

BAB IV
PENELITIAN TAHAP 2
VERIFIKASI ARTHROPODA TANAH SEBAGAI BIOINDIKATOR
KUALITAS TANAH DI AGROFORESTRI KOPI

4.1 Pendahuluan

Agroekosistem merupakan salah satu bentuk ekosistem binaan manusia yang ditujukan untuk memperoleh produksi pertanian dengan kualitas dan kuantitas yang tinggi. Agroekosistem umumnya mempunyai keanekaragaman hayati yang rendah dan cenderung seragam, sehingga tidak stabil dan lebih sering mengalami serangan hama, penyakit dan gulma. Petani pada umumnya menggunakan pestisida untuk mengendalikan serangan organisme pengganggu tanaman tersebut (Untung, 2006). Menurut Khasanah (2011), agroekosistem merupakan ekosistem yang tidak stabil. Keseimbangan agroekosistem dapat terjadi jika penggunaan pestisida hanya dilakukan pada saat populasi hama berada di atas ambang ekonomi atau tanpa menggunakan insektisida agar pengendalian terjadi secara alami.

Desmond & Alex (2013) menyatakan bahwa pengelolaan tanah dan aplikasi pestisida di agroekosistem memberikan dampak negatif terhadap kelimpahan dan keanekaragaman arthropoda tanah. Pengolahan tanah sangat diperlukan dalam aktifitas pertanian, namun pengolahan tanah berdampak langsung terhadap arthropoda tanah karena akan merubah agregat tanah, memodifikasi pori tanah dan hubungan pori tanah. Aplikasi pestisida yang digunakan untuk pengendalian hama mempunyai pengaruh yang kuat terhadap keanekaragaman dan kelimpahan arthropoda tanah.

Dampak negatif yang diakibatkan oleh aktifitas pertanian terhadap tanah mendorong para peneliti untuk menemukan strategi pengelolaan sumber daya alam yang selaras dengan proses alam serta dapat melindungi dan mempertinggi kualitas tanah. Identifikasi terhadap indikator kualitas tanah mengalami kesulitan karena harus dilakukan secara menyeluruh terhadap fungsi tanah, faktor fisik, kimia dan biologi tanah pada tempat dan waktu yang berbeda. Bioindikator dapat memberikan peringatan awal terhadap perubahan kualitas tanah. Bioindikator akan memberikan respon terhadap perubahan sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Barrios, 2007).

Arthropoda tanah adalah indikator integritas dan keanekaragaman hayati yang efektif pada ekosistem hutan. Keanekaragaman dan struktur komunitas arthropoda menunjukkan kompleksitas struktur habitat, termasuk perkembangan dan perbaikan

ekosistem hutan setelah terjadi gangguan (Maleque dkk., 2006). Arthropoda tanah dipengaruhi oleh faktor fisik tanah, kimia tanah, iklim dan biologi. Selama perkembangan hidupnya, arthropoda tanah harus beradaptasi terhadap faktor lingkungan tersebut. Hal ini menyebabkan distribusi arthropoda tanah selalu berubah sesuai dengan tempat dan waktu (Eisenbeis & Wichard, 1987).

Pada penelitian eksplorasi yang telah dilakukan di Cagar Alam dan Agroforestri Kopi diperoleh arthropoda tanah yang berpotensi sebagai bioindikator kualitas tanah, yaitu kecoa (genus *Arenivaga*, *Periplaneta*) dan semut (genus *Camponotus*). Kelimpahan genus *Arenivaga* dan *Periplaneta* di Cagar Alam berhubungan dengan C organik, bahan organik dan rasio C/N, sedangkan genus *Camponotus* di Agroforestri Kopi berhubungan dengan N, P, K, kelembaban, pH dan suhu tanah. Hasil penelitian Maftu'ah dkk. (2002) menunjukkan bahwa kelimpahan semut memiliki potensi untuk dijadikan indikator terhadap N-total dan kemantapan agregat tanah, sedangkan kelimpahan rayap berpotensi sebagai indikator terhadap N-total dan kelembaban tanah.

Kelompok arthropoda yang akan digunakan sebagai indikator kualitas tanah perlu dipilih dari arthropoda yang dominan dan ditemukan pada semua jenis tanah, memiliki kelimpahan dan keanekaragaman yang tinggi dan berperan penting terhadap fungsi tanah (Schloter dkk., 2003). Van Straalen (1998) menyatakan bahwa untuk mengembangkan arthropoda tanah sebagai bioindikator terlebih dahulu harus diketahui respon suatu komunitas terhadap beberapa faktor lingkungan dan selanjutnya diuji respon masing-masing spesies terhadap faktor tersebut, sehingga diketahui respon spesies pada berbagai tingkat faktor.

Arthropoda tanah yang sudah diketahui berpotensi menjadi bioindikator perlu diuji kembali untuk mengetahui respon arthropoda tersebut pada lokasi yang sama dengan kondisi lingkungan yang berbeda. Berdasarkan alasan tersebut, maka dilakukan penelitian Verifikasi Arthropoda Tanah sebagai Bioindikator Kualitas Tanah di Agroforestri Kopi.

4.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana sifat fisik dan kimia tanah yang ada di Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem?
2. Apa saja genus arthropoda tanah yang ada di Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem?

3. Bagaimana kelimpahan dan keanekaragaman genus arthropoda tanah yang ada di Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem?
4. Adakah hubungan antara kelimpahan genus arthropoda tanah dengan sifat fisik dan kimia tanah di Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem?
5. Adakah genus arthropoda tanah yang berpotensi sebagai bioindikator kualitas tanah di Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem?

4.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

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

4.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk:

