efisiensi siklus hara (Umrani & Jain, 2010).

Arthropoda tanah mempunyai peranan penting dalam mendegradasi seresah tanaman, sehingga merubah struktur tanah, komposisi mineral dan bahan organik (Culliney, 2013). Arthropoda tanah pada tingkat trofik di ekosistem berkedudukan sebagai pengurai bahan organik menjadi materi yang lebih kecil, sehingga meningkatkan kandungan zat hara dalam tanah (Eisenbeis & Wichard, 1987). Keberadaan arthropoda tanah dapat digunakan sebagai bioindikator kualitas tanah (van Straalen, 1998; Maleque dkk., 2006).

Beberapa karakteristik bioindikator adalah mempunyai kekayaan dan keanekaragaman yang tinggi, mudah ditangkap, mempunyai peranan penting di ekosistem, sensitif dan memberikan respon terhadap perubahan lingkungan (da Rocha dkk., 2010). Bioindikator kualitas tanah perlu dipilih dari kelompok dominan yang memberikan respon pada semua jenis tanah, memiliki kelimpahan dan keanekaragaman jenis yang tinggi, serta mempunyai peranan penting pada fungsi tanah (Schloter dkk., 2003). Menurut de Bruyn (1999), salah satu alasan untuk menguji hubungan arthropoda tanah dengan kualitas dan ketahanan tanah adalah bahwa petani memerlukan indikator kualitas tanah yang dapat dengan mudah diamati dan telah teruji penggunaannya untuk memonitor keberlanjutan tanah.

Pada penelitian eksplorasi yang telah dilakukan di Cagar Alam dan Agroforestri Kopi serta penelitian verifikasi di Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem diperoleh arthropoda tanah yang berpotensi sebagai bioindikator di Agroforestri Kopi, yaitu semut (*Camponotus*). Arthropoda tanah yang sudah diketahui berpotensi sebagai bioindikator kualitas tanah perlu diuji kembali untuk mengetahui responnya pada lokasi

yang berbeda. Berdasarkan alasan tersebut, maka dilakukan penelitian dengan judul Pengujian Arthropoda Tanah sebagai Bioindikator Kualitas Tanah pada Sistem Agroforestri Kopi.

5.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan, maka rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana sifat fisik dan kimia tanah yang ada di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks?
2. Apa saja genus arthropoda tanah yang ada di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks?
3. Bagaimana kelimpahan dan keanekaragaman genus arthropoda tanah yang ada di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks?
4. Adakah hubungan antara kelimpahan genus arthropoda tanah dengan sifat fisik dan kimia tanah di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks?
5. Adakah genus arthropoda tanah yang berpotensi sebagai bioindikator kualitas tanah di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks?

5.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis sifat fisik dan kimia tanah yang ada di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks.
2. Mengidentifikasi genus arthropoda tanah yang ada di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks.
3. Menganalisis kelimpahan dan keanekaragaman genus arthropoda tanah yang ada di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks.
4. Menganalisis hubungan antara kelimpahan genus arthropoda tanah dengan sifat fisik dan kimia tanah di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks.
5. Mengetahui genus arthropoda tanah yang berpotensi sebagai bioindikator kualitas tanah di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks.

5.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk:

1. Menambah khazanah ilmu pengetahuan, khususnya tentang keanekaragaman

arthropoda tanah yang ada di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks.

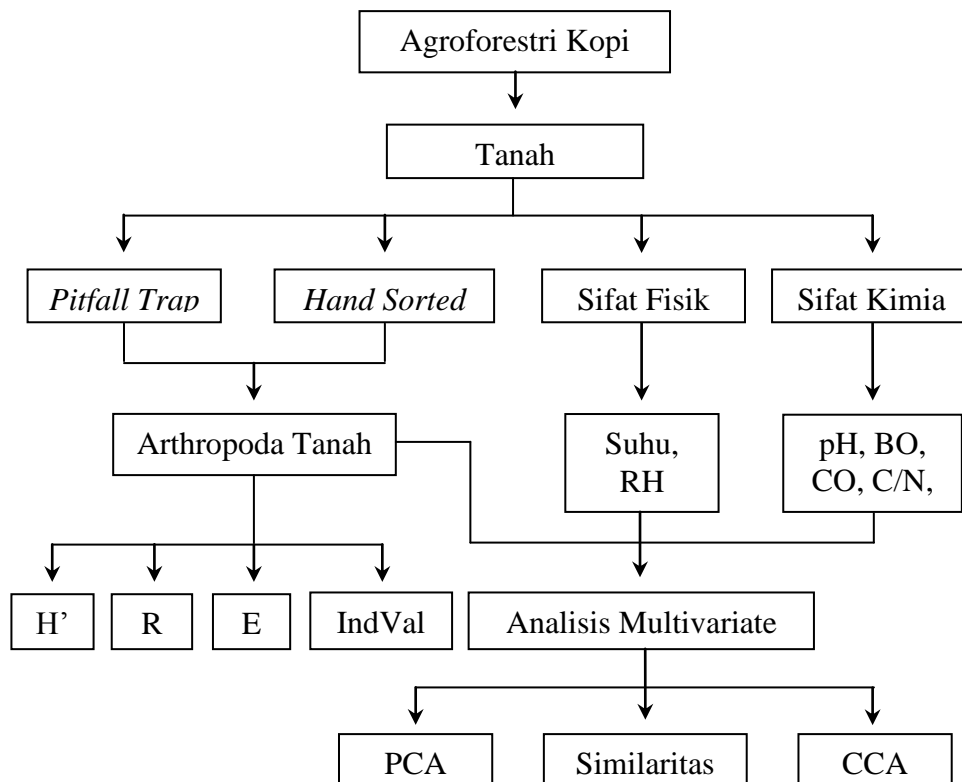
2. Menyediakan informasi tentang arthropoda tanah yang berpotensi sebagai bioindikator kualitas tanah di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks.
3. Membantu pihak pengelola agroforestri dan petani agar lebih mudah dalam memonitor kualitas tanah dengan menggunakan arthropoda tanah.
4. Menyediakan data yang dapat digunakan untuk penelitian berikutnya.

