

Respon makroinvertebrata tanah pada berbagai tingkat paparan pestisida di perkebunan kelapa sawit Desa Mega Timur

Erwan¹, Maidia Solfianti², Loko Jeremia Sembiring³, Sariati⁴, Marisa Eka Prasetyawati⁵

^{1,2,3,4,5}Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Pontianak, Pontianak, Indonesia (8pt)

Article Info

Article history:

Received : May 22, 2026

Revised : Jun 02, 2026

Accepted : Jun 28, 2026

Keywords:

Bioindikator;
Kelapa sawit;
Makroinvertebrata;
Pestisida;
Residu.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak aplikasi berbagai konsentrasi pestisida sintetis terhadap keanekaragaman dan keberadaan makroinvertebrata tanah pada perkebunan kelapa sawit di Desa Mega Timur, Kabupaten Kubu Raya. Penelitian ini dilaksanakan dalam rentang waktu satu bulan dari sebelum perlakuan pestisida dan setelah perlakuan pestisida. Penelitian dilakukan melalui metode eksperimen lapangan dengan jumlah 11 plot pengamatan dengan pengulangan tiga kali dalam luas plot 30 m². Sampel penelitian dianalisis dengan Rancangan Acak Lengkap pada 99 unit contoh tanah yang mencakup variasi konsentrasi pestisida (0, 2, 4, 6, 8, dan 10 ml/L) serta variasi kedalaman tanah (10, 20, dan 30 cm). Metode identifikasi makroinvertebrata melalui pengamatan langsung morfologi invertebrata tanah di plot penelitian. Parameter yang diukur meliputi suhu tanah, pH tanah, kepadatan, kepadatan relatif, dan frekuensi kehadiran. Hasil pengamatan sebelum perlakuan menunjukkan adanya makrofauna seperti cacing tanah, semut, laba-laba, dan kelabang (Chilopoda) dalam kategori frekuensi kehadiran "Asesori" (25%-50%). Sebagian plot menunjukkan adanya makrofauna seperti cacing tanah, semut, laba-laba, dan kelabang (Chilopoda) dalam kategori frekuensi kehadiran "Aksidental" (0%-25%). Namun, satu bulan setelah aplikasi pestisida, ditemukan hilangnya seluruh individu makroinvertebrata (nihil) di plot pengamatan yang diberikan perlakuan dan seluruh kedalaman tanah terkecuali plot pengamatan sebagai kontrol. Kondisi ini mengindikasikan adanya dampak letal Sebagian yang hampir menyeluruh dan persistensi residu kimia yang merusak habitat bioindikator hingga kedalaman 30 cm. Kesimpulannya, penggunaan pestisida sintetis pada rentang konsentrasi tersebut menyebabkan kerusakan habitat makroinvertebrata secara total, yang dalam jangka panjang dapat mengancam fungsi biologis, kesuburan alami, serta produktivitas ekosistem lahan sawit.

This is an open access article under the [CC BY-NC](#) license.



Corresponding Author:

Erwan

Department Agriculture Technology, Politeknik Negeri Pontianak

Jl. Karya Komplek Karya Indah 1 blok D No 9, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat 78000

Email: erwan160@polnep.ac.id

1. PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan komoditas minyak nabati strategis di pasar domestik maupun global. Pada tahun 2023, Indonesia mendominasi pasar internasional dengan memasok 52,55% kebutuhan minyak sawit dunia, yang diaplikasikan pada industri pangan, oleokimia, biodiesel, hingga farmasi ((Hakim et al., 2025). Untuk mencapai produktivitas optimal, tanaman ini memerlukan wilayah tropis basah di rentang 15° LU–15° LS dengan ketinggian ideal 200–500 mdpl; wilayah di atas 600 mdpl cenderung kurang. Persyaratan tumbuh lainnya mencakup curah hujan tahunan sebesar 2000–3500 mm yang tersebar stabil minimal 100 mm per bulan, suhu harian 24–29 °C (terbaik pada 25–27 °C), serta durasi penyinaran matahari selama 5–12 jam setiap harinya (Alfajar et al., 2021).