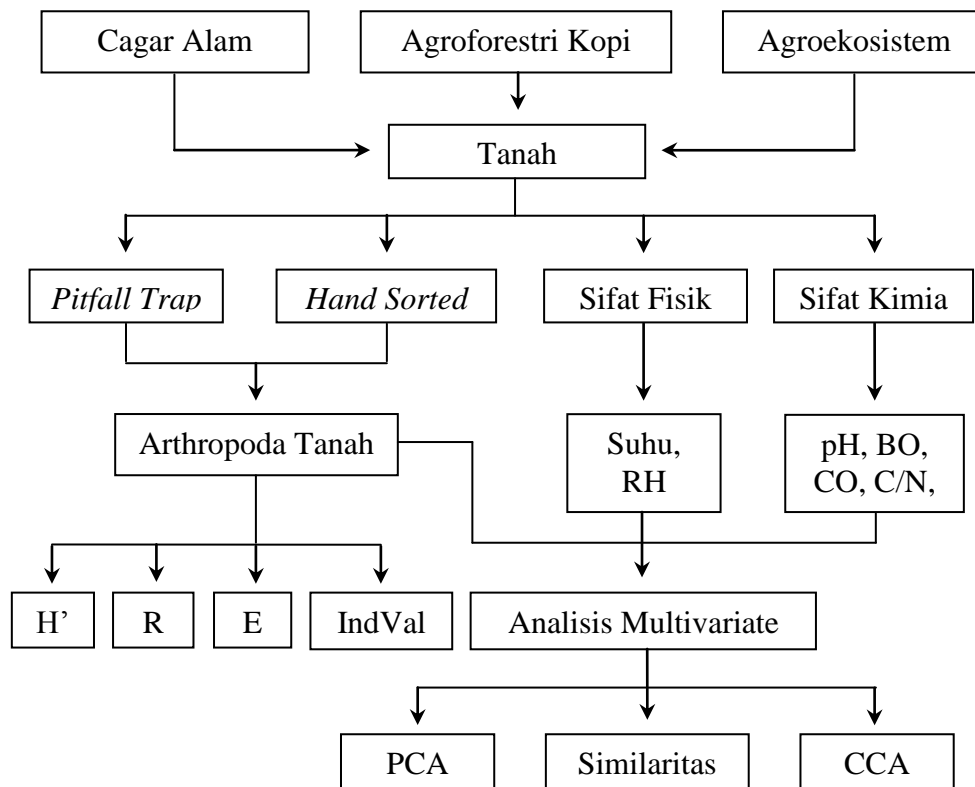
1. Menambah khazanah ilmu pengetahuan, khususnya tentang keanekaragaman arthropoda tanah yang ada di Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem.
2. Menyediakan informasi tentang arthropoda tanah yang berpotensi sebagai bioindikator kualitas tanah di Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem.
3. Menyediakan data yang dapat digunakan untuk penelitian berikutnya.

4.5 Metode Penelitian

4.5.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan April sampai Mei 2015 di Balai Besar Konservasi Sumber Daya Alam Jawa Timur Cagar Alam Manggis Gadungan, perkebunan kopi PT. Mangli Dian Perkasa Desa Mangli Kecamatan Puncu Kabupaten Kediri dan pertanaman cabe Desa Siman Kecamatan Kepung Kabupaten Kediri.

4.5.2 Kerangka Operasional



Gambar 8. Kerangka operasional penelitian tahap 2

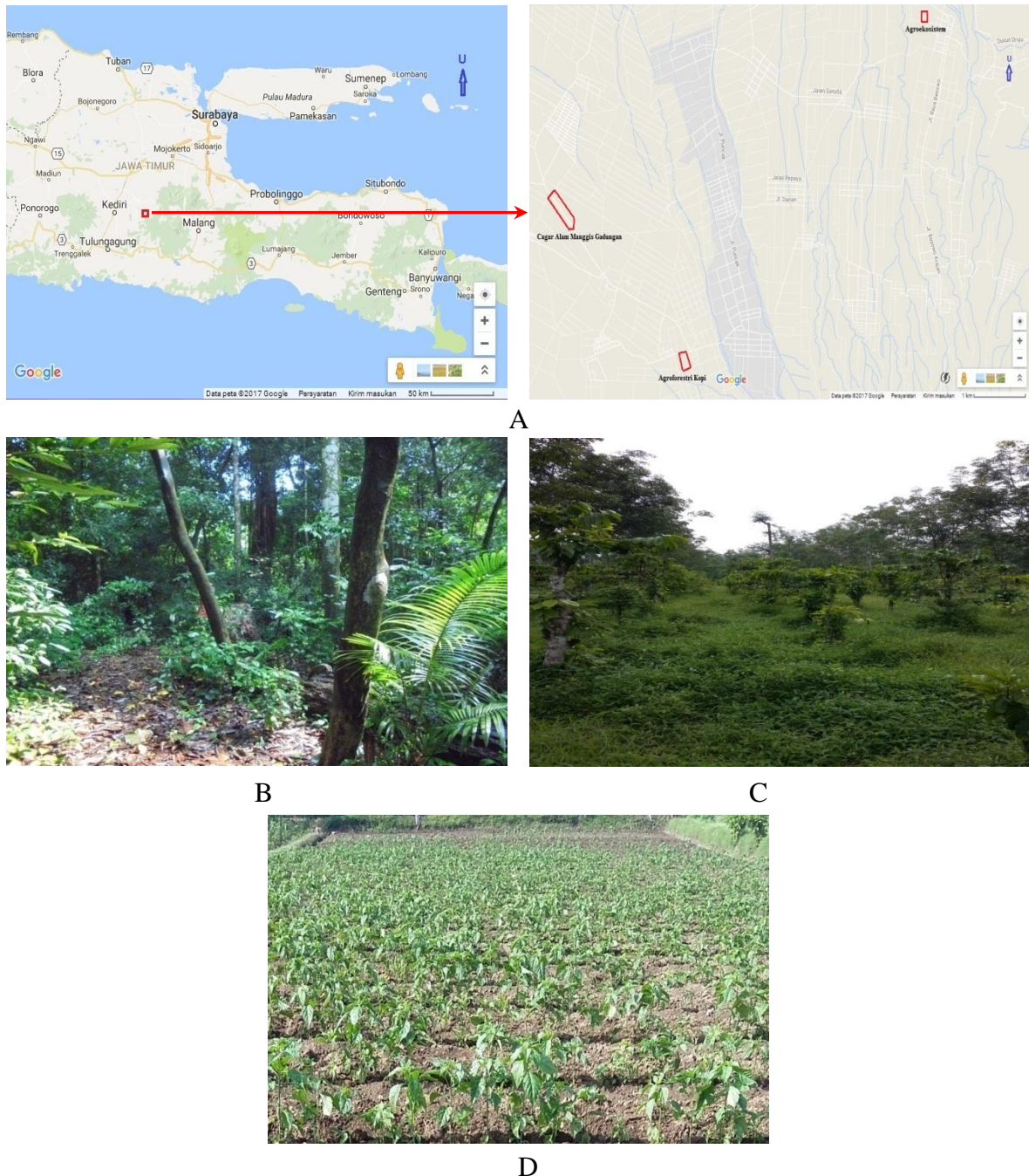
Dilakukan pengamatan pada tanah di Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem. Pengamatan dilakukan secara langsung di lokasi terhadap sifat fisik tanah dan arthropoda tanah. Sifat fisik tanah yang diamati adalah suhu dan kelembaban tanah. Arthropoda tanah diamati dengan menggunakan metode *pitfall 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).

4.5.3 Langkah Penelitian

4.5.3.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Cagar Alam Manggis Gadungan ($07^{\circ}50'47,52''\text{LS}$

112°14'2,69" BT) sebagai perwakilan dari ekosistem alami, perkebunan kopi Mangli (07°52'7,25" LS 112°15'20,51" BT) yang berada di Kecamatan Puncu Kabupaten Kediri dan pertanaman cabe di desa Siman Kecamatan Kepung Kabupaten Kediri (07°49'12,42" LS 112°17'53,64" BT) sebagai perwakilan dari ekosistem binaan (Gambar 9).