5.5 Metode Penelitian

5.5.1 Waktu dan Tempat

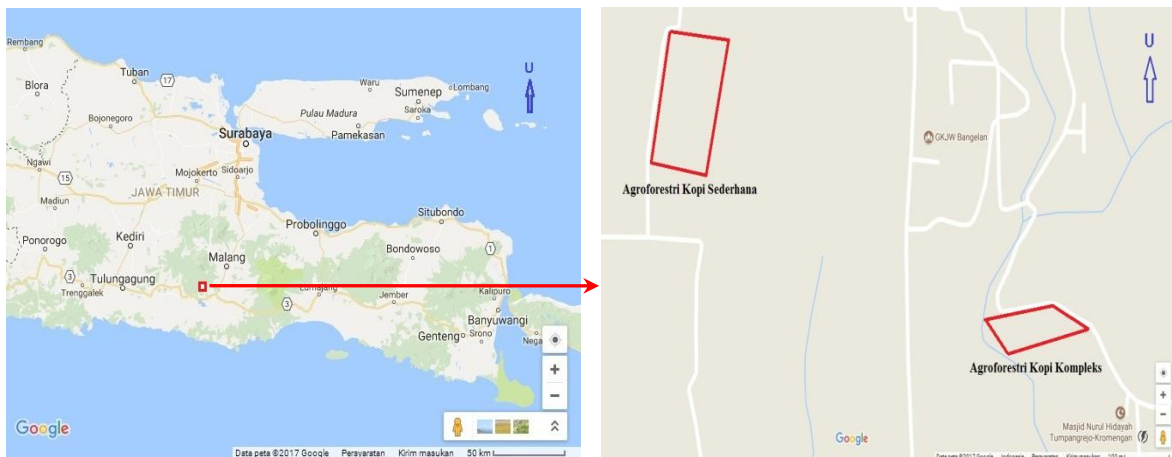
Penelitian dilakukan pada bulan Januari sampai Pebruari 2016 di PT. Perkebunan Nusantara XII Kebun Bangelan dan perkebunan kopi rakyat Desa Bangelan Kecamatan Wonosari Kabupaten Malang.

5.5.2 Kerangka Operasional



Gambar 14. Kerangka operasional penelitian tahap 3

Dilakukan pengamatan pada tanah di Agroforestri Kopi. Pengamatan dilakukan secara langsung, terhadap sifat fisik tanah dan arthropoda tanah. Sifat fisik tanah yang diamati adalah suhu dan kelembaban tanah. Arthropoda tanah diamati dengan menggunakan metode *pitfall trap* dan *hand sorted*. Sifat kimia tanah diamati secara tidak langsung dengan membawa sampel tanah ke laboratorium untuk dianalisis: pH, bahan organik, C organik, C/N, N, P dan K. Data arthropoda tanah dianalisis untuk mengetahui indeks keanekaragaman Shannon (H'), indeks kekayaan Margalef (R), indeks kemerataan (E) dan *Indicator Value Index* (IndVal). Data arthropoda tanah, sifat fisik tanah dan sifat kimia tanah dianalisis multivariate dengan *Principal Component Analysis* (PCA), similaritas Morisita dan *Canonical Correspondence Analysis* (CCA).



A



B



C

Gambar 15. Lokasi penelitian tahap 3. A. Lokasi penelitian dilihat pada peta Jawa Timur (modifikasi Google Maps, 2017), B. Agroforestri Kopi Sederhana, C. Agroforestri Kopi Kompleks

5.5.3 Langkah Penelitian

5.5.3.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di PTPN XII Kebun Bangelan (08°5'25,06" LS 112°28'42,41" BT) dan perkebunan kopi rakyat Desa Bangelan (08°5'47,64" LS 112°29'6,65" BT) (Gambar 15). PTPN XII Bangelan berada pada ketinggian 550-600 m dpl dan jenis tanahnya adalah latosol. Perkebunan kopi yang ada di PTPN XII Bangelan mencirikan Agroforestri Kopi Sederhana. Kopi yang ditanam adalah jenis kopi robusta, dengan jarak tanam 2,5 m x 3 m, tanaman naungannya adalah lamtoro dan setahun sekali dilakukan pemupukan dan pengendalian gulma dengan herbisida. Seresah tanaman tidak banyak (ketebalan ± 3 cm). Perkebunan kopi rakyat yang digunakan untuk penelitian memiliki karakter Agroforestri Kopi Kompleks. Perkebunan kopi rakyat berada pada ketinggian 400-500 m dpl, jenis tanahnya latosol, seresah banyak (ketebalan ± 7 cm), memiliki karakter tumbuhan yang beranekaragam, yaitu kebun yang ditanami kopi robusta, kelapa, pisang, pohon sengon, pohon jati, pohon waru, umbi-umbian, terdapat berbagai jenis tumbuhan penutup tanah, semak belukar dan tumbuhan liana.

5.5.3.2 Pengambilan Sampel Arthropoda Tanah

Di tiap lokasi dilakukan pengambilan sampel arthropoda tanah. Sampel arthropoda tanah diambil dengan cara membuat 3 jalur dan di setiap jalur dibuat 10 titik pengamatan dengan jarak antar titik pengamatan 5 m. Metode yang digunakan untuk mendapatkan sampel arthropod tanah adalah:

A. Metode *Pitfall Trap*

Disiapkan gelas plastik dengan diameter atas 10 cm dan tinggi 7 cm. Gelas plastik diisi 25 ml larutan alkohol 70 % dan 3 tetes larutan detergen. Gelas plastik dibenamkan dalam tanah, sehingga bagian atasnya sejajar dengan permukaan tanah. Perangkap diamati setelah dipasang selama 1 x 24 jam. Arthropoda yang terjebak diambil dan disimpan dalam botol berisi alkohol 70%. Sampel dibawa ke laboratorium untuk diidentifikasi.

