

PERAN POPULASI CACING TANAH UNTUK PERBAIKAN SIFAT BIOFISIK TANAH PADA BERBAGAI SISTEM AGROFORESTRI BERBASIS KOPI DI BANGELAN, JAWA TIMUR

Nina Dwi Lestari^{1*}, Raihan Habib², Ieke Wulan Ayu³, Kurniawan Sigit Wicaksono⁴, Nisfi Fari'atul Ifadah⁵
^{1,2,4,5}Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia
³Fakultas Pertanian, Universitas Samawa, Sumbawa Besar, Indonesia
Penulis Korespondensi: nd.lestari@ub.ac.id

Nisfi Fari'atul Ifadah⁵

| Article Info | Abstrak |
|---|--|
| Article History Received: 10 Juni 2025 Revised: 16 Juni 2025 Published: 30 Juni 2025 | Earthworms play a crucial role in improving the biophysical quality of soil by enhancing aeration, porosity, and nutrient availability. However, their population is highly influenced by soil depth and the type of shade plant. This study aimed to explore the relationship between fine root development, earthworm density, and soil physical properties under different shade types in the coffee plantation of PTPN 1 Bangelan, which has experienced productivity decline due to poor soil conditions. The research was conducted from September 2024 to February 2025 across five coffee land blocks with varying shade types (sengon, lamtoro, jabon, clove, and no shade), using a Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications. Soil samples were collected at two depths (0–30 cm and 30–60 cm). The results indicated that shade type significantly affected earthworm density, fine root growth, and soil physical properties. Lamtoro provided the best results, increasing earthworm density by 27,5% (0–30 cm) and 20,51% (30–60 cm), along with a significant increase in total root length and specific root length. Earthworm density also showed a positive contribution to improved soil physical properties, including increased porosity (6,24%), total root length (53,64%), and specific root length (18,09%), as well as reduced bulk density (7,54%) and soil penetration resistance (24,37%). These findings highlight the importance of selecting appropriate shade plants—particularly lamtoro—to support sustainable coffee land management by enhancing soil biophysical quality. |
| Keywords Earthworms; Shade Plants; Fine Roots; Soil Physical Properties; Coffee Plantation; Lamtoro; | |

PENDAHULUAN

Cacing tanah (*Lumbricidae*) merupakan salah satu jenis makrofauna tanah yang memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan dan struktur tanah. Keberadaan dan kepadatan populasinya sangat dipengaruhi oleh tutupan lahan, terutama melalui ketersediaan bahan organik dari seresah tanaman dan sisa organisme lainnya (Dwiastuti *et al.*, 2017). Cacing tanah berkontribusi dalam memperbaiki struktur fisik tanah melalui aktivitas penggalian yang meningkatkan aerasi dan infiltrasi air (Indriani *et al.*, 2024). Peran ekologisnya dalam proses dekomposisi bahan organik dan siklus hara sangat vital, melalui proses pencernaan dan pengeluaran kascing yang kaya unsur hara (Singh *et al.*, 2016). Kedalaman tanah juga berpengaruh terhadap sebaran cacing tanah, di mana lapisan *top soil* umumnya memiliki kandungan bahan organik lebih tinggi dan aerasi lebih baik dibandingkan *sub soil*, sehingga mendukung kepadatan populasi cacing tanah yang lebih tinggi (Mambrasar *et al.*, 2018).

Perkebunan kopi PTPN 1 Bangelan yang terletak di Malang, Jawa Timur, merupakan salah satu kawasan perkebunan dataran tinggi dengan topografi dan iklim mikro yang beragam. Jenis tanah yang mendominasi adalah Inceptisols, yang dikenal memiliki kesuburan kimia rendah dan

kandungan bahan organik yang minim (Setiawati *et al.*, 2020). Salah satu permasalahan utama di kebun ini adalah menurunnya produktivitas kopi. Produksi pada tahun 2024 tercatat sebesar 71,565 ton dengan luas 330,43 ha, mengalami penurunan sebesar 10,7% dibandingkan tahun sebelumnya, yaitu 80,18 ton pada luas 382,44 ha (PTPN 1 Bangelan, 2024).

Penurunan produktivitas ini diduga berkaitan dengan kondisi biofisik tanah yang kurang mendukung. Tanah di kebun Bangelan tergolong padat, dengan ketahanan penetrasi antara 1,7–2,2 MPa, yang melebihi ambang batas optimal bagi pertumbuhan akar tanaman (Gulo & Waruwu, 2024). Selain itu, kandungan C-organik di bawah 2% menunjukkan rendahnya bahan organik yang penting bagi struktur agregat tanah, kapasitas simpan air, dan ketersediaan hara. Tanah dengan karakteristik ini memiliki porositas terbatas dan aerasi buruk, sehingga berpengaruh negatif terhadap aktivitas organisme tanah seperti cacing tanah, serta menghambat pertumbuhan akar tanaman kopi (Anwar *et al.*, 2016).