Permintaan global terhadap kelapa sawit terus melonjak seiring dengan vitalnya peran *Crude Palm Oil* (CPO) sebagai bahan baku utama berbagai industri manufaktur, seperti minyak goreng, margarin, sabun, lilin, hingga produk kosmetik. Sebagai produsen terbesar, Indonesia mengoperasikan perkebunan kelapa sawit terluas di dunia, di mana setiap pabrik pengolahan mampu memproses rata-rata 45 hingga 90 ton tandan buah segar (TBS) dengan durasi operasional mencapai 20 jam per hari. Kendati memegang status sebagai pemasok utama CPO di pasar global, Indonesia menghadapi tantangan besar dalam aspek efisiensi ekspor. Berdasarkan analisis daya saing menggunakan metode *Revealed Comparative Advantage* (RCA), performa perdagangan Indonesia justru berada di bawah negara kompetitor. Indonesia hanya mencatatkan indeks RCA sebesar 0,98, tertinggal dari Malaysia (1,04) dan Thailand (1,45). Realitas ini menunjukkan adanya paradoks ekonomi, di mana dominasi volume produksi kelapa sawit Indonesia belum berbanding lurus dengan keunggulan komparatif dan daya saingnya di pasar internasional (Syafira et al., 2022).

Provinsi Kalimantan Barat mengukuhkan posisinya sebagai sentra sawit nasional dengan luas lahan 2,2 juta hektar pada 2023, yang mencakup ekosistem mineral hingga lahan basah. Di Kabupaten Kubu Raya, potensi pengembangan sangat besar berkat tingginya populasi pekebun mandiri. Walaupun produksi di Kubu Raya menembus 300 ribu ton pada 2023 (Sungai Ambawang menyumbang 21.438 ton), fluktuasi hasil panen mengindikasikan adanya inefisiensi manajemen budidaya di tingkat petani. Secara geofisik, Sungai Ambawang didominasi lahan gambut. Dengan luas 342.984 hektar atau 60% dari total wilayah, Kubu Raya memiliki sebaran gambut terbesar di Kalimantan Barat. Kendala biofisik seperti pH rendah dan kejenuhan air tinggi mengharuskan tata kelola agronomis yang jauh lebih rumit dan presisi dibandingkan lahan mineral. Tanpa intervensi yang tepat, produktivitas di lahan organik ini terancam mengalami degradasi jangka panjang (Siahaan et al., 2025).

Secara lebih spesifik, penelitian ini difokuskan di Desa Mega Timur, salah satu wilayah di Kecamatan Sungai Ambawang yang merepresentasikan karakteristik tersebut. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada keberadaan lahan perkebunan Mega Timur yang selama ini memiliki fungsi strategis sebagai laboratorium lapangan dan kebun percobaan praktikum mahasiswa. Aktivitas akademik yang intensif di kawasan ini menjadikannya sebagai pusat demonstrasi plot (demplot) untuk berbagai uji coba budidaya tanaman, mulai dari standarisasi teknik perawatan, manajemen pengendalian hama dan penyakit, aplikasi penyemprotan input kimia maupun organik, hingga implementasi teknis agronomis perkebunan lainnya. Sehingga penelitian ini untuk mengamati kondisi struktur komunitas makroinvertebrata yang berhabitat langsung di kebun percobaan.