B. Metode *Hand Sorted*

Sampel tanah diambil di setiap titik pengamatan dengan ukuran panjang 25 cm, lebar 25 cm dan dalam 30 cm. Tanah ditaruh di alas yang berwarna putih dan dipisahkan dengan tangan. Arthropoda tanah yang ditemukan dihitung sesuai dengan kelompoknya. Diambil sampel tiap kelompok arthropoda tanah dan disimpan dalam botol berisi alkohol 70%. Sampel dibawa ke laboratorium untuk diidentifikasi.

5.5.3.3 Pengukuran Sifat Fisik Tanah

Di setiap titik pengamatan dilakukan pengukuran suhu permukaan tanah, kelembaban permukaan tanah, suhu dalam tanah dan kelembaban dalam tanah. Pengukuran suhu dan kelembaban tanah menggunakan *termohygrometer*.

5.5.3.4 Pengukuran Sifat Kimia Tanah

Sampel tanah sebanyak 0,5 kg diambil dari tiap titik pengamatan. Tanah dibawa ke laboratorium untuk dianalisis: pH, bahan organik, karbon organik, N total, P dan K. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

5.5.4 Analisis Data

Data kelimpahan arthropoda tanah dianalisis untuk mengetahui indeks keanekaragaman Shannon (H'), indeks kekayaan Margalef (R), indeks kemerataan (E) dan *Indicator Value Index* (IndVal). Data sifat fisik dan kimia tanah dari kedua lokasi diuji t untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan lingkungan di kedua lokasi. Analisis multivariate yang digunakan terdiri dari: *Principal Component Analysis* (PCA), similaritas Morisita dan *Canonical Correspondence Analysis* (CCA). Kelimpahan arthropoda tanah dianalisis dengan PCA untuk memetakan arthropoda tanah yang menjadi penciri di setiap lokasi penelitian. Analisis similaritas Morisita dilakukan untuk mengetahui adanya pengelompokan arthropoda tanah atau sifat fisik dan kimia tanah. Untuk mengetahui hubungan antara kelimpahan arthropoda tanah dengan sifat fisik dan kimia tanah, dilakukan analisis CCA. Analisis H' , R, E, uji t, PCA, similaritas Morisita dan CCA menggunakan program PAST versi 3.14, sedangkan analisis IndVal menggunakan software R.

5.6 Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis sifat fisik dan kimia tanah di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks disajikan pada Tabel 11. Berdasarkan Tabel tersebut, dapat diketahui bahwa suhu tanah, kelembaban tanah dan P di kedua lokasi berbeda nyata, sedangkan pH, C organik, N total, rasio C/N, bahan organik dan K tidak berbeda nyata.

Kesesuaian lahan adalah tingkat kesesuaian suatu lahan untuk budidaya tanaman tertentu. Kesesuaian lahan terdiri dari: kesesuaian lahan aktual (penilaian kondisi saat ini) dan kesesuaian lahan potensial (penilaian setelah diadakan perbaikan). Kesesuaian lahan

aktual adalah kesesuaian lahan sebelum lahan tersebut diberikan masukan-masukan yang diperlukan untuk mengatasi kendala. Kesesuaian lahan aktual berdasarkan data sumber daya lahan atau sifat biofisik tanah, berupa karakteristik tanah dan iklim yang berhubungan dengan persyaratan tumbuh tanaman yang dievaluasi. Kesesuaian lahan potensial adalah kesesuaian lahan yang akan dicapai apabila dilakukan usaha-usaha perbaikan (Ritung dkk., 2007). Dari Tabel 11 diketahui bahwa tingkat kesesuaian lahan untuk tanaman kopi robusta di Agroforestri Kopi Sederhana adalah: suhu (28,67 °C) dan pH (4,87) sesuai marginal, kelembaban (81,33 %) cukup sesuai dan C organik (1,26 %) sangat sesuai. Agroforestri Kopi Kompleks memiliki suhu (32,47 °C) dan pH tanah (5,0) sesuai marginal, kelembaban (70 %) dan C organik (0,89 %) sangat sesuai.

Tabel 11. Rerata sifat fisik dan kimia tanah di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks

Parameter	AKS	AKK	p value	Kriteria*
Suhu (°C)	28,67	32,47	0,003	28-32 * sesuai marginal
Kelembaban (%)	81,33	70,00	0,007	45-80 * sangat sesuai
pH	4,87	5,00	0,205	< 5,3 * sesuai marginal 4,5-5,5 ** asam
C organik (%)	1,26	0,89	0,062	> 0,8 * sangat sesuai 1-2 ** rendah
N total (%)	0,17	0,14	0,218	0,1-0,2 ** rendah
Rasio C/N	7,31	6,20	0,195	5-10 ** rendah
Bahan organik (%)	2,18	1,54	0,060	1,7-3 *** sedang
P (mg/kg)	17,88	6,87	0,040	8-10 ** sedang
K (me/100g)	0,85	1,26	0,370	>1** sangat tinggi

Keterangan: AKS: Agroforestri Kopi Sederhana, AKK: Agroforestri Kopi Kompleks.
*: Ritung dkk. (2007), **: Sulaiman dkk. (2005), ***: Hazelton & Murphy (2007)

Di Agroforestri Kopi Sederhana dilakukan pengelolaan tanaman secara intensif, berupa pemberian pupuk dan pengendalian hama dan gulma, sedangkan di Agroforestri Kopi Kompleks tanaman dibiarkan tanpa ada pengelolaan. Hal tersebut berpengaruh terhadap sifat fisik dan kimia tanah di Agroforestri Kopi. Kriteria tanah di Agroforestri Kopi Sederhana adalah: memiliki pH asam (4,87), C organik (1,26 %), N total (0,17 %) dan rasio C/N (7,31) rendah, bahan organik (2,18 %) sedang, P (17,88 mg/kg) sangat tinggi dan K (0,85 me/100g) tinggi. Tanah di Agroforestri Kopi Kompleks mempunyai kriteria pH tanah asam (5), C organik (0,89 %) sangat rendah, N total (0,14 %), rasio C/N (6,2), bahan organik (1,54 %) dan P (6,87 mg/kg) rendah serta K (1,26 me/100g) sangat tinggi.