Salah satu faktor yang memengaruhi kondisi tanah di perkebunan adalah jenis tanaman penayang. Jenis pohon penayang yang umum digunakan di kebun Bangelan antara lain lamtoro, sengon, jabon, dan cengkeh. Tanaman penayang ini memberikan pengaruh terhadap kualitas tanah melalui jumlah dan komposisi seresah, serta aktivitas akar yang berdampak pada distribusi hara dan struktur tanah (Rahmadaniarti, 2015). Naungan yang optimal dapat menjaga kelembapan tanah, menekan laju erosi, dan menstabilkan suhu tanah (Kissinger & Pitri, 2017). Kondisi tersebut selanjutnya berdampak pada aktivitas cacing tanah dan sifat fisik tanah seperti berat isi, porositas, dan ketahanan penetrasi.

Pemanfaatan pohon penayang dan peran biota tanah seperti cacing belum dioptimalkan dalam pengelolaan kebun kopi Bangelan. Jenis naungan memengaruhi intensitas cahaya dan jumlah seresah yang jatuh ke permukaan tanah, yang menjadi sumber makanan utama cacing tanah (Gamasika *et al.*, 2017). Selain itu, perbedaan jenis naungan juga diduga memengaruhi perkembangan perakaran halus tanaman kopi yang berperan penting dalam penyerapan air dan unsur hara (Manullang, 2021). Oleh karena itu, penting untuk mengeksplorasi hubungan antara kepadatan populasi cacing tanah, perkembangan perakaran halus, dan sifat fisik tanah pada berbagai jenis naungan dan kedalaman tanah di kebun kopi Bangelan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah bagi pengelolaan lahan yang lebih optimal dan berkelanjutan dalam sistem budidaya kopi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan perlakuan 5 jenis naungan (sengon, lamtoro, jabon, cengkeh, tanpa naungan) dan 2 kedalaman tanah (0–30 cm dan 30–60 cm) dengan 3 ulangan. Pengambilan cacing tanah dilakukan pada pagi hari menggunakan monolith cacing ukuran 50x50x30 cm, dibedakan berdasarkan kedalaman dan dihitung secara manual dengan metode hand sorting. Sampel akar diambil pada pertengahan tajuk kopi menggunakan bor akar diameter 8 cm dan tinggi 15 cm. Sampel tanah diambil untuk pengujian sifat fisik dan kimia tanah. Identifikasi akar dilakukan dengan metode grid menggunakan kertas

milimeter blok, sementara berat kering akar diperoleh melalui metode gravimetri.

Parameter yang diamati meliputi kepadatan populasi dan biomassa cacing tanah; total panjang akar (*Lrv*), berat kering akar (*Drv*), dan panjang akar spesifik (*Srl*); serta sifat tanah meliputi tekstur, berat isi, berat jenis, porositas, ketahanan penetrasi, dan C-organik. Adapun rumus total panjang akar:

$$Lrv \text{ (cm.cm}^{-3}\text{)} = \frac{\pi \{(H+V)D\}/4}{\text{volumetanah}} \text{ (Tennant, 1975)}$$

Analisis data dilakukan menggunakan RStudio. Uji normalitas dilakukan dengan Shapiro-Wilk, dilanjutkan uji ANOVA pada taraf 5%. Jika berbeda nyata, dilanjutkan dengan uji DMRT. Korelasi dan regresi digunakan untuk melihat hubungan dan pengaruh antar variabel. Rincian parameter yang diamati disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Pengamatan

| Parameter | Variabel | Metode |
|-------------------|--------------------------------------|---|
| Cacing Tanah | Kepadatan cacing tanah | Eksplorasi |
| | Biomassa Cacing | Gravimetri |
| Perakaran Kopi | Total panjang akar (<i>Lrv</i>) | Tennant |
| | Berat kering akar (<i>Drv</i>) | Gravimetri |
| | Panjang akar spesifik (<i>Srl</i>) | <i>Lrv/Drv</i> |
| Sifat Fisik Tanah | Tekstur | Pipet |
| | Berat Isi | Gravimetri dengan ring sampel |
| | Berat Jenis | Piknometer |
| | Porositas | Total Pori = $1 - \frac{B_i}{B_j} \times 100\%$ |
| | Ketahanan penetrasi tanah | <i>Dynamic Cone Penetrometer</i> |
| Sifat Kimia Tanah | C-Organik | <i>Walkley-Black</i> |

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Umum Kebun Bangelan

Penelitian dilaksanakan di Kebun Kopi Bangelan milik PTPN I Regional 5, berlokasi di Kabupaten Malang, Jawa Timur, pada ketinggian 450–682 m dpl dengan suhu 20–26°C. Topografi lahan bervariasi dari datar hingga bergelombang dengan dominasi tanah berjenis Inceptisols yang dikenal memiliki kesuburan rendah (Setiawati et al., 2020). Tekstur tanah umumnya berupa silty clay loam dan silty clay, menunjukkan proporsi debu yang tinggi dan pasir yang rendah, yang mendukung keseimbangan aerasi dan drainase (Yunus et al., 2024). Kebun seluas 883,20 ha ini memiliki populasi kopi robusta sebanyak 504.740 pohon dengan naungan utama lamtoro dan sebagian sengon, jabon, serta cengkeh. Penggunaan pupuk kimia mulai dikurangi dan digantikan dengan pupuk organik seperti bokashi (PTPN XII Bangelan, 2016).