Di sektor pertanian, aplikasi pestisida merupakan praktik umum yang bertujuan untuk mengendalikan populasi hama dan penyakit demi menjaga kuantitas hasil panen. Kendati demikian, penggunaan yang berlebihan berpotensi mengganggu stabilitas lingkungan, termasuk memutus rantai makanan dalam ekosistem dan memicu kontaminasi air tanah di kawasan budidaya. Hingga saat ini, pestisida masih diaplikasikan secara luas pada perkebunan kelapa sawit, baik skala rakyat maupun industri (perusahaan) (Sinambela BR., 2024). Pilihan ini diambil karena dinilai lebih efisien serta memberikan dampak instan dalam mengeradikasi gulma dan hama dalam waktu singkat. Secara definisi, pestisida merupakan senyawa kimia yang digunakan untuk menekan organisme pengganggu tanaman (OPT), dengan klasifikasi yang meliputi herbisida, insektisida, fungisida, dan bakterisida. Pemanfaatan bahan kimia ini sebagai instrumen pengendali OPT telah berlangsung selama beberapa dekade. Era pestisida sintetis sendiri dimulai pasca-penemuan *Dichlorodiphenyltrichloroethane* (DDT) pada tahun 1939, yang memicu adopsi massal karena efikasinya yang superior dibanding bahan alami. Pada umumnya, pestisida sintetis diformulasikan secara spesifik untuk sasaran tertentu; misalnya antrakuinon (antraksin) untuk mengatasi hama semut dan profenofos untuk mengendalikan lalat buah.

Produktivitas tanaman kelapa sawit secara signifikan dipengaruhi oleh keanekaragaman fauna tanah, termasuk organisme yang berperan sebagai dekomposer. Makrofauna tanah yang

bertindak sebagai pengurai berkontribusi dalam pembentukan humus, yang selanjutnya menyediakan nutrisi esensial bagi pertumbuhan tanaman (Wulandari & Andriani, 2024). Melalui fungsi dekomposisi tersebut, makrofauna tanah memegang peranan krusial dalam pemeliharaan kualitas tanah, sehingga mampu mendongkrak performa tanaman budidaya (Jamin, 2025). Di sisi lain, variasi tingkat produktivitas kelapa sawit dipicu oleh berbagai faktor pembatas, di antaranya karakteristik tanah dan kondisi iklim. Karakteristik fisikakimia tanah yang berbeda secara langsung memengaruhi pertumbuhan tanaman, yang pada akhirnya akan menentukan kualitas serta kuantitas hasil produksi yang dihasilkan.

Sebagai komponen krusial dari biodiversitas bawah tanah, makrofauna tanah memegang peranan penting dalam memelihara dan memulihkan kesuburan tanah. Melalui mekanisme imobilisasi dan humifikasi, organisme ini berkontribusi signifikan terhadap perbaikan karakteristik fisik, kimia, serta biologi tanah (Wasis & Sajadad, 2024). Sifatnya yang sangat sensitif terhadap dinamika lingkungan menyebabkan makrofauna tanah rentan terdampak oleh aktivitas alih fungsi lahan, seperti konversi lahan menjadi perkebunan kelapa sawit yang berpotensi mendegradasi keanekaragaman hayati tanah. Terkait hal ini, sejumlah studi menunjukkan bahwa cacing tanah dapat dioptimalkan sebagai bioindikator sensitif terhadap perubahan penggunaan lahan. Aktivitas biologis cacing tanah terbukti mampu memperbanyak pori makro tanah yang berimplikasi pada perbaikan sistem aerasi dan drainase (Juliarni et al., 2024). Lebih lanjut, dinamika tersebut merangsang peningkatan agregasi serta struktur tanah, memperkaya kandungan unsur hara ketersediaan, dan bermuara pada peningkatan produktivitas lahan. Di samping itu, mobilitas cacing tanah di dalam tanah juga berfungsi sebagai mikrohabitat, inang, sekaligus vektor penyebaran bagi beragam mikroorganisme, khususnya bakteri dan aktinomisetes. (Sari et al., 2025)

Sebagai bagian integral dari biodiversitas bawah tanah, makrofauna berperan aktif dalam merekayasa sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Saputra & Agustina, 2019). Keberadaan serta kelimpahan makrofauna ini sangat bergantung pada kondisi edafis, terutama ketersediaan bahan organik tanah. (Chotimah et al., 2020). Praktik monokultur pada perkebunan secara signifikan menurunkan keanekaragaman vegetasi, yang berisiko merusak sifat fisik dan kimia tanah akibat kurangnya asupan residu tanaman (Theobroma et al., 2018). Wasis dan Dwi (2024) menambahkan bahwa diversitas makrofauna ini dikendalikan oleh tipe vegetasi, variabel klimatis (suhu, kelembapan, intensitas cahaya), serta kondisi edafis (bobot isi, porositas, suhu tanah, pH, C-organik, respirasi, bobot serasah, dan kadar air (Wasis & Sajadad, 2024).