Tabel 12. Hasil identifikasi arthropoda tanah yang diperoleh dari Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks

No.	Klas	Ordo	Famili	Genus	Peranan	Pustaka
1.	Arachnida	Araneae	Gnaphosidae	<i>Drassyllus</i>	Predator	A, B
2.	Arachnida	Araneae	Hahniidae	<i>Calymmaria</i>	Predator	A, B
3.	Arachnida	Araneae	Lycosidae	<i>Pardosa</i>	Predator	A, B
4.	Chilopoda	Geophilomorpha	Geophilidae	<i>Geophilus</i>	Predator	B, C
5.	Collembola	Entomobryomorpha	Entomobryidae	<i>Lepidocyrtus</i>	Dekomposer	B, D
6.	Collembola	Entomobryomorpha	Isotomidae	<i>Desoria</i>	Dekomposer	B, D
7.	Collembola	Poduromorpha	Onychiuridae	<i>Onychiurus</i>	Dekomposer	B, D
8.	Diplopoda	Polydesmida	Paradoxosomatidae	<i>Oxidus</i>	Dekomposer	B, E
9.	Insekta	Blattodea	Blattidae	<i>Periplaneta</i>	Dekomposer	B
10.	Insekta	Blattodea	Blattidae	<i>Shelfordella</i>	Dekomposer	B
11.	Insekta	Blattodea	Ectobiidae	<i>Blattella</i>	Dekomposer	B
12.	Insekta	Blattodea	Rhinotermitidae	<i>Coptotermes</i>	Dekomposer	B
13.	Insekta	Coleoptera	Carabidae	<i>Elaphropus</i>	Predator	B, F
14.	Insekta	Coleoptera	Carabidae	<i>Pogonus</i>	Predator	B, F
15.	Insekta	Coleoptera	Elateridae	<i>Conoderus</i>	Herbivora	B, F
16.	Insekta	Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Serica</i>	Herbivora	B, F
17.	Insekta	Coleoptera	Staphylinidae	<i>Omalium</i>	Predator	B, F
18.	Insekta	Coleoptera	Staphylinidae	<i>Phanerota</i>	Predator	B, F
19.	Insekta	Hymenoptera	Formicidae	<i>Camponotus</i>	Predator	B, G
20.	Insekta	Hymenoptera	Formicidae	<i>Myrmecocystus</i>	Predator	B, G
21.	Insekta	Hymenoptera	Formicidae	<i>Myrmica</i>	Predator	B, G
22.	Insekta	Hymenoptera	Formicidae	<i>Neoponera</i>	Predator	B, G
23.	Insekta	Hymenoptera	Formicidae	<i>Odontomachus</i>	Predator	B, G
24.	Insekta	Hymenoptera	Formicidae	<i>Ponera</i>	Predator	B, G
25.	Insekta	Orthoptera	Gryllidae	<i>Acheta</i>	Herbivora	B, F
26.	Insekta	Orthoptera	Gryllidae	<i>Allonemobius</i>	Herbivora	B, F
27.	Insekta	Orthoptera	Gryllidae	<i>Eunemobius</i>	Herbivora	B, F
28.	Insekta	Orthoptera	Gryllidae	<i>Gryllus</i>	Herbivora	B, F
29.	Insekta	Orthoptera	Tetrigidae	<i>Neotettix</i>	Herbivora	B, F

Keterangan: A: Dondale (1990), B: VanDyk (2016), C: Mundel (1990), D: Suhardjono dkk. (2012), E: Hoffman (1990), F: Borror dkk. (1989), G: Wheeler & Wheeler (1990)

Dari Tabel 12 diketahui bahwa arthropoda tanah yang berhasil dikoleksi dari Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks terdiri dari 5 klas, 9 ordo, 18 famili dan 29 genus. Arthropoda tanah yang ditemukan terdiri dari klas Arachnida, Chilopoda, Collembola, Diplopoda dan Insekta. Klas Insekta ditemukan paling dominan dibandingkan klas yang lain. Ada 4 ordo dari klas Insekta yang ditemukan, yaitu ordo Blattodea, Coleoptera, Hymenoptera dan Orthoptera. Ordo Coleoptera dan Hymenoptera mempunyai jumlah taksa yang sama, yaitu 6 taksa. Ordo Hymenoptera yang ditemukan semuanya termasuk dalam famili Formicidae, jadi famili Formicidae adalah famili yang

paling dominan dibandingkan famili yang lain. Berdasarkan peranan ekologi arthropoda tanah di Agroforestri Kopi, diketahui bahwa dari 29 taksa, yang berperan sebagai predator ada 14 taksa, dekomposer 8 taksa dan herbivora 7 taksa.