Produksi kopi di PTPN 1 Regional 5 Kebun Bangelan mengalami penurunan dalam 4 tahun terakhir. Jumlah produksi kopi Kebun Bangelan pada tahun 2020 mencapai 90,274 ton dengan luas lahan sebesar 390,56 ha, pada tahun 2021 produksi kopi meningkat mencapai 121,736 ton dengan luas lahan sebesar 399,31 ha, kemudian pada tahun 2022 mengalami penurunan produksi sebesar 113.815 ton dengan luas lahan 374,3 ha, pada tahun 2023 juga

mengalami penurunan produksi sebesar 80,18 ton dengan luas lahan sebesar 382,44 ha dan pada tahun 2024 mengalami penurunan kembali sebesar 71,565 ton dengan luas lahan 330 ha.

Pengaruh Perbedaan Jenis Naungan terhadap Populasi Cacing Tanah

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa jenis naungan memiliki pengaruh sangat signifikan terhadap kepadatan populasi, biomassa, dan berat cacing tanah pada kedua kedalaman, kecuali berat cacing pada sub soil (Tabel 2). Kepadatan tertinggi dicapai oleh kopi naungan lamtoro (KL1) di top soil dengan 51 ekor/m². Seresah lamtoro yang kaya nutrisi dan mudah terurai meningkatkan ketersediaan makanan dan kelembaban tanah (Dwiastuti et al., 2016). KL2 dan KC2 di kedalaman sub soil, menunjukkan kepadatan tertinggi (47 dan 46 ekor/m²). Populasi cacing di sub soil umumnya lebih rendah karena keterbatasan bahan organik dan densitas akar, sebagaimana diamati pada KS2 yang memiliki nilai terendah (38 ekor/m²) (Sari et al., 2015).

Biomassa cacing tertinggi juga ditemukan pada kopi naungan lamtoro di kedua kedalaman (60 g/m² di top soil dan 58,5 g/m² di sub soil). Biomassa ini mencerminkan kondisi lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan cacing (Sadewa et al., 2020). Untuk berat cacing, nilai tertinggi terdapat pada KJ1 (1,297 g/ekor) dan berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya. Berat tubuh cacing yang lebih besar mendukung peningkatan pori tanah melalui aktivitas penggalian (Indriani et al., 2024). Namun, di sub soil, berat cacing tidak menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan, kemungkinan karena homogenitas kondisi lingkungan (Hidayat et al., 2020).

Pengaruh Jenis Naungan terhadap Perakaran Halus

Jenis naungan memengaruhi total panjang akar (Lrv), berat akar (Drv), dan panjang akar spesifik (Srl) secara signifikan, terutama di top soil (Tabel 3). KL1 menunjukkan Lrv tertinggi (0,920 cm/cm³), menunjukkan efektivitas lamtoro dalam mendukung pertumbuhan akar melalui kontribusi seresah dan rhizosfer yang memperbaiki struktur tanah (Rosida, 2018). Kopi tanpa naungan (KK) menunjukkan nilai Lrv terendah di kedua kedalaman akibat kurangnya naungan dan fluktuasi suhu ekstrem (Asiah et al., 2023).

Drv tertinggi justru terdapat pada KK1 (1,129 g/cm³), menunjukkan respons adaptif berupa penebalan akar akibat tekanan lingkungan (Nio dan Torey, 2013). Namun, di sub soil, pengaruh jenis naungan terhadap Drv tidak berbeda nyata, karena pengaruh iklim mikro dari naungan mulai berkurang (Dwiastuti dan Sajidan, 2014).

Srl tertinggi tercatat pada KC1 (0,921 cm/g) dan KL2 (0,962 cm/g), mencerminkan adaptasi akar yang efisien dalam menyerap nutrisi (Mahendra dan Amalia, 2025). Srl terendah ditemukan pada KK1, menunjukkan struktur akar yang tebal dan kurang efisien (Hafsar, 2018).

Pengaruh Jenis Naungan terhadap Sifat Fisik Tanah

Jenis naungan berpengaruh nyata terhadap berat isi tanah (BI), porositas, dan ketahanan penetrasi, khususnya di top soil dan sub soil (Tabel 4), namun jenis naungan tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap berat jenis tanah pada kedua kedalaman. KS1 memiliki BI tertinggi (1,213 g/cm³), sedangkan BI terendah ditemukan pada KJ1 dan KL2. Tanah dengan BI rendah cenderung gembur dan mendukung pertumbuhan akar (Sidik dan Kurniawan, 2025).

Porositas tanah di top soil tidak berbeda nyata, tetapi KL2 menunjukkan porositas tertinggi di sub soil (50,987%), yang mendukung pertumbuhan akar dan aktivitas mikroba (Nisa et al., 2023). Ketahanan penetrasi tertinggi terdapat pada KJ1 dan KK1 (2,102 dan 2,047 MPa), sedangkan KL1 memiliki nilai terendah (1,779 MPa), menunjukkan tanah yang lebih mudah ditembus oleh akar (Kautsar, 2018).

Pengaruh Jenis Naungan terhadap C-Organik Tanah

Jenis naungan menunjukkan pengaruh sangat nyata terhadap kandungan C-organik di top soil dan nyata di sub soil (Tabel 5). KL1 memiliki kandungan C-organik tertinggi (1,279%), jauh lebih tinggi dibandingkan KK1 (0,606%). Kandungan ini berkaitan dengan cepatnya dekomposisi seresah lamtoro yang mempercepat pembentukan bahan organik tanah (Rizqika et al., 2022; Satriawan et al., 2022). Sebaliknya, KK menunjukkan nilai terendah karena minimnya input bahan organik dan paparan langsung terhadap iklim (Asiah et al., 2023).