Gambar 9. Lokasi penelitian tahap 2. A. Lokasi penelitian dilihat pada peta Jawa Timur (modifikasi Google Maps, 2017), B. Cagar Alam, C. Agroforestri Kopi, D. Agroekosistem

Cagar Alam berada pada ketinggian 300-310 m dpl, Agroforestri Kopi berada pada

ketinggian 450-470 m dpl dan Agroekosistem pada ketinggian 290 m dpl. Tipe tanah di semua lokasi penelitian adalah regosol. Pada saat dilakukan penelitian masih terjadi hujan, kondisi lantai hutan di Cagar Alam lebih banyak ditemukan seresah (ketebalan \pm 15 cm). Pada Agroforestri Kopi seresah tidak banyak (ketebalan \pm 5 cm) dan tumbuhan penutup tanah (rumput dan herba) lebih beranekaragam dibandingkan Cagar Alam. Agroekosistem yang digunakan penelitian adalah pertanaman cabe yang berumur \pm 4 minggu, tanaman sebelumnya adalah bawang merah, kondisi lahan bersih dari tumbuhan gulma, pemeliharaan cabe dilakukan secara intensif, dilakukan pengendalian hama dan penyakit dengan menggunakan pestisida secara terjadwal 2 kali dalam seminggu.

4.5.3.2 Pengambilan Sampel Arthropoda Tanah

Sampel arthropoda tanah diambil dari 3 lokasi penelitian 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 arthropoda tanah adalah:

A. Metode *Pitfall Trap*

Pitfall trap yang digunakan untuk mengkoleksi arthropoda tanah terbuat dari 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.

4.5.3.3 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*.

4.5.3.4 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.

4.5.4 Analisis Data

Data kelimpahan arthropoda tanah dianalisis untuk mengetahui indeks keanekaragaman Shannon (H'), indeks kekayaan Margalef (R), indeks pemerataan (E) dan *Indicator Value Index* (IndVal). Data sifat fisik dan kimia tanah diuji dengan Analisis Varian dan jika terdapat perbedaan yang signifikan dilanjutkan dengan uji BNT $\alpha=5\%$. 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 ciri khas 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 , Analisis Varian, uji BNT, PCA, similaritas Morisita dan CCA menggunakan program PAST versi 3.14, sedangkan analisis IndVal menggunakan software R.

4.6 Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan analisis sifat fisik dan kimia tanah di Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem (Tabel 6), dapat diketahui bahwa suhu dan kelembaban tanah di semua lokasi tidak berbeda nyata. Pada saat dilakukan penelitian masih terjadi hujan, hal ini kemungkinan yang menyebabkan suhu dan kelembaban di semua lokasi tidak berbeda. Berdasarkan tingkat kesesuaian lahan untuk tanaman kopi robusta, Agroforestri Kopi memiliki suhu ($30\text{ }^{\circ}\text{C}$) dan pH (4,7) sesuai marginal, kelembaban (79,0 %) dan C organik (1,49 %) sangat sesuai (Ritung dkk., 2007).

Kriteria sifat fisik dan kimia tanah di Cagar Alam adalah sebagai berikut: pH tanah (6,07) agak asam, C organik (2,2 %), N total (0,24 %) dan P (28,85 mg/100g) sedang, rasio C/N (9,06) rendah, bahan organik (3,82 %) dan K (0,63 me/100g) tinggi. Agroforestri Kopi memiliki pH tanah (4,7) asam, C organik (1,49 %), N total (0,17 %), rasio C/N (8,56) dan K (0,18 me/100g) rendah, bahan organik (2,58 %) sedang dan P (48,47 mg/100g) tinggi.

Agroekosistem memiliki pH tanah (4,4) sangat asam, C organik (0,15 %), N total (0,04 %), rasio C/N (3,19) dan bahan organik (0,25 %) sangat rendah, P (147,86 mg/100g) sangat tinggi dan K (0,36 me/100g) rendah.

Tabel 6. Rerata sifat fisik dan kimia tanah di Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem

Parameter	CA	AK	A		Kriteria
Suhu (°C)	28,20 a	30,00 a	28,20 a	28-32 *	sesuai marginal
Kelembaban (%)	81,33 a	79,00 a	81,33 a	45-80 *	sangat sesuai
pH	6,07 a	4,70 b	4,40 b	< 5,3 * 4,5-5,5 **	sesuai marginal asam
C organik (%)	2,20 a	1,49 b	0,15 c	> 0,8 * 1-2 **	sangat sesuai rendah
N total (%)	0,24 a	0,17 b	0,04 c	0,1-0,2 **	rendah
Rasio C/N	9,06 a	8,56 a	3,19 b	5-10 **	rendah
Bahan organik (%)	3,82 a	2,58 b	0,25 c	1,7-3 ***	sedang
P (mg/100g)	28,85 a	48,47 a	147,86 b	41-60 **	tinggi
K (me/100g)	0,63 a	0,18 c	0,36 b	0,4-0,5 **	sedang

Keterangan: CA: Cagar Alam, AK: Agroforestri Kopi, A: Agroekosistem. *: Ritung dkk. (2007), **: Sulaiman dkk. (2005), ***: Hazelton & Murphy (2007). Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT $\alpha=5\%$

Hasil identifikasi terhadap sampel arthropoda tanah yang berhasil dikoleksi dari Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem menunjukkan bahwa arthropoda tanah terdiri dari 5 klas, 13 ordo, 30 famili dan 51 genus (Tabel 7).

Tabel 7. Hasil identifikasi arthropoda tanah yang diperoleh dari Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem

No.	Klas	Ordo	Famili	Genus	Peranan	Pustaka
1.	Arachnida	Araneae	Gnaphosidae	<i>Drassyllus</i>	Predator	A, B
2.	Arachnida	Araneae	Gnaphosidae	<i>Haplodrassus</i>	Predator	A, B
3.	Arachnida	Araneae	Hahniidae	<i>Antistea</i>	Predator	A, B
4.	Arachnida	Araneae	Hahniidae	<i>Calymmaria</i>	Predator	A, B
5.	Arachnida	Araneae	Hahniidae	<i>Neoantistea</i>	Predator	A, B
6.	Arachnida	Araneae	Liocranidae	<i>Agroeca</i>	Predator	A, B
7.	Arachnida	Araneae	Lycosidae	<i>Pardosa</i>	Predator	A, B
8.	Arachnida	Araneae	Miturgidae	<i>Syspira</i>	Predator	A, B
9.	Arachnida	Araneae	Oxyopidae	<i>Oxyopes</i>	Predator	A, B
10.	Arachnida	Trombidiformes	Trombidiidae	<i>Allothrombium</i>	Parasit	A, B
11.	Chilopoda	Geophilomorpha	Geophilidae	<i>Geophilus</i>	Predator	B, C
12.	Chilopoda	Scolopendromorpha	Scolopendridae	<i>Scolopendra</i>	Predator	B, C
13.	Collembola	Entomobryomorpha	Entomobryidae	<i>Entomobrya</i>	Dekomposer	B, D