Tabel 13. Kelimpahan genus arthropoda tanah di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks

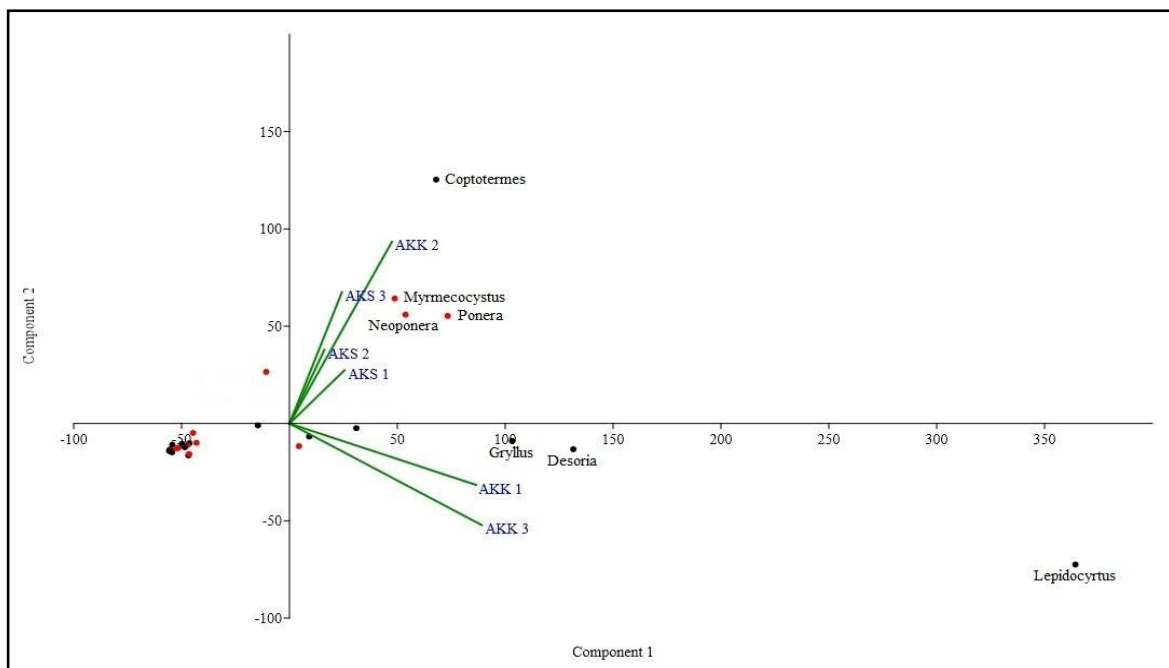
No.	Genus	Agroforestri Kopi Sederhana (ekor)	Agroforestri Kopi Kompleks (ekor)
1.	<i>Drassyllus</i>	7	15
2.	<i>Calymmaria</i>	3	12
3.	<i>Pardosa</i>	5	13
4.	<i>Geophilus</i>	1	5
5.	<i>Lepidocyrtus</i>	137	677*
6.	<i>Desoria</i>	94	300
7.	<i>Onychiurus</i>	4	121
8.	<i>Oxidus</i>	0	1
9.	<i>Periplaneta</i>	6	7
10.	<i>Shelfordella</i>	86	61
11.	<i>Blattella</i>	3	19
12.	<i>Coptotermes</i>	94	256
13.	<i>Elaphropus</i>	0	2
14.	<i>Pogonus</i>	2	2
15.	<i>Conoderus</i>	0	3
16.	<i>Serica</i>	0	2
17.	<i>Omalium</i>	0	16
18.	<i>Phanerota</i>	13	20
19.	<i>Camponotus</i>	22	74
20.	<i>Myrmecocystus</i>	144	166
21.	<i>Myrmica</i>	9	13
22.	<i>Neoponera</i>	188	150
23.	<i>Odontomachus</i>	5	6
24.	<i>Ponera</i>	236*	165
25.	<i>Acheta</i>	27	12
26.	<i>Allonemobius</i>	49	143
27.	<i>Eunemobius</i>	50	90
28.	<i>Gryllus</i>	54	269
29.	<i>Neotettix</i>	0	2

Keterangan: * : jumlah arthropoda tanah tertinggi

Berdasarkan Tabel 13 diketahui bahwa kelimpahan arthropoda tanah tertinggi di Agroforestri Kopi Sederhana diduduki oleh genus *Ponera* (Hymenoptera: Formicidae), sedangkan di Agroforestri Kopi Kompleks diduduki oleh genus *Lepidocyrtus* (Entomobryomorpha: Entomobryidae). Genus *Ponera* adalah anggota kelompok semut. Penelitian Fikri (2016) di agroforestri sederhana, agroforestri kompleks dan hutan

sekunder sekitar Wana Wisata Rawa Bayu, Banyuwangi menunjukkan bahwa semut (famili Formicidae) mendominasi agroforestri sederhana dan hutan sekunder.