Tabel 2. Pengaruh Perbedaan Jenis Naungan Kopi terhadap Populasi Cacing Tanah di Kebun Bangelan, Kec. Wonosari

| Jenis Naungan | Kepadatan Populasi (ekor/m ²) | | Kepadatan Biomassa (g/m ²) | | Berat Cacing (g/ekor) | |
|----------------|---|------------------|--|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | Top Soil | Sub Soil | Top Soil | Sub Soil | Top Soil | Sub Soil |
| KC | 42 ^b | 46 ^a | 51 ^{bc} | 55 ^{ab} | 1.215 ^{bc} | 1.201 |
| KJ | 43 ^b | 42 ^b | 55 ^{ab} | 53,5 ^{abc} | 1.297 ^a | 1.288 |
| KK | 40 ^b | 39 ^{bc} | 47,5 ^c | 51,5 ^{bc} | 1.186 ^c | 1.132 |
| KL | 51 ^a | 47 ^a | 60 ^a | 58,5 ^a | 1.185 ^c | 1.239 |
| KS | 43 ^b | 38 ^c | 54,67 ^{ab} | 48,5 ^c | 1.285 ^{ab} | 1.279 |
| <i>P Value</i> | ** | ** | ** | ** | ** | >0,01 ^{tn} |

Tabel 3. Pengaruh Perbedaan Jenis Naungan Kopi terhadap Perakaran Halus di Kebun Bangelan, Kec. Wonosari

| Jenis Naungan | Lrv (cm/cm ³) | | Drv (g/cm ³) | | Srl (cm/g) | |
|----------------|---------------------------|--------------------|--------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | Top Soil | Sub Soil | Top Soil | Sub Soil | Top Soil | Sub Soil |
| KC | 0,717 ^b | 0,630 ^b | 0,765 ^d | 0,871 | 0,921 ^a | 0,635 ^{ab} |
| KJ | 0,498 ^d | 0,392 ^d | 0,846 ^c | 0,748 | 0,347 ^d | 0,335 ^b |
| KK | 0,398 ^e | 0,326 ^d | 1,129 ^a | 0,935 | 0,089 ^e | 0,372 ^b |
| KL | 0,920 ^a | 0,844 ^a | 1,020 ^b | 0,870 | 0,815 ^b | 0,962 ^a |
| KS | 0,639 ^c | 0,513 ^c | 0,753 ^d | 0,789 | 0,727 ^c | 0,422 ^b |
| <i>P Value</i> | ** | ** | ** | >0,01 ^{tn} | ** | * |

Tabel 4. Pengaruh Perbedaan Jenis Naungan Kopi terhadap Sifat Fisik Tanah di Kebun Bangelan, Kec. Wonosari

| Jenis Naungan | BI (g/cm ³) | | BJ (g/cm ³) | | Porositas (%) | | Penetrasi (MPa) | |
|---------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|----------|---------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| | Top Soil | Sub Soil | Top Soil | Sub Soil | Top Soil | Sub Soil | Top Soil | Sub Soil |
| KC | 1,154 ^{ab} | 1,146 ^{ab} | 2,281 | 2,126 | 48,488 | 45,989 ^b | 1,841 ^{bc} | 1,889 ^b |
| KJ | 1,121 ^b | 1,152 ^{ab} | 2,119 | 2,029 | 46,801 | 43,183 ^b | 2,102 ^a | 1,897 ^b |

| | | | | | | | | |
|----------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| KK | 1,182 ^a | 1,154 ^{ab} | 2,170 | 2,115 | 45,554 | 45,395 ^b | 2,047 ^a | 2,168 ^a |
| KL | 1,154 ^{ab} | 1,103 ^b | 2,245 | 2,253 | 48,585 | 50,987 ^a | 1,779 ^c | 1,965 ^{ab} |
| KS | 1,213 ^a | 1,199 ^a | 2,234 | 2,174 | 45,673 | 44,778 ^b | 1,841 ^{ab} | 2,047 ^{ab} |
| <i>P Value</i> | ** | * | >0,1 ^{tn} | >0,1 ^{tn} | >0,1 ^{tn} | ** | ** | * |

Tabel 5. Pengaruh Perbedaan Jenis Naungan Kopi terhadap C-Organik Tanah di Kebun Bangelan, Kec. Wonosari

| Jenis Naungan | C-Organik (%) | |
|----------------|--------------------|---------------------|
| | Top Soil | Sub Soil |
| KC | 0,855 ^b | 0,657 ^{ab} |
| KJ | 0,905 ^b | 0,739 ^{ab} |
| KK | 0,606 ^c | 0,491 ^b |
| KL | 1,279 ^a | 0,880 ^a |
| KS | 0,866 ^b | 0,738 ^{ab} |
| <i>P Value</i> | ** | * |

Keterangan: Bilangan yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada uji lanjut DMRT 5%. * = "nyata"; ** = "sangat nyata"; tn = "tidak nyata". KC: Kopi Naungan Cengkeh; KJ: Kopi Naungan Jabon; KK: Kopi Kontrol; KL: Kopi Naungan Lamtoro; KS: Kopi Naungan Sengon; Top Soil : 0-30 cm; Sub Soil : 30-60 cm.