Tabel 7. Lanjutan

14.	Collembola	Entomobryomorpha	Entomobryidae	<i>Homidia</i>	Dekomposer	B, D
15.	Collembola	Entomobryomorpha	Entomobryidae	<i>Lepidocyrtus</i>	Dekomposer	B, D
16.	Collembola	Entomobryomorpha	Isotomidae	<i>Desoria</i>	Dekomposer	B, D
17.	Collembola	Entomobryomorpha	Paronellidae	<i>Salina</i>	Dekomposer	B, D
18.	Collembola	Poduromorpha	Neanuridae	<i>Morulina</i>	Dekomposer	B, D
19.	Diplopoda	Polydesmida	Paradoxosomatidae	<i>Oxidus</i>	Dekomposer	B, E
20.	Diplopoda	Spirostreptida	Spirostreptidae	<i>Orthoporus</i>	Dekomposer	B, E
21.	Insekta	Blattodea	Blattidae	<i>Periplaneta</i>	Dekomposer	B
22.	Insekta	Blattodea	Blattidae	<i>Shelfordella</i>	Dekomposer	B
23.	Insekta	Blattodea	Corydiidae	<i>Arenivaga</i>	Dekomposer	B
24.	Insekta	Blattodea	Ectobiidae	<i>Blattella</i>	Dekomposer	B
25.	Insekta	Blattodea	Rhinotermitidae	<i>Coptotermes</i>	Dekomposer	B
26.	Insekta	Coleoptera	Carabidae	<i>Elaphropus</i>	Predator	B, F
27.	Insekta	Coleoptera	Carabidae	<i>Pogonus</i>	Predator	B, F
28.	Insekta	Coleoptera	Carabidae	<i>Tachys</i>	Predator	B, F
29.	Insekta	Coleoptera	Coccinellidae	<i>Delphastus</i>	Predator	B, F
30.	Insekta	Coleoptera	Cryptophagidae	<i>Atomaria</i>	Dekomposer	B, F
31.	Insekta	Coleoptera	Elateridae	<i>Conoderus</i>	Herbivora	B, F
32.	Insekta	Coleoptera	Elateridae	<i>Hemicrepidius</i>	Herbivora	B, F
33.	Insekta	Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Onthophagus</i>	Dekomposer	B, F
34.	Insekta	Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Serica</i>	Herbivora	B, F
35.	Insekta	Coleoptera	Staphylinidae	<i>Omalium</i>	Predator	B, F
36.	Insekta	Coleoptera	Staphylinidae	<i>Phanerota</i>	Predator	B, F
37.	Insekta	Dermaptera	Forficulidae	<i>Euborellia</i>	Predator	B, F
38.	Insekta	Dermaptera	Forficulidae	<i>Forficula</i>	Predator	B, F
39.	Insekta	Hymenoptera	Formicidae	<i>Camponotus</i>	Predator	B, G
40.	Insekta	Hymenoptera	Formicidae	<i>Formica</i>	Predator	B, G
41.	Insekta	Hymenoptera	Formicidae	<i>Myrmecocystus</i>	Predator	B, G
42.	Insekta	Hymenoptera	Formicidae	<i>Myrmica</i>	Predator	B, G
43.	Insekta	Hymenoptera	Formicidae	<i>Neoponera</i>	Predator	B, G
44.	Insekta	Hymenoptera	Formicidae	<i>Odontomachus</i>	Predator	B, G
45.	Insekta	Hymenoptera	Formicidae	<i>Ponera</i>	Predator	B, G
46.	Insekta	Orthoptera	Gryllidae	<i>Acheta</i>	Herbivora	B, F
47.	Insekta	Orthoptera	Gryllidae	<i>Allonemobius</i>	Herbivora	B, F
48.	Insekta	Orthoptera	Gryllidae	<i>Eunemobius</i>	Herbivora	B, F
49.	Insekta	Orthoptera	Gryllidae	<i>Gryllus</i>	Herbivora	B, F
50.	Insekta	Orthoptera	Gryllotalpidae	<i>Scapteriscus</i>	Herbivora	B, F
51.	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 7 dapat diketahui bahwa arthropoda tanah yang ditemukan terdiri dari klas Arachnida, Chilopoda, Collembola, Diplopoda dan Insekta. Klas yang paling banyak ditemukan adalah klas Insekta (31 taksa). Klas Insekta yang ditemukan terdiri dari ordo

Blattodea, Coleoptera, Dermaptera, Hymenoptera dan Orthoptera. Ordo Coleoptera adalah ordo yang paling banyak ditemukan, yaitu 11 taksa. Famili yang banyak ditemukan adalah Formicidae (7 taksa), terdiri dari genus *Camponotus*, *Formica*, *Myrmecocystus*, *Myrmica*, *Neoponera*, *Odontomachus* dan *Ponera*.

Hasil pada penelitian ini sama dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu arthropoda tanah yang banyak ditemukan adalah klas Insekta, ordo Coleoptera dan famili Formicidae. Hal ini menunjukkan bahwa kelompok arthropoda tanah tersebut telah mampu menyesuaikan diri dan bertahan hidup di Cagar Alam dan Agroforestri Kopi, sehingga tetap dapat dijumpai dari waktu ke waktu.

Berdasarkan peranan ekologi dari arthropoda tanah, diketahui bahwa dari 51 taksa, yang berperan sebagai predator ada 262 taksa, parasit 1, dekomposer 15 taksa dan herbivora 9 taksa. Kelompok predator ditemukan sangat dominan dibandingkan kelompok yang lain. Predator berasal dari klas Arachnida, Chilopoda dan Insekta.

Tabel 8. Kelimpahan genus arthropoda tanah di Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem

No.	Genus	Cagar Alam (ekor)	Agroforestri Kopi (ekor)	Agroekosistem (ekor)
1.	<i>Drassyllus</i>	7	45	0
2.	<i>Haplodrassus</i>	1	4	0
3.	<i>Antistea</i>	2	45	2
4.	<i>Calymmaria</i>	2	62	1
5.	<i>Neoantistea</i>	1	0	0
6.	<i>Agroeca</i>	0	3	1
7.	<i>Pardosa</i>	1	25	1
8.	<i>Syspira</i>	0	6	0
9.	<i>Oxyopes</i>	2	4	0
10.	<i>Allothrombium</i>	1	9	0
11.	<i>Geophilus</i>	4	31	6
12.	<i>Scolopendra</i>	2	11	1
13.	<i>Entomobrya</i>	66	334*	61*
14.	<i>Homidia</i>	23	15	1
15.	<i>Lepidocyrtus</i>	41	111	6
16.	<i>Desoria</i>	358*	45	0
17.	<i>Salina</i>	109	3	0
18.	<i>Morulina</i>	2	27	0
19.	<i>Oxidus</i>	2	5	0
20.	<i>Orthoporus</i>	1	0	1
21.	<i>Periplaneta</i>	4	11	0
22.	<i>Shelfordella</i>	5	4	0
23.	<i>Arenivaga</i>	4	4	0
24.	<i>Blattella</i>	9	4	0