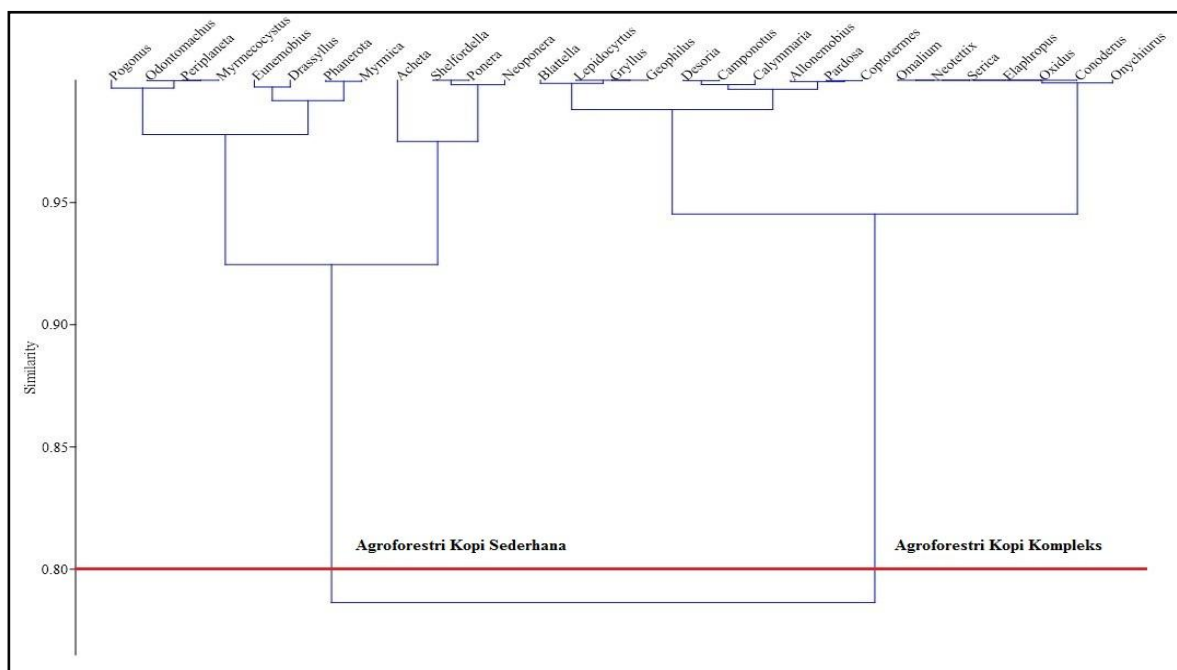
Genus *Lepidocyrtus* masuk dalam kelompok Collembola. Menurut Gibb & Oseto (2006), Collembola bersifat kosmopolit, penyebarannya sangat luas dan dapat dijumpai di berbagai macam habitat. Sebagian besar Collembola memerlukan habitat yang lembab, memakan seresah dari tanaman dan kayu. Suhardjono dkk. (2012) menyatakan bahwa setiap habitat mempunyai komposisi keanekaragaman Collembola yang berbeda. Collembola hidup pada habitat yang berkaitan dengan tanah, yaitu di dalam tanah, permukaan tanah, seresah yang membusuk, kotoran binatang, sarang binatang dan liang-liang.



Gambar 16. Pemetaan genus arthropoda tanah di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks (berdasarkan PCA, genus yang ditampilkan adalah yang menjadi ciri khas lokasi). AKS: Agroforestri Kopi Sederhana, AKK: Agroforestri Kopi Kompleks

Berdasarkan hasil PCA genus arthropoda tanah di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks (Gambar 16) dapat diketahui bahwa arthropoda tanah yang menjadi ciri khas di Agroforestri Kopi Sederhana adalah semut (genus *Myrmecocystus*, *Neoponera* dan *Ponera*), sedangkan di Agroforestri Kopi Kompleks dicirikan oleh rayap (genus *Coptotermes*), Collembola (genus *Lepidocyrtus* dan *Desoria*) dan jengkerik (genus *Gryllus*).

Hasil analisis similaritas Morisita terhadap genus arthropoda tanah yang diperoleh dari Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks menunjukkan bahwa pada similaritas 80%, arthropoda tanah terbagi menjadi 2 kelompok, yaitu Agroforestri Kopi Sederhana ada 12 genus dan Agroforestri Kopi Kompleks ada 17 genus (Gambar 17). Agroforestri Kopi Kompleks mempunyai jumlah genus arthropoda lebih banyak karena vegetasinya lebih kompleks dengan berbagai macam jenis tumbuhan. Menurut Michon & de Foresta (1999), sistem agroforestri kompleks didasarkan pada pohon dengan konfigurasi seperti hutan yang mengasosiasikan sejumlah besar komponen, di antaranya pohon, pohon kecil, liana dan herba yang memiliki fisiognomi dan fungsi sama dengan ekosistem alami.



Gambar 17. Pengelompokan genus arthropoda tanah di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks (berdasarkan indeks similaritas Morisita)

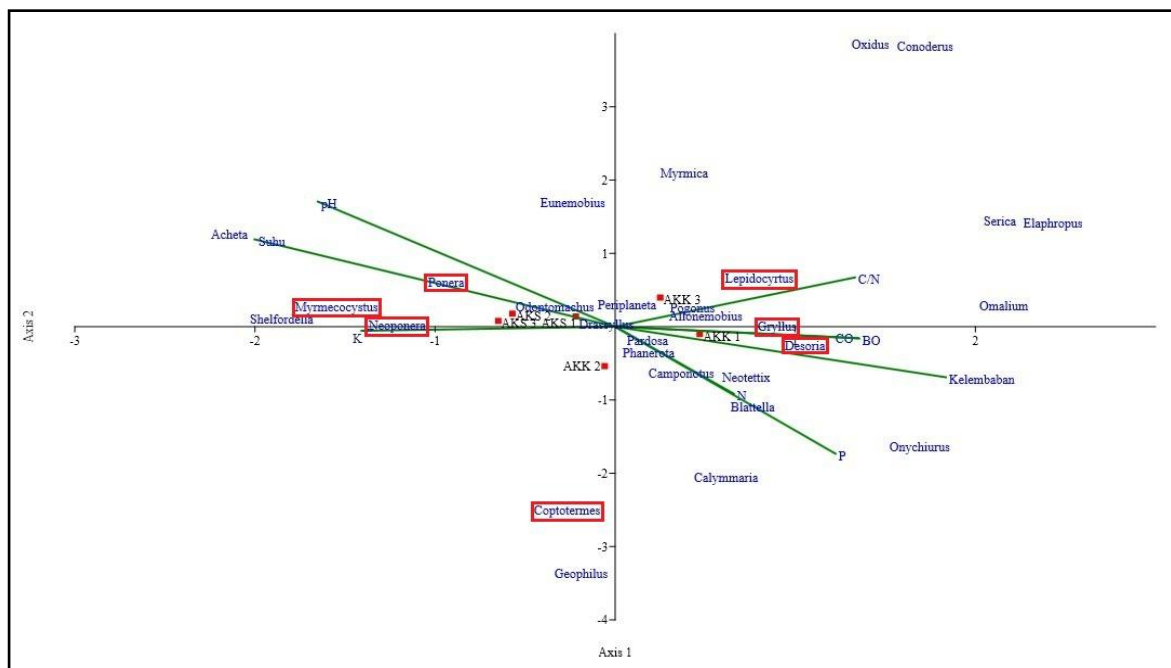
Karakteristik sistem agroforestri kompleks adalah mempunyai struktur vegetasi yang kompleks, jumlah komponen (pohon serta semai, semak, liana, herba) tinggi dan fungsi ekologi serupa dengan yang ada di hutan alam (siklus nutrisi, proses penyebaran dan regenerasi). Karakteristik sistem agroforestri sederhana adalah sebidang tanah yang ditanami campuran antara tanaman tahunan dan tanaman semusim, misalnya satu jenis pohon dan satu atau beberapa jenis tanaman semusim, pohon sebagai tanaman utama (misalnya kelapa) dengan jagung atau kacang tanah, serta kombinasi antara pohon dan semak, misalnya sebidang tanah yang ditanami kopi yang berasosiasi dengan pohon *Erythrina* atau *Gliricidia* (de Foresta dkk., 2000).