Hubungan antara Kepadatan Populasi Cacing Tanah, Perakaran Halus, dan Sifat Fisik Tanah

Berdasarkan hasil analisis korelasi antara kepadatan populasi terhadap total panjang akar (*Lrv*) diketahui bahwa nilai koefisien korelasi yang dihasilkan yaitu sebesar 0,741, hal ini menandakan bahwa *Lrv* dengan kepadatan populasi cacing memiliki tingkat hubungan yang kuat dan berinteraksi positif. Interaksi positif ini mengindikasikan bahwa peningkatan kepadatan populasi cacing tanah berkontribusi pada peningkatan *Lrv*. Berdasarkan uji regresi diketahui bahwa nilai koefisien determinasi (R^2) yaitu 0,536 (Gambar 1) artinya implementasi korelasi nilai kepadatan populasi terhadap *Lrv* adalah sebesar 53,6%.

Hasil analisis korelasi antara kepadatan populasi cacing tanah terhadap panjang akar spesifik (*Srl*), diketahui bahwa nilai koefisien korelasi yang dihasilkan yaitu sebesar 0,434. Hal ini menandakan bahwa kepadatan populasi cacing tanah dengan *Srl* memiliki tingkat hubungan yang cukup dan berinteraksi positif. Interaksi positif ini mengindikasikan bahwa peningkatan kepadatan populasi cacing tanah berkontribusi pada peningkatan *Srl*. Berdasarkan uji regresi diketahui bahwa nilai koefisien determinasi (R^2) yaitu 0,180 artinya implementasi korelasi nilai kepadatan populasi terhadap *Srl* adalah sebesar 18%.

Hasil analisis korelasi antara kepadatan cacing tanah terhadap berat isi tanah diketahui bahwa nilai koefisien korelasi yang dihasilkan sebesar -0,257, hal ini menandakan bahwa kepadatan populasi cacing tanah dengan berat isi tanah memiliki tingkat hubungan yang cukup dan berinteraksi negatif. Berdasarkan uji regresi diketahui bahwa nilai koefisien determinasi (R^2) yaitu 0,075 artinya kontribusi peningkatan kepadatan cacing tanah terhadap nilai berat isi tanah adalah hanya sebesar 7,5%.

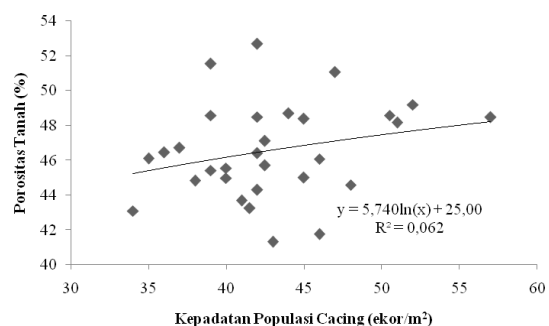
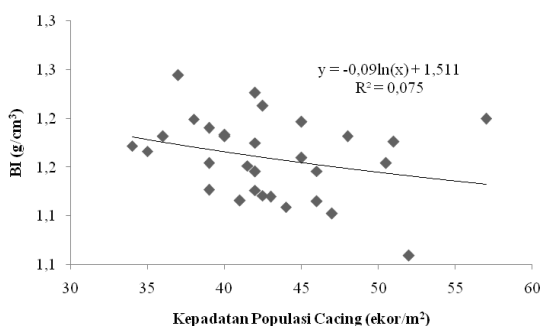
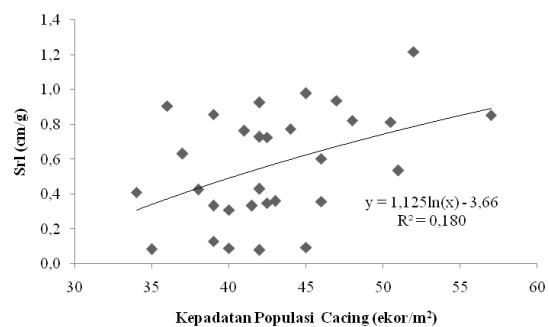
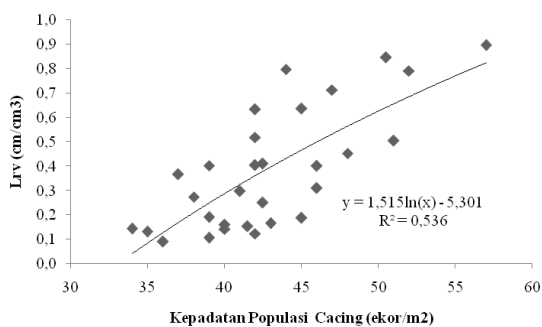
Hasil analisis korelasi antara kepadatan populasi terhadap porositas diketahui bahwa nilai koefisien korelasi yang dihasilkan yaitu sebesar 0,254, hal ini menandakan bahwa porositas