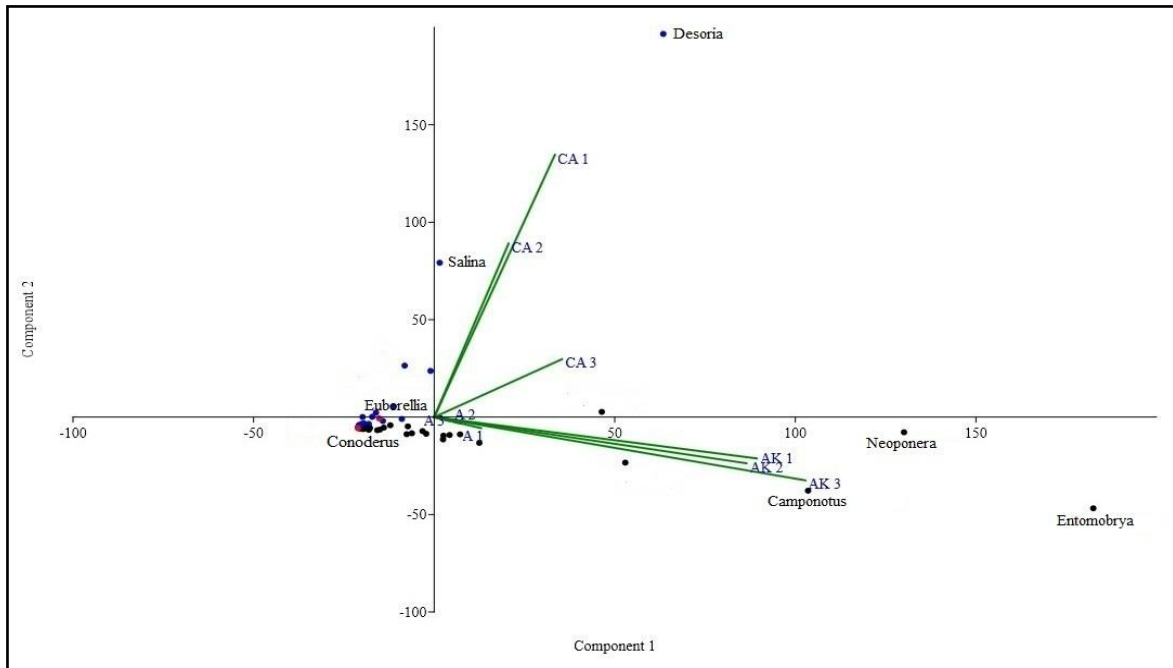
Tabel 8. Lanjutan

25.	<i>Coptotermes</i>	44	23	0
26.	<i>Elaphropus</i>	1	0	0
27.	<i>Pogonus</i>	1	0	0
28.	<i>Tachys</i>	0	1	0
29.	<i>Delphastus</i>	11	0	0
30.	<i>Atomaria</i>	2	3	2
31.	<i>Conoderus</i>	18	1	38
32.	<i>Hemicrepidius</i>	3	1	1
33.	<i>Onthophagus</i>	3	0	0
34.	<i>Serica</i>	2	0	0
35.	<i>Omalium</i>	21	3	0
36.	<i>Phanerota</i>	1	6	0
37.	<i>Euborellia</i>	0	0	19
38.	<i>Forficula</i>	0	0	1
39.	<i>Camponotus</i>	2	235	0
40.	<i>Formica</i>	5	137	6
41.	<i>Myrmecocystus</i>	19	12	2
42.	<i>Myrmica</i>	12	48	1
43.	<i>Neoponera</i>	62	254	7
44.	<i>Odontomachus</i>	6	42	0
45.	<i>Ponera</i>	54	8	0
46.	<i>Acheta</i>	5	1	0
47.	<i>Allonemobius</i>	11	9	0
48.	<i>Eunemobius</i>	5	35	0
49.	<i>Gryllus</i>	9	22	0
50.	<i>Scapteriscus</i>	2	1	0
51.	<i>Neotettix</i>	7	14	0

Keterangan: * : jumlah genus arthropoda tanah tertinggi

Kelimpahan arthropoda tanah tertinggi di Cagar Alam diduduki oleh genus *Desoria*, sedangkan di Agroforestri Kopi dan Agroekosistem diduduki oleh genus *Entomobrya* (Tabel 8). Genus *Desoria* dan *Entomobrya* merupakan kelompok Collembola. Collembola mempunyai kelimpahan tertinggi pada semua lokasi penelitian, yaitu di Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem.

Collembola dapat hidup pada berbagai macam habitat. Setiap habitat mempunyai komposisi keanekaragaman Collembola yang berbeda. Namun sebagian besar hidup pada habitat yang berkaitan dengan tanah, seperti di dalam tanah, permukaan tanah, seresah, kotoran binatang dan liang-liang. Selain itu, Collembola dapat ditemukan pada vegetasi yang ada di atas permukaan tanah, terutama pada tempat yang lembab dan hangat. Collembola dapat dijumpai di antara lembar-lembar lumut, dedaunan, ranting perdu dan seresah yang menempel pada batang pohon (Suharjono dkk., 2012).