Di lokasi yang sama, yaitu perkebunan percobaan Mega Timur, studi terdahulu oleh (Mutaqin et al., 2022). menguji dampak aplikasi lahan (land application) limbah cair pabrik kelapa sawit terhadap konsentrasi serta serapan nitrogen pada tanah dan tanaman produktif. Sedangkan pada Lokasi yang berbeda, mengevaluasi keanekaragaman makrofauna tanah pada berbagai tingkat usia tanaman sawit tanpa intervensi pestisida. Hasilnya menunjukkan indeks pemerataan makrofauna yang tinggi (), berkisar antara 0,63 hingga 0,73, dengan nilai tertinggi ditemukan pada gawangan hidup tanaman usia 5 tahun (Juliarni et al., 2024). Sedangkan penelitian yang pernah dilakukan mengenai (Iqbal et al., 2026), menganalisis pengaruh residu herbisida terhadap kesehatan tanah pada perkebunan rakyat, namun belum melibatkan pengamatan makroinvertebrata. Menyadari krusialnya peran biota tanah dalam stabilitas ekosistem, penelitian mengenai respons komunitas makrofauna terhadap variasi paparan pestisida selama satu bulan menjadi penting untuk dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini dirancang untuk berfokus pada dampak pengaplikasian pestisida terhadap struktur komunitas makroinvertebrata di perkebunan kelapa sawit Mega Timur.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan kebun percobaan perkebunan kelapa sawit yang berlokasi di Desa Mega Timur, Kecamatan Sungai Ambawang, Kabupaten Kubu Raya. Sementara itu, analisis makroinvertebrata dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanaman Perkebunan, Politeknik Negeri Pontianak.



Gambar 1. Proses perlakuan pestisida di plot pengamatan

2.2 Alat, Bahan, dan Desain Sampling

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan lapangan dan bahan kimia, di antaranya meteran, patok kayu, tali rafia, gelas ukur, pengaduk, ember, *collection jar*, aspirator, sprayer elektrik dengan nozzle 14 mm dengan ukuran lubang 1 mm, cangkul, pinset, kuas kecil, *plastik cup*, tusuk gigi/batu, serta plastik penutup dan plastik ukuran kecil. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pestisida yang berupa herbisida sistemik yaitu glifosat 480 SL. Larutan glifosat dilarutkan dalam volume air 1 liter. Adapun bahan sterilisasi dan fiksasi yang diaplikasikan adalah alkohol 70%. Pengukuran kondisi eksisting lingkungan dibantu dengan menggunakan *Termometer* dan pH meter. Penelitian ini menerapkan metode eksperimen, di mana penentuan titik pengambilan sampel tanah didasarkan pada metode Rancangan Acak Lengkap (RAL). Berdasarkan desain sampling tersebut, diperoleh total keseluruhan sebanyak 99 sampel. Penelitian ini terdiri dari 11 plot di dalam plot tersebut diambil sampel pada plot kuadran pada tiap kedalaman 10 cm, 20 cm dan 30 cm. penelitian ini memiliki plot dengan ukuran 10 m x 3 m dengan plot kuadran 25 cm² x 25 cm. frekuensi penyemprotan dilakukan sekali dengan jumlah volume semprot dalam larutan diperuntukkan dalam 2 plot. Jarak plot pertama dengan plot lainnya sebesar 3 m. Pengambilan sampel dilakukan tiga kali pengulangan di dalam plot yang sama dengan tingkat pengulangan kedalaman sampel yang sama. Penggunaan dosis pestisida pada lokasi penelitian yaitu 2 ml pada plot 1 dan 2, 4 ml pada plot 3 dan 4, 6 ml pada plot 5 dan 6, 8 ml pada plot 7 dan 8 serta 10 ml pada plot 9 dan 10, dan plot 11 sebagai kontrol pada setiap urutan plot terpisah acak di lokasi penelitian. Proses pengambilan data dalam masa jangka waktu 1 bulan. Kawasan plot penelitian selama dalam satu bulan diberi plot pembatas dan peringatan tidak dilakukan perawatan dari pihak pengelola perkebunan agar penelitian dengan kondisi plot pembatas tetap dalam kondisi utuh. Masa penelitian dimulai dari tgl 7 januari 2026 untuk pengambilan data sebelum perlakuan pestisida. Masa penelitian pengambilan data kedua pada tanggal 8 februari 2026. Sehingga pengambilan data dilakukan selama 2 kali dengan tiga kali pengulangan.