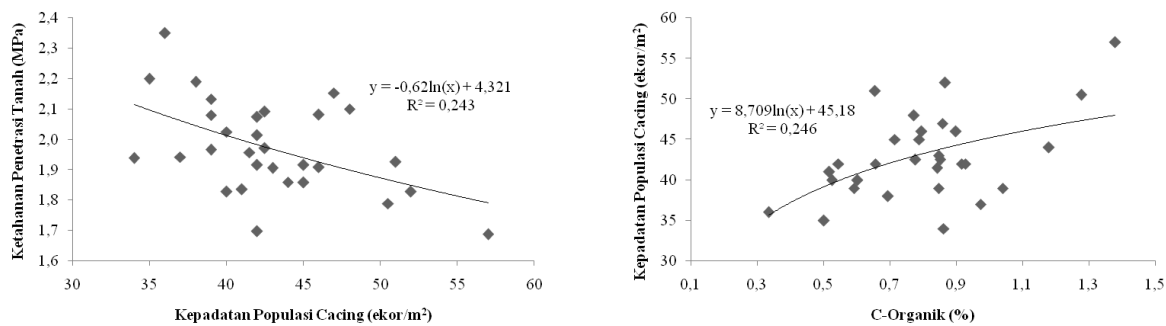
dengan kepadatan populasi cacing memiliki tingkat hubungan yang cukup dan berinteraksi positif. Interaksi positif ini mengindikasikan bahwa peningkatan kepadatan populasi cacing tanah berkontribusi pada peningkatan porositas tanah. Berdasarkan uji regresi diketahui bahwa nilai koefisien determinasi (R^2) yaitu 0,062, artinya implementasi korelasi antara nilai kepadatan populasi terhadap porositas adalah hanya sebesar 6,2%.

Hasil analisis korelasi antara kepadatan populasi terhadap ketahanan penetrasi diketahui bahwa nilai koefisien korelasi yang dihasilkan yaitu sebesar -0,541, hal ini menandakan bahwa ketahanan penetrasi dengan kepadatan populasi cacing memiliki tingkat hubungan yang kuat dan berinteraksi negatif. Koefisien negatif ini secara jelas mengindikasikan bahwa semakin tinggi kepadatan populasi cacing tanah, semakin rendah pula nilai ketahanan penetrasi tanah. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah cacing di dalam tanah berkontribusi pada kondisi tanah yang lebih rendah kepadatannya dan mudah ditembus oleh akar, suatu kondisi yang sangat menguntungkan bagi pertumbuhan akar dan sirkulasi air serta udara di dalam tanah. Berdasarkan uji regresi diketahui bahwa nilai koefisien determinasi (R^2) yaitu 0,243 artinya implementasi korelasi dari nilai kepadatan populasi terhadap ketahanan penetrasi adalah sebesar 24,3%.

Hubungan antara C-Organik dan Kepadatan Populasi Cacing Tanah

Berdasarkan hasil analisis korelasi antara C-organik tanah terhadap kepadatan populasi diketahui bahwa nilai koefisien korelasi yang dihasilkan yaitu sebesar 0,517, hal ini menandakan bahwa C-organik dengan kepadatan populasi cacing memiliki tingkat hubungan yang kuat dan berinteraksi positif. Interaksi positif ini mengindikasikan bahwa peningkatan kandungan C-organik tanah berkontribusi pada peningkatan kepadatan populasi cacing tanah. Artinya, semakin tinggi ketersediaan C-Organik tanah, yang merupakan sumber makanan utama bagi cacing, semakin besar pula populasi cacing yang ditemukan. Berdasarkan uji regresi diketahui bahwa nilai koefisien determinasi (R^2) yaitu 0,246 artinya kontribusi dari nilai bahan organik tanah terhadap kepadatan cacing tanah adalah sebesar 24,6%.





Gambar 1. Hubungan antara a) Kepadatan Populasi Cacing terhadap Total Panjang Akar (*Lrv*) b) Kepadatan Populasi Cacing terhadap Panjang Akar Spesifik (*Srl*) c) Kepadatan Populasi Cacing terhadap Berat Isi Tanah d) Kepadatan Populasi Cacing terhadap Porositas Tanah e) Kepadatan Populasi Cacing terhadap Ketahanan Penetrasi Tanah f) C-Organik terhadap Kepadatan Populasi Cacing Tanah

Nilai korelasi dan determinasi yang tinggi antara kepadatan cacing tanah dan *Lrv* menunjukkan bahwa keberadaan fauna tanah ini sangat berkontribusi terhadap perkembangan sistem perakaran kopi. Aktivitas cacing dalam membentuk liang dan mencampur tanah memperbaiki struktur tanah dan memperbesar pori makro, yang mempermudah penetrasi akar dan meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi dan air (Gofar et al., 2025). Korelasi positif terhadap *Srl* meskipun tidak sekuat *Lrv*, tetap menunjukkan bahwa aktivitas biologis cacing dapat mendorong pembentukan akar halus yang panjang dan efisien, sebagai respons terhadap perbaikan kondisi tanah (Dwiastuti et al., 2016).

Sementara itu, korelasi negatif terhadap berat isi dan positif terhadap porositas menunjukkan bahwa aktivitas cacing juga berperan dalam memperbaiki kondisi fisik tanah. Walaupun nilai R^2 -nya rendah, artinya kontribusi cacing terhadap variabel tersebut bukan satu-satunya faktor utama, namun tetap relevan secara ekologis. Aktivitas menggali cacing tanah mengurangi kepadatan tanah dan memperbesar ruang pori (Hanuf et al., 2022;). Hubungan negatif yang cukup kuat dengan ketahanan penetrasi tanah mengindikasikan bahwa semakin tinggi populasi cacing, semakin gembur tanahnya, sehingga lebih mudah ditembus akar dan mendukung pertumbuhan tanaman (Simarmata, 2012). Efek bioturbasi dari cacing ini penting untuk meningkatkan kualitas tanah secara keseluruhan.