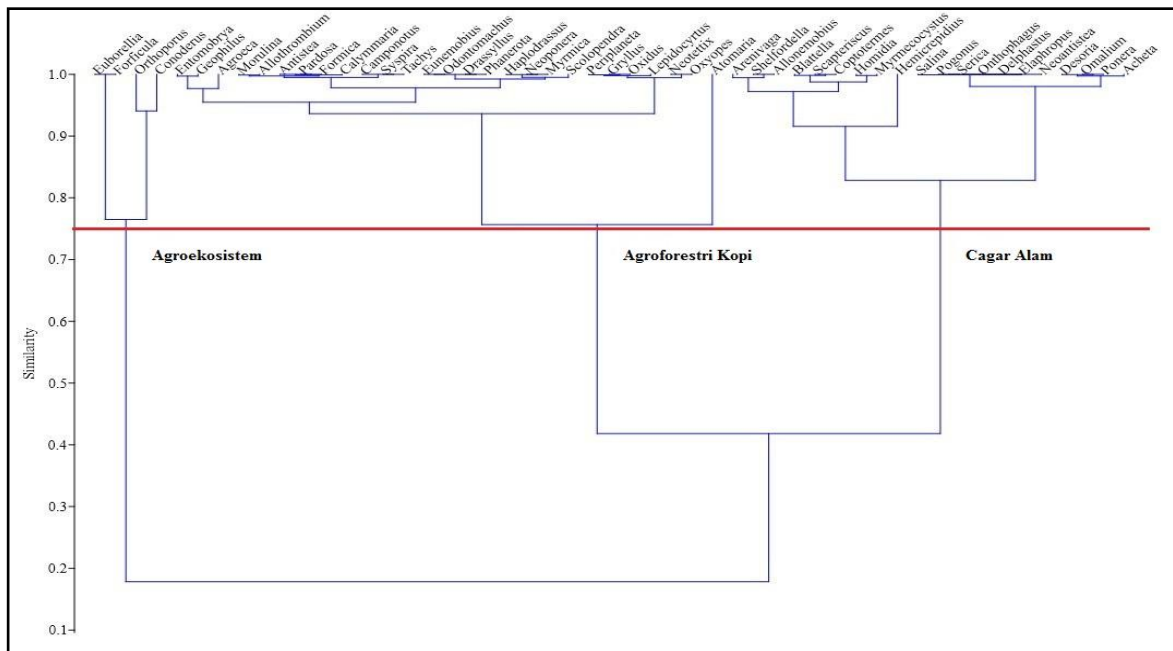
Gambar 10. Pemetaan genus arthropoda tanah di Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem (berdasarkan PCA, genus yang ditampilkan adalah yang menjadi ciri khas lokasi). CA: Cagar Alam, AK: Agroforestri Kopi, A: Agroekosistem

Berdasarkan hasil PCA genus arthropoda tanah (Gambar 10), diketahui bahwa arthropoda tanah yang menjadi ciri khas di Cagar Alam adalah Collembola (genus *Desoria* dan *Salina*). Agroforestri Kopi dicirikan oleh Collembola (genus *Entomobrya*), semut (genus *Neoponera* dan *Camponotus*). Agroekosistem dicirikan oleh keberadaan kumbang (genus *Conoderus*) dan cocopet (genus *Euborellia*).

Collembola (genus *Desoria*, *Salina* dan *Entomobrya*) pada penelitian diketahui sebagai penciri dari Cagar Alam dan Agroforestri Kopi. Cagar Alam dan Agroforestri Kopi tersusun atas berbagai macam tumbuhan. Menurut Suhardjono dkk. (2012), vegetasi merupakan salah satu komponen ekosistem yang ikut menyusun komunitas Collembola. Vegetasi pada permukaan tanah berpengaruh secara tidak langsung terhadap kehidupan Collembola. Komposisi spesies tumbuhan akan mempengaruhi keadaan lingkungan di sekitarnya, misalnya kualitas seresah, tebal tipisnya lapisan seresah, keadaan humus dan kandungan bahan organik tanah.

Hasil analisis similaritas Morisita terhadap genus arthropoda tanah menunjukkan bahwa pada similaritas 75%, dari 51 genus arthropoda tanah terbagi menjadi 3 kelompok, yaitu: Agroekosistem, Agroforestri Kopi dan Cagar Alam. Agroekosistem mempunyai jumlah genus paling sedikit, yaitu 4 genus (genus *Euborellia*, *Forficula*, *Orthoporus* dan

Conoderus). Arthropoda tanah yang masuk kelompok Cagar Alam ada 20 genus dan sisanya 27 genus masuk Agroforestri Kopi (Gambar 11).



Gambar 11. Pengelompokan genus arthropoda tanah di Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem (berdasarkan indeks similaritas Morisita)

Agroforestri Kopi memiliki keanekaragaman yang lebih tinggi dibandingkan lokasi penelitian yang lain (Tabel 9). Hal ini dapat dilihat dari jumlah individu (N), indeks keanekaragaman Shannon (H) dan indeks kemerataan (E) di Agroforestri Kopi lebih tinggi dibandingkan Cagar Alam dan Agroekosistem. Banyaknya tumbuhan di sekitar tanaman kopi di Agroforestri Kopi dapat meningkatkan jumlah arthropoda tanah yang ada di tempat tersebut.

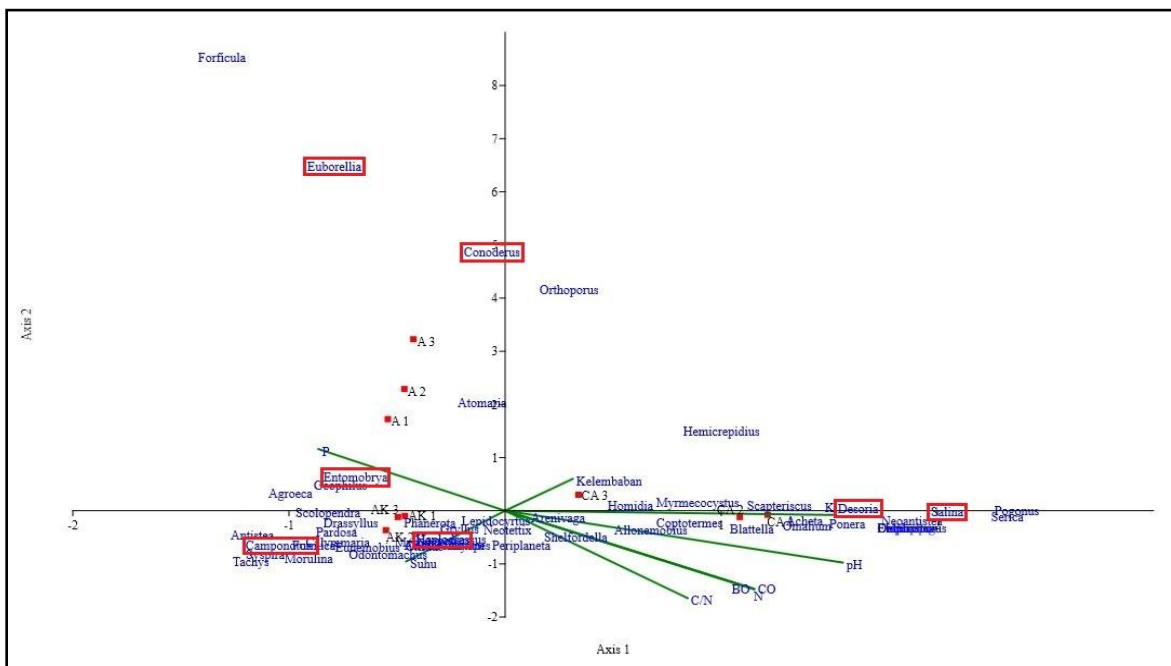
Tabel 9. Keanekaragaman genus arthropoda tanah di Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem

Parameter	Cagar Alam	Agroforestri Kopi	Agroekosistem
Jumlah genus (S)	46	42	19
Jumlah individu (N)	953	1.664	158
Indeks Shannon (H)	2,498	2,749	1,93
Indeks Margalef (R)	6,56	5,53	3,56
Indeks Evenness (E)	0,26	0,37	0,36

Menurut Bennett (2010), terdapat hubungan timbal balik antara tumbuhan dan

hewan yang hidup tanah. Keanekaragaman tumbuhan secara langsung mempengaruhi dan dipengaruhi oleh keanekaragaman hewan tanah. Seresah tumbuhan mendukung keberlangsungan hidup komunitas hewan tanah. Hewan tanah akan mendegradasi seresah menjadi materi yang diperlukan oleh tumbuhan.