2.3 Analisis Data Komunitas Invertebrata

Invertebrata tanah yang berhasil dikoleksi melalui berbagai metode tangkap kemudian diidentifikasi untuk mengkaji struktur komunitas dan pola distribusinya di area pengamatan. Parameter ekologis yang dihitung meliputi kepadatan (K), kepadatan relatif (KR), dan frekuensi kehadiran (FK). Perhitungan ketiga parameter tersebut mengacu pada formula berikut:

Kepadatan (K)

$$K = \{\text{Jumlah individu suatu jenis}\} / \{\text{Jumlah unit contoh (sampling unit)}\}$$

Kepadatan Relatif (KR)

$$KR = \{\{\text{Kepadatan suatu jenis}\} / \{\text{Kepadatan semua jenis}\}\} \times 100 \%$$

Frekuensi Kehadiran (FK)

$$FK = \{\{\text{Jumlah unit contoh ditemukannya suatu jenis}\} / \{\text{Jumlah semua unit contoh}\}\} \times 100 \%$$

Peran ekologis serta eksistensi organisme di dalam ekosistem perkebunan kelapa sawit tersebut dianalisis berdasarkan persentase nilai frekuensi kehadiran (FK). Kriteria keberadaan organisme tersebut diklasifikasikan ke dalam empat kategori sebagai berikut:

Aksidental, apabila nilai FK berkisar antara 0% - 25%

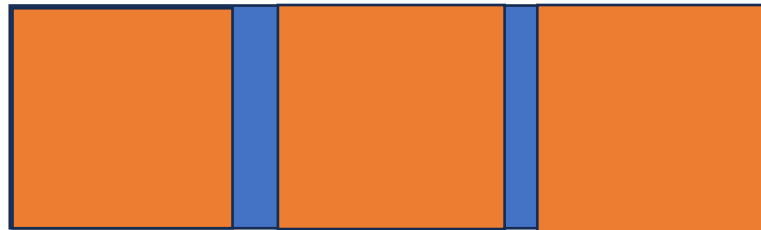
Asesori, apabila nilai FK berkisar antara >25% - 50%