C-organik merupakan salah satu indikator utama kesuburan tanah yang menjadi sumber energi dan nutrisi bagi mikroorganisme dan fauna tanah, termasuk cacing. Pada lahan yang diberi naungan, seperti lamtoro, serasah daun yang mudah terurai memberikan pasokan bahan organik yang stabil, memperkaya kandungan C-organik tanah dan mendukung populasi cacing (Rizqika et al., 2022). Ketersediaan bahan organik juga mempengaruhi tekstur dan kelembaban tanah, menciptakan lingkungan mikro yang sesuai untuk reproduksi dan aktivitas cacing. Hubungan positif ini memperkuat peran C-organik sebagai faktor penting dalam menunjang keberadaan fauna tanah, dan menjadi dasar bahwa pengelolaan bahan organik di lahan perkebunan kopi sangat krusial dalam menjaga kesehatan dan produktivitas tanah (Fajri & Hutabarat, 2014).

KESIMPULAN

Jenis tanaman penayang dapat meningkatkan kualitas biofisik tanah dan pertumbuhan akar halus tanaman kopi di Kebun Bangelan, Kecamatan Wonosari. Naungan lamtoro secara

konsisten menunjukkan hasil terbaik dalam meningkatkan kepadatan populasi cacing tanah, perakaran halus kopi (Lrv dan Srl), serta memperbaiki sifat fisik tanah. Dibandingkan tanpa naungan, tanaman penaung dapat meningkatkan kepadatan populasi cacing hingga 27,5% di top soil dan 20,51% di sub soil, serta meningkatkan panjang akar (Lrv) hingga 158,89% dan Srl hingga 934,83%. Selain itu, peningkatan populasi cacing tanah dapat memperbaiki kualitas tanah, ditunjukkan dengan penurunan berat isi tanah (7,54%), peningkatan porositas (6,24%), dan penurunan ketahanan penetrasi tanah (24,37%). Hasil ini menunjukkan bahwa pengelolaan penaung, khususnya jenis lamtoro, dapat menjadi strategi ekologis yang efektif dalam meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan budidaya kopi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, S., Tjahyandari, D., & Idris, K. (2016). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.
- Asiah, N., Adriati, F., Dewi, D. I., Hidayat, S. G., Apriyantono, A., & Gosal, P. N. (2023). *Cerita Dan Sains Di Balik Cita Rasa Kopi Arabika Java Preanger*. Malang: AE Publishing.
- Dwiastuti, S., & Sajidan, S. (2014). Kontribusi Naungan Pohon terhadap Kepadatan Cacing Tanah. *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, 7(2), 43-46. DOI: <https://doi.org/10.20961/bioedukasi-uns.v7i2.2940>
- Dwiastuti, S., Maridi, M., Suwarno, S., & Puspitasari, D. (2016). Bahan Organik Tanah di Lahan Marjinal dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya. In *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning*, 13(1), 748-751.
- Dwiastuti, S., Sajidan, S., Suntoro, S., & Setyono, P. (2017). Pengaruh Kepadatan Cacing Tanah Terhadap Emisi CO₂ Mesocosm Pada Konversi Lahan Hutan Ke Pertanian. In *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning*, 10(1).
- Fajri, W. N., & Hutabarat, J. (2014). Pengaruh penambahan kotoran ayam, ampas tahu dan tepung tapioka dalam media kultur terhadap biomassa, populasi dan kandungan nutrisi cacing sutera (*Tubifex sp.*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 3(4), 101-108.
- Gamasika, F., Yumnaini, 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/jat.v5i3.1825>
- Gofar, N., Nur, T. P., & Sari, S. A. (2025). *Mengenal Teknologi Pupuk Hayati*. Deepublish.
- Gulo, L. J. M., & Waruwu, P. J. F. (2024). Hubungan Antara Kompaksi Tanah Dan Pertumbuhan Akar: Kajian Fisika Tanah Dalam Pertanian Berkelanjutan. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 1(1), 59-64.
- Hafsar, K. (2018). Kondisi Ekosistem Mangrove di Perairan Sei Carang Kota Tanjungpinang. *Jurnal Akuatiklestari*, 1(2), 8-12. DOI: <https://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v1i2.2288>
- Hanuf, A. A., Ifadah, N. F., Nurin, Y. M., Yunita, D. M., Andreansyah, B., Fitria, L., & Nisa, U. K. (2022). *Pengelolaan Tanah untuk Produksi Tanaman*. Universitas Brawijaya Press.
- Hidayat, F., Syarovy, M., Pradiko, I., & Rahutomo, S. (2020). Aplikasi kotoran sapi untuk perbaikan sifat kimia tanah dan pertumbuhan vegetatif bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) pada Media Sub Soil. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 28(1), 51-58. DOI: <https://doi.org/10.22302/iopri.jur.jpks.v28i1.107>
- Indriani, P., Lubis, P. E. R., Citra, U. D., Misella, N., Rangkuti, M. N. S., & Febriyossa, A. (2024). Efektivitas Cacing Tanah (*Lumbricus rubellus*) Sebagai Agen Bioremediasi Tanah Tercemar Oli Mesin di Kota Medan. *Jurnal Biogenerasi*, 9(2), 1396-1404. DOI: <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v14n2.p229-235>
- Kautsar, V. (2018). Pengaruh budidaya padi organik terhadap kompaksi dan tranformasi lapisan tapak bajak. *AGROTEKNOSE (Jurnal Teknologi dan Enjiniring Pertanian)*, 8(2).