Tabel 14. Keanekaragaman genus arthropoda tanah di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks

Parameter	Agroforestri Kopi Sederhana	Agroforestri Kopi Kompleks
Jumlah genus (R)	23	29
Jumlah individu (N)	1.239	2.622
Indeks Shannon (H)	2,47	2,49
Indeks Margalef (R)	3,56	3,09
Indeks Evenness (E)	0,41	0,51

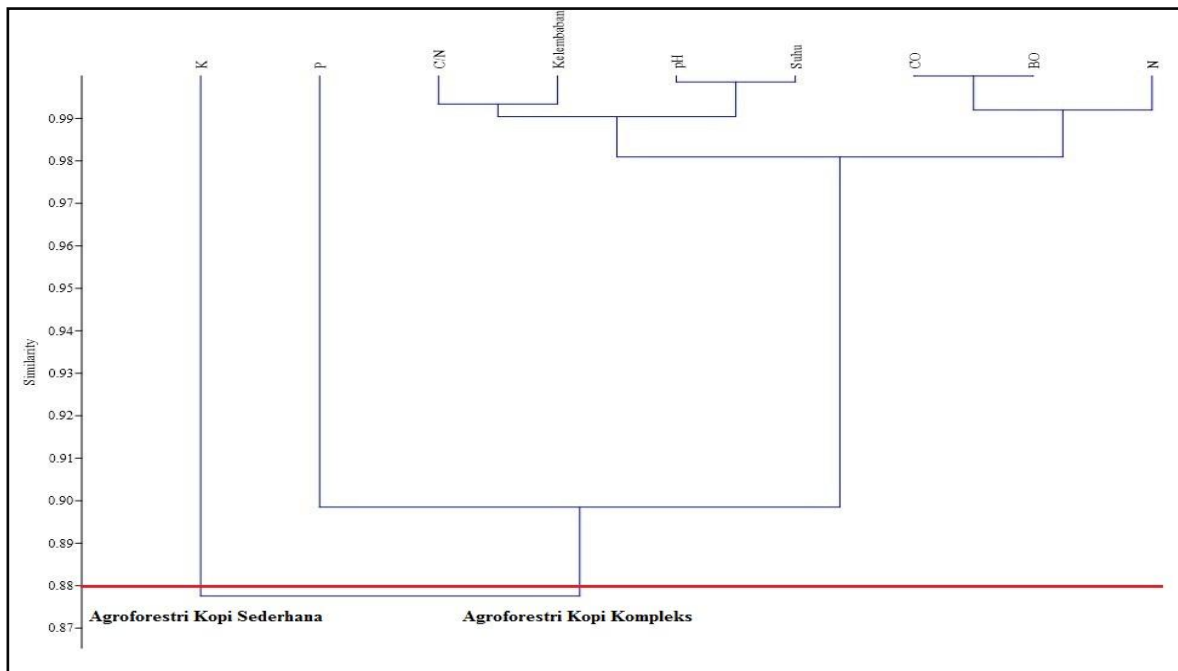
Dari hasil penelitian diketahui bahwa Agroforestri Kopi Kompleks memiliki keanekaragaman yang lebih tinggi dibandingkan Agroforestri Kopi Sederhana. Hal ini dapat dilihat dari jumlah genus (R), jumlah individu (N), indeks Shannon (H) dan indeks kemerataan Evenness (E) di Agroforestri Kopi Kompleks lebih tinggi dibandingkan Agroforestri Kopi Sederhana (Tabel 14).

Sistem agroforestri kopi menyediakan berbagai macam relung dan sumber daya yang menunjang tingginya keanekaragaman tumbuhan dan hewan (Umrani & Jain, 2010). Agroforestri yang tidak mengalami pengelolaan secara intensif akan lebih mirip seperti hutan lindung dan mempunyai kekayaan spesies yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan agroforestri yang dikelola secara intensif (Baghat dkk., 2008).



Gambar 18. Hubungan antara genus arthropoda tanah dengan sifat fisik dan kimia tanah di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks. AKS: Agroforestri Kopi Sederhana, AKK: Agroforestri Kopi Kompleks

Berdasarkan hasil CCA (Gambar 18) dapat diketahui bahwa keberadaan semut (genus *Myrmecocystus*, *Neoponera* dan *Ponera*) di Agroforestri Kopi Sederhana berhubungan dengan pH, suhu dan K. Keberadaan rayap (genus *Coptotermes*), Collembola (genus *Lepidocyrtus* dan *Desoria*) dan jengkerik (genus *Gryllus*) di Agroforestri Kopi Kompleks berhubungan dengan N total, P, C organik, bahan organik, kelembaban dan rasio C/N.