Konstan, apabila nilai FK berkisar antara >50% - 75%

Absolut, apabila nilai FK berkisar antara >75% - 100



Gambar 2. Pembuatan Plot Pengamatan



Gambar 3. Bentuk Plot pengamatan

Pengumpulan data makroinvertebrata tanah dilakukan salah satunya melalui metode *hand sorting*, yaitu teknik pemisahan langsung spesimen dari sampel tanah dan serasah yang ditempatkan pada wadah pengamatan. Fauna yang terisolasi diekstraksi memakai pinset, penjepit, aspirator, atau tangan, lalu dimasukkan ke dalam plastik yang telah diberi label identitas. Prosedur ini sangat efisien untuk menangkap kelompok serangga berskala besar tanpa memerlukan dukungan peralatan yang rumit. Kendati demikian, keterbatasan metode ini terletak pada besarnya alokasi waktu yang dibutuhkan serta diperlukannya akurasi visual yang tinggi untuk memisahkan organisme dari material organik tanah. Analisis data menggunakan ANOVA dan Uji Tukey untuk mengamati pengaruh perlakuan terhadap keberadaan makroinvertebrata.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik faktor lingkungan, khususnya suhu dan pH tanah, berperan penting dalam menentukan kelimpahan serta keanekaragaman fauna tanah pada suatu ekosistem. Variasi kondisi mikrohabitat antarlokasi pengamatan dapat memengaruhi keberadaan organisme tanah melalui perubahan ketersediaan sumber pakan, kelembapan, dan kesesuaian lingkungan untuk aktivitas serta reproduksi organisme. Oleh karena itu, pengukuran parameter abiotik dan identifikasi jenis fauna tanah dilakukan untuk memperoleh gambaran mengenai hubungan antara kondisi lingkungan dan distribusi organisme yang ditemukan pada setiap plot pengamatan. Hasil pengukuran suhu tanah, pH tanah, jumlah individu, serta jenis fauna tanah yang teridentifikasi pada masing-masing plot disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengukuran suhu tanah, pH tanah, jumlah individu, serta jenis fauna tanah

Plot	Suhu Tanah	Ph Tanah	Total Hewan Ditemukan	Jenis Hewan Yang Ditemukan
11	28°C	5,6	5	Semut (3), Kelabang (1), Cacing (1)
1 dan 2	28,5°C dan 27,5 °C	5,9 dan 6,1	0	Tidak ada
3 dan 4	30°C dan 31°C	5,5 dan 5,7	7	Cacing (4), Semut (2), Laba-laba (1)
5 dan 6	26,5°C dan 27,5°C	5,6	5	Cacing (3), Semut (2)
7 dan 8	26,5 °C dan 28°C	5,3 dan 5,5	4	Semut (2), Kelabang (1), Laba-laba (1)
9 dan 10	26°C dan 27°C	4,9 dan 5,1	1	Semut
Total			22	

Berdasarkan hasil pengamatan awal pada 99 unit contoh, ditemukan total 22 individu makroinvertebrata yang terdiri dari empat jenis utama: semut (10 individu), cacing tanah (8 individu), laba-laba (3 individu), dan kelabang (1 individu). Kehadiran organisme ini menunjukkan bahwa sebelum terpapar pestisida, lahan perkebunan masih memiliki fungsi biologis yang berjalan, di mana terdapat kelompok detritivor (cacing), dekomposer (semut), serta predator (laba-laba dan kelabang). Semut (Formicidae): Memiliki kepadatan tertinggi sebesar 0,454/unit dengan kategori Frekuensi Kehadiran (FK) Asesori (45,45%). Hal ini sejalan dengan penelitian *Wulandari & Andriani (2024)* yang menyatakan bahwa semut sering ditemukan di area pertanian karena perannya yang vital sebagai dekomposer dan pengurai bahan organik menjadi humus. Cacing

Tanah: Memiliki kepadatan 0,363/unit dan masuk dalam kategori Asesori (36,36%). Tingginya populasi cacing sebelum perlakuan menandakan kondisi tanah yang relatif baik, karena cacing tanah berfungsi sebagai bioindikator sensitif terhadap kualitas lingkungan. Menurut *Sari et al. (2025)*, aktivitas cacing tanah sangat krusial dalam memperbaiki struktur fisik tanah melalui pembentukan pori makro yang meningkatkan aerasi dan drainase. Laba-laba dan Kelabang: Kedua jenis ini masuk dalam kategori Aksidental (FK < 25%), yang berarti keberadaannya di lokasi penelitian tidak bersifat menetap atau hanya kebetulan ditemukan saat sampling. Kondisi ini umum ditemukan pada lahan monokultur kelapa sawit yang memiliki keanekaragaman vegetasi rendah, sehingga sumber pakan bagi predator alami menjadi terbatas.