- Kissinger, K., & Pitri, R. M. N. (2017). Bioekologi agroforestry kopi: Tutupan vegetasi dan pola tumbuhan penyusun agroforestry kopi (*Coffea* sp.) di Kecamatan Pengaron Kabupaten Banjar Kalimantan Selatan. *Enviro Scientiae*, 13(2), 150-156. DOI: 10.29244/j-siltrop.14.02.97-105
- Mahendra, M. B. S. P., & Amalia, A. (2025). Pengolahan Air Lindi TPA Jabon Griya Mulyo Sidoarjo dengan Metode Constructed Wetland untuk Menyisihkan Parameter COD. *Jurnal Serambi Engineering*, 10(1).
- Mambrasar, R., Krey, K., & Ratnawati, S. (2018). Keanekaragaman, Kerapatan, dan Dominansi Cacing Tanah di Bentang Alam Pegunungan Arfak. *VOGELKOP: Jurnal Biologi*, 1(1), 22-30. DOI: <http://doi.org/10.30862/jurnalvogelkop.unipa.ac.id>
- Manullang, W. (2021). Efektifitas Penggunaan Naungan Terhadap Perkecambahan Benih Kopi Robusta. *Agrica Ekstensia*, 15(2), 142-148. DOI: <https://doi.org/10.55127/ae.v15i2.102>
- Nio, S. A., & Torey, P. (2013). Karakter morfologi akar sebagai indikator kekurangan air pada tanaman. *Jurnal Bios Logos*, 3(1). DOI : <https://doi.org/10.35799/jbl.3.1.2013.3466>
- Nisa, S., Alvisyahrin, T., & Muyassir, M. (2023). Analisis Indeks Kualitas Tanah Pada Lahan Pertanian di Kecamatan Lhoong Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 8(4), 838-846. DOI: <https://doi.org/10.17969/jimfp.v8i4.28108>
- PTPN XII Bangelan. (2016). *Selayang Pandang Robusta Bangelan*. PT Perkebunan Nusantara XII (Persero), Kebun: Bangelan.
- Rahmadaniarti, A. (2015). Toleransi tanaman porang (*Amorphophallus oncophyllus* Prain.) terhadap jenis dan intensitas penutupan tanaman penangung. *Jurnal Kehutanan Papuaasia*, 1(2), 77-81. DOI: <https://doi.org/10.46703/jurnalpapuasia.Vol1.Iss2.31>
- Rizqika, D. A., Erlita, E., & Hasrizat, I. (2022). Pupuk Cair Daun Lamtoro dan Pupuk Kandang Puyuh terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kailan (*Brassica oleraceae* L.). *Jurnal Agrofolium*, 2(2), 87-97.
- Rosida, D. F. 2018. *Lamtoro Gung sebagai Produk Industri Pangan Masa Kini*. Surabaya: CV. Pandumedia.
- 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. DOI: <https://doi.org/10.23960/jtur.vol2no1.2020.77>
- Sari, Y. K., Niswati, A., Arif, M. S., & Yusnaini, S. (2015). Pengaruh sistem olah tanah dan aplikasi herbisida terhadap populasi dan biomassa cacing tanah pada pertanaman ubi kayu (*Manihot utilissima*). *Jurnal Agrotek Tropika*, 3(3). DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/jat.v3i3.1980>
- Setiawati, M. R., Silfani, Y., Kamaluddin, N. N., & Simarmata, T. (2020). Aplikasi pupuk urea, pupuk hayati penambat nitrogen dan amelioran untuk meningkatkan pH, C-organik, populasi bakteri penambat nitrogen dan hasil jagung pada inceptisols. *soilrens*, 18(2). DOI: <https://doi.org/10.24198/soilrens.v18i2.32071>
- Sidik, A. A., & Kurniawan, M. H. N. (2025). Dampak Kepadatan Tanah Pada Berbagai Penggunaan Lahan Terhadap Erosi Dan Implikasinya Bagi Pertanian Berkelanjutan Di Sub DAS Brantas Hulu. *TERRA: Journal of Forest Management*, 1(1).
- Simarmata, T. (2012). *Ekologi Biota Tanah*. Bandung: Prisma Press Prodaktama.
- Singh, S., Singh, J., & Vig, A. P. (2016). Effect of abiotic factors on the distribution of earthworms in different land use patterns. *The Journal of Basic & Applied Zoology*, 74, 41-50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobaz.2016.06.001>
- Yunus, A. I., Suyadi, S., Cengristitama, C., Marlina, L., Yuliatrri, Y., Rahman, F. A., ... & Sari, M. W. (2024). *Ilmu Tanah*. CV. Gita Lentera.