Gambar 19. Pengelompokan sifat fisik dan kimia tanah di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks (berdasarkan indeks similaritas Morisita)

Hasil analisis morisita terhadap sifat fisik dan kimia tanah menunjukkan bahwa pada similaritas 88% terdapat 2 kelompok, yaitu K pada Agroforestri Kopi Sederhana dan yang lainnya masuk kelompok Agroforestri Kopi Kompleks, yaitu: P, kelembaban, pH, rasio C/N, C organik, bahan organik, N total dan suhu (Gambar 19).

Hasil analisis terhadap arthropoda tanah yang berpotensi sebagai bioindikator Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks menunjukkan bahwa di Agroforestri Kopi Sederhana tidak diperoleh bioindikator, sedangkan pada Agroforestri Kopi Kompleks diperoleh genus *Lepidocyrtus* dan *Desoria* (Tabel 15). Genus *Lepidocyrtus* (Entomobryomorpha: Isotomidae) dan *Desoria* (Entomobryomorpha: Isotomidae) adalah kelompok Collembola. Kedua genus Collembola adalah genus yang diketahui berpotensi sebagai bioindikator pada penelitian sebelumnya. Genus *Desoria* adalah kelompok Collembola yang pada penelitian verifikasi berpotensi sebagai

bioindikator di Cagar Alam, sedangkan genus *Lepidocyrtus* berpotensi sebagai bioindikator di Agroforestri Kopi.

Tabel 15. Genus arthropoda tanah yang berpotensi sebagai bioindikator kualitas tanah di Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks

Lokasi	Genus	Indikator Value	p value
Agroforestri Kopi Sederhana	-	-	-
Agroforestri Kopi Kompleks	<i>Lepidocyrtus</i>	0,912	0,005
	<i>Desoria</i>	0,873	0,045

Pemanfaatan Collembola sebagai indikator perubahan tanah sudah banyak dimanfaatkan di beberapa negara Eropa. Collembola mampu menempati berbagai macam habitat, jumlahnya banyak, keanekaragaman cukup tinggi dan peka terhadap perubahan ekosistem. Collembola yang peka terhadap kelembaban tanah akan merespon adanya perubahan kelembaban tanah. Collembola akan bermigrasi ke tempat lain yang mempunyai kelembaban sesuai (Suhardjono dkk., 2012).

Genus *Lepidocyrtus* dan *Desoria* merupakan kelompok Collembola dari famili Isotomidae. Isotomidae dapat dijumpai di berbagai habitat dalam jumlah yang cukup melimpah (Sousa dkk., 2004). Collembola berukuran kecil (antara 1-3 mm), hidup di berbagai macam habitat, yaitu di permukaan tanah, seresah, kulit kayu dan di bawah batu. Collembola memakan jamur, bakteri dan alga. Collembola di ekosistem mempunyai peranan sebagai dekomposer, yaitu dengan menguraikan seresah atau tumbuhan yang sudah mati (Paul dkk., 2011).

Penelitian Badejo dkk. (1998) menunjukkan bahwa kelimpahan Collembola berkorelasi positif dengan kelembaban tanah di hutan dan agroforestri. Genus Collembola yang sering ditemukan adalah *Rhodanella*, *Songhaica* dan *Lepidocyrtus*. Begum dkk. (2011) dalam penelitiannya menemukan kelompok Collembola yang lebih melimpah dibandingkan kelompok arthropoda tanah lainnya. Hal ini disebabkan karena penelitian dilakukan pada musim penghujan, sehingga kondisi tanah sesuai untuk pertumbuhan Collembola.

5.7 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sifat fisik dan kimia tanah di Agroforestri Kopi Sederhana adalah: pH tanah (4,87) asam, C organik (1,26 %), N total (0,17 %), rasio C/N (7,31) dan P (17,88 mg/kg)

rendah, bahan organik (2,18 %) sedang dan K (0,85 me/100g) tinggi. Agroforestri Kopi Kompleks mempunyai kriteria: pH tanah (5) asam, C organik (0,89 %) sangat rendah, N total (0,14 %), rasio C/N (6,2), bahan organik (1,54 %) dan P (6,87 mg/kg) rendah serta K (1,26 me/100g) sangat tinggi.

2. Arthropoda tanah yang diperoleh dari Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks terdiri dari klas Arachnida, Chilopoda, Collembola, Diplopoda dan Insekta. Klas Insekta memiliki jumlah ordo terbanyak, ordo Coleoptera memiliki jumlah famili terbanyak dan famili Formicidae memiliki jumlah genus terbanyak.
3. Kelimpahan arthropoda tanah tertinggi di Agroforestri Kopi Sederhana diduduki oleh semut (genus *Ponera*), sedangkan di Agroforestri Kopi Kompleks diduduki oleh Collembola (genus *Lepidocyrtus*). Agroforestri Kopi Kompleks memiliki keanekaragaman yang lebih tinggi dibandingkan Agroforestri Kopi Sederhana.
4. Kelimpahan Collembola (genus *Lepidocyrtus* dan *Desoria*) di Agroforestri Kopi Kompleks berhubungan dengan N, P, C organik, bahan organik, kelembaban dan rasio C/N.
5. Arthropoda tanah yang berpotensi sebagai bioindikator kualitas tanah di Agroforestri Kopi Kompleks adalah Collembola (genus *Lepidocyrtus* dan *Desoria*).

5.8 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian sejenis untuk mengetahui potensi arthropoda atau jenis fauna tanah yang lain sebagai bioindikator di beberapa tipe ekosistem yang ada di Indonesia.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dalam skala laboratorium untuk menguji respon arthropoda tanah terhadap tekanan lingkungan.
3. Penelitian bioindikator sebaiknya lebih fokus pada salah satu taksa arthropoda dan identifikasi dilakukan sampai tingkat spesies dengan menggunakan DNA barcode.