Keanekaragaman genus arthropoda tanah terendah ditemukan di Agroekosistem. Agroekosistem yang digunakan untuk penelitian adalah pertanaman cabe. Pertanaman cabe dikelola secara intensif dengan menggunakan pupuk dan pestisida sintetis. Aplikasi pestisida dilakukan secara terjadwal 2 kali dalam seminggu. Hasil penelitian Sanjaya & Dibiyantoro (2012) menunjukkan bahwa aplikasi pestisida sintetis meninggalkan residu di sekitar tanaman cabai, sehingga akan mempengaruhi komunitas serangga. Serangga yang memiliki daya adaptasi rendah akan tersisihkan, sehingga menyebabkan terjadinya perubahan jumlah masing-masing spesies dan berakibat terhadap kesempatan bagi tiap individu untuk dapat memanfaatkan relung yang ada.

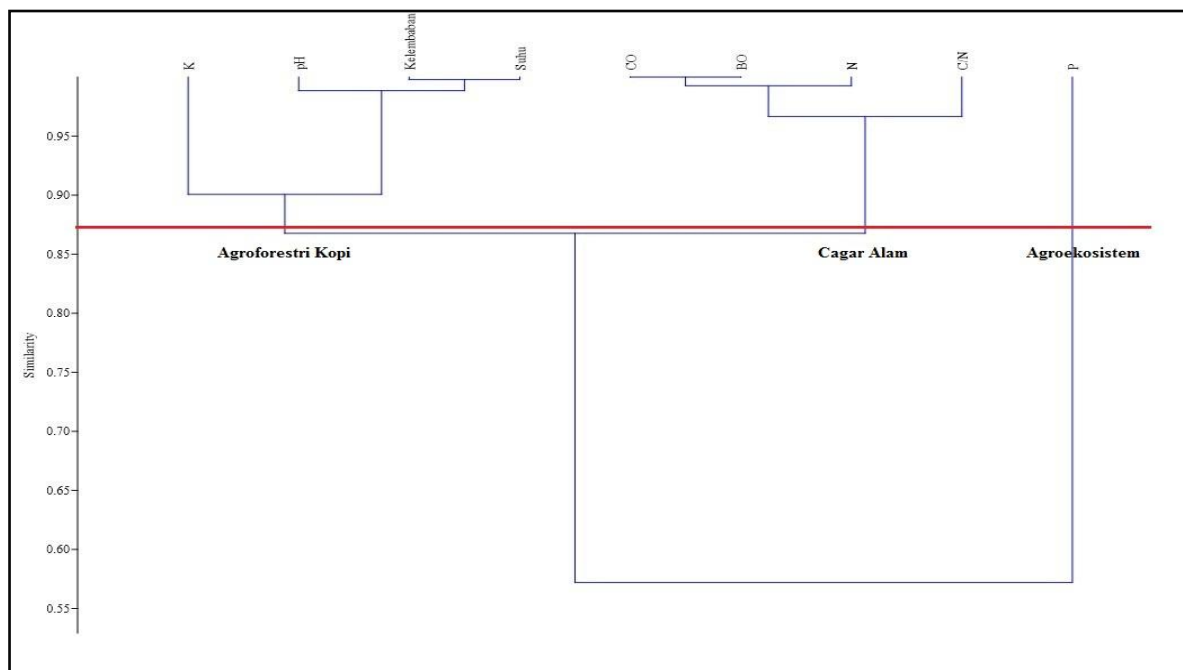


Gambar 12. Hubungan antara genus arthropoda tanah dengan sifat fisik dan kimia tanah di Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem. CA: Cagar Alam, AK: Agroforestri Kopi, A: Agroekosistem

Dari hasil analisis Canonical antara genus arthropoda tanah dengan sifat fisik dan kimia tanah (Gambar 12) dapat diketahui bahwa keberadaan Collembola (genus *Desoria* dan *Salina*) di Cagar Alam berhubungan dengan kandungan C organik, bahan organik, N, rasio C/N, pH, K dan kelembaban, Collembola (genus *Entomobrya*), semut (genus

Neoponera dan *Camponotus*) di Agroforestri Kopi berhubungan dengan suhu, di Agroekosistem keberadaan kumbang (genus *Conoderus*) dan cocopet (genus *Euborellia*) berhubungan dengan P.

Penelitian Fatimah dkk. (2012) menunjukkan bahwa Collembola sebagai salah satu kelompok perombak bahan organik tanah menyukai tempat yang lembab dengan kandungan bahan organik yang tinggi. Komposisi vegetasi berpengaruh terhadap kondisi serasah dan humus di bawahnya. Kondisi tersebut akan menentukan keanekaragaman Collembola.



Gambar 13. Pengelompokan sifat fisik dan kimia tanah di Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem (berdasarkan indeks similaritas Morisita)

Hasil analisis similaritas Morisita terhadap sifat fisik dan kimia tanah menunjukkan bahwa pada similaritas 87,5% terdapat 3 kelompok, yaitu: Agroforestri Kopi, Cagar Alam dan Agroekosistem. Sifat fisik dan kimia tanah yang masuk dalam kelompok Agroforestri Kopi adalah K, pH, kelembaban dan suhu. Sifat fisik dan kimia tanah Cagar Alam terdiri dari: C organik, bahan organik, N dan rasio C/N. Agroekosistem hanya mempunyai 1 anggota, yaitu P (Gambar 13).

Arthropoda tanah yang berpotensi sebagai bioindikator ada 12 genus, yaitu: genus *Desoria* (Entomobryomorpha: Isotomidae) dan *Ponera* (Hymenoptera: Formicidae) sebagai bioindikator di Cagar Alam. Bioindikator di Agroforestri Kopi adalah genus *Myrmica* (Hymenoptera: Formicidae), *Calymmaria* (Araneae: Hahniidae), *Camponotus*

(Hymenoptera: Formicidae), *Pardosa* (Araneae: Lycosidae), *Formica* (Hymenoptera: Formicidae), *Drassyllus* (Araneae: Gnaphosidae), *Geophilus* (Geophilomorpha: Geophilidae), *Gryllus* (Orthoptera: Gryllidae) dan *Lepidocyrtus* (Entomobryomorpha: Isotomidae). Arthropoda tanah yang berpotensi sebagai bioindikator di Agroforestri adalah Genus *Euborellia* (Dermaptera: Forficulidae). Gerlach dkk. (2013) menyatakan bahwa kelompok arthropoda yang berpotensi sebagai bioindikator adalah laba-laba (Araneae), kelabang (Diplopoda), kaki seribu (Chilopoda), belalang dan jengkerik (Orthoptera), kecoa (Blattodea), kumbang (Coleoptera), semut (Hymenoptera) dan Collembola (Tabel 10).