Tabel 2. Jenis hewan yang ditemukan berdasarkan kedalaman

Kedalaman tanah	Total hewan yang ditemukan	Jenis hewan
10	9	Semut (6), Cacing (1), Kelabang (2)
20	5	Semut (2), Cacing (2), Laba-laba (1)
30	8	Cacing (5), Kelabang (1), Semut (2)

Berdasarkan hasil pengamatan dari tingkat perbedaan kedalaman yaitu kedalaman 10 cm, kedalaman 20 cm dan kedalaman 30 cm. Setiap kedalaman diperoleh beberapa makroinvertebrata ditemukan di plot penelitian sebelum diberikan perlakuan. Kedalaman 10 cm: Ditemukan 9 individu, yang merupakan jumlah tertinggi. Hal ini dikarenakan lapisan atas tanah biasanya memiliki ketersediaan bahan organik dan serasah yang melimpah sebagai sumber makanan makrofauna. Kedalaman 20-30 cm: Masih ditemukan cacing tanah dan semut. Keberadaan cacing hingga kedalaman 30 cm (8 individu ditemukan) membuktikan perannya dalam bermigrasi secara vertikal untuk memperbaiki distribusi hara dan mikroorganisme di dalam profil tanah. Hal ini diperkuat oleh *Juliarni et al. (2024)* yang menyebutkan bahwa kelimpahan makrofauna memiliki korelasi positif dengan ketersediaan bahan organik di berbagai lapisan tanah.

Tabel 3. Data Hasil Setelah Perlakuan

Plot	Ph	Suhu tanah	Total hewan ditemukan	Jenis hewan yang ditemukan
11	5,4	29°C	5	Semut (3), kelabang (1) dan Cacing (1)
1 dan 2	5,8 dan 4,5	29°C dan 27°C	0	Tidak ada
3 dan 4	5,3 dan 5,9	27°C dan 29°C	0	Tidak ada
5 dan 6	5,5 dan 5,1	30°C dan 26,5°C	0	Tidak ada
7 dan 8	4,3 dan 5,0	29°C dan 30°C	0	Tidak ada
9 dan 10	5,6 dan 5,9	28°C dan 29,5°C	0	Tidak ada

Berdasarkan hasil perlakuan setelah satu bulan diperoleh hasil pengamatan makroinvertebrata pada lahan kebun percobaan perkebunan kelapa sawit di mega timur. Hilangnya Keanekaragaman Secara Total (Total Loss) berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 3, satu bulan setelah aplikasi pestisida dengan variasi konsentrasi 2 ml/L hingga 10 ml/L, ditemukan kondisi nihil (0 individu) di seluruh 90 unit contoh dari plot 1 sampai dengan plot 10. Seluruh jenis makroinvertebrata yang sebelumnya ada seperti semut, cacing tanah, laba-laba, dan kelabang—hilang sepenuhnya dari plot pengamatan. Hal ini menunjukkan adanya dampak letal (mematikan) yang menyeluruh atau terjadinya migrasi fauna secara besar-besaran akibat perubahan kondisi habitat yang ekstrem. Efek Toksisitas dan Akumulasi Residu di Berbagai Kedalaman Hilangnya makrofauna hingga kedalaman 30 cm mengindikasikan bahwa residu pestisida tidak hanya tinggal di permukaan, tetapi juga meresap ke lapisan tanah yang lebih dalam atau memutus siklus hidup organisme tersebut di seluruh profil tanah. Akumulasi Tanah: Diperkirakan sekitar 80% pestisida yang disemprotkan akan jatuh dan mengendap di tanah. Menurut *Syah & Wardhani (2025)*, akumulasi residu kimia sintetis ini sangat beracun bagi organisme non-target, terutama pada ekosistem sayur-mayur dan perkebunan yang menggunakan input energi tinggi.

Persistensi: Karena setelah satu bulan fauna belum kembali, terdapat indikasi