Tabel 10. Genus arthropoda tanah yang berpotensi menjadi bioindikator kualitas tanah di Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem

Lokasi	Genus	Indicator Value	p value
Cagar Alam	<i>Desoria</i>	0,943	0,009
	<i>Ponera</i>	0,933	0,038
Agroforestri Kopi	<i>Myrmica</i>	0,980	0,034
	<i>Calymmaria</i>	0,977	0,034
	<i>Camponotus</i>	0,973	0,034
	<i>Pardosa</i>	0,962	0,034
	<i>Formica</i>	0,962	0,034
	<i>Drassyllus</i>	0,930	0,034
	<i>Geophilus</i>	0,870	0,034
	<i>Gryllus</i>	0,842	0,034
	<i>Lepidocyrtus</i>	0,838	0,034
Agroekosistem	<i>Euborellia</i>	1	0,028

Kelompok semut (Hymenoptera: Formicidae) adalah kelompok arthropoda tanah yang mempunyai jumlah terbanyak sebagai bioindikator. Ada 4 genus semut yang berpotensi sebagai bioindikator, yaitu: genus *Ponera*, *Myrmica*, *Camponotus* dan *Formica*. De Bruyn (1999) menyatakan bahwa semut dapat digunakan sebagai bioindikator kualitas tanah, karena semut mempunyai kelentingan dalam menjaga kualitas tanah. Semut tetap mampu bertahan di tanah, meskipun kondisi lingkungan tidak menentu dan terdapat gangguan di habitatnya.

Pada penelitian eksplorasi yang telah dilakukan sebelumnya di Cagar Alam dan Agroforestri Kopi diperoleh 3 genus arthropoda tanah yang berpotensi sebagai bioindikator kualitas tanah, yaitu kecoa (genus *Arenivaga* dan *Periplaneta*) dan semut (genus *Camponotus*). Pada penelitian ini kecoa (genus *Arenivaga* dan *Periplaneta*) tidak muncul sebagai bioindikator, yang menjadi bioindikator hanya semut (genus *Camponotus*). Genus

Camponotus berpotensi sebagai bioindikator di Agroforestri Kopi, sama seperti pada penelitian sebelumnya.

Genus *Camponotus* adalah kelompok semut yang penyebarannya luas dengan jumlah spesies yang banyak (Brady dkk., 2000). Semut menyusun sebagian besar komunitas terestrial. Semut tersebar luas, jumlahnya banyak dan masa hidupnya panjang, sehingga dapat mempengaruhi sifat fisik tanah dan jaring-jaring makanan di tanah (Boulton & Amberman, 2006). Agroforestri kopi berpotensi untuk konservasi keanekaragaman hayati, namun pengelolaan lahan kopi yang intensif dapat menurunkan keanekaragaman dan menurunkan jasa ekosistem. Keanekaragaman semut di agroforestri kopi pada umumnya akan turun, sejalan dengan peningkatan intensitas pengelolaan lahan (Philpott dkk., 2006).

Pada penelitian ini arthropoda tanah yang berpotensi sebagai bioindikator kualitas tanah di Cagar Alam adalah Collembola (genus *Desoria*) dan semut (genus *Ponera*) sebagai bioindikator C organik, bahan organik, N total dan rasio C/N. Arthropoda tanah yang berpotensi sebagai bioindikator kualitas tanah di Agroforestri Kopi adalah semut (genus *Myrmica*, *Camponotus* dan *Formica*), laba-laba (genus *Calymmaria*, *Pardosa* dan *Drassyllus*), kelabang (genus *Geophilus*), jengkerik (genus *Gryllus*) dan Collembola (genus *Lepidocyrtus*) sebagai bioindikator K, pH, kelembaban dan suhu. Arthropoda tanah yang berpotensi sebagai bioindikator kualitas tanah di Agroekosistem adalah cocopet (genus *Euborellia*) sebagai bioindikator P.

4.7 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sifat fisik dan kimia tanah di Cagar Alam adalah sebagai berikut: pH tanah (6,07) agak asam, C organik (2,2 %), N total (0,24 %) dan P (28,85 mg/100g) sedang, rasio C/N (9,06) rendah, bahan organik (3,82 %) dan K (0,63 me/100g) tinggi. Agroforestri Kopi memiliki pH tanah (4,7) agak asam, C organik (1,49 %), N total (0,17 %), rasio C/N (8,56) dan K (0,18 me/100g) rendah, bahan organik (2,58 %) sedang dan P (48,47 mg/100g) tinggi. Agroekosistem memiliki pH tanah (4,4) sangat asam, C organik (0,15 %), N total (0,04 %), rasio C/N (3,19) dan bahan organik (0,25 %) sangat rendah, P (147,86 mg/100g) sangat tinggi dan K (0,36 me/100g) rendah.
2. Arthropoda tanah yang diperoleh dari Cagar Alam, Agroforestri Kopi dan Agroekosistem 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 Cagar Alam diduduki oleh Collembola (genus *Desoria*), sedangkan di Agroforestri Kopi dan Agroekosistem diduduki oleh Collembola (genus *Entomobrya*). Agroforestri Kopi memiliki keanekaragaman lebih tinggi dibandingkan Cagar Alam dan Agroekosistem.
4. Collembola (genus *Desoria* dan *Salina*) di Cagar Alam berhubungan dengan kandungan C organik, bahan organik, N, rasio C/N, pH, K dan kelembaban, Collembola (genus *Entomobrya*), semut (genus *Neoponera* dan *Camponotus*) di Agroforestri Kopi berhubungan dengan suhu, di Agroekosistem keberadaan kumbang (genus *Conoderus*) dan cocopet (genus *Euborellia*) berhubungan dengan P.
5. Arthropoda tanah yang berpotensi sebagai bioindikator kualitas tanah di Cagar Alam adalah Collembola (genus *Desoria*) dan semut (genus *Ponera*). Bioindikator di Agroforestri Kopi adalah semut (genus *Myrmica*, *Camponotus* dan *Formica*), laba-laba (genus *Calymmaria*, *Pardosa* dan *Drassyllus*), kelabang (genus *Geophilus*), jengkerik (genus *Gryllus*) dan Collembola (genus *Lepidocyrtus*). Bioindikator di agroekosistem adalah cocopet (genus *Euborellia*).

4.8 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian sejenis untuk menguji arthropoda tanah yang berpotensi sebagai bioindikator kualitas tanah pada lokasi berbeda.
2. Pada penelitian berikutnya perlu dilakukan penelitian pada Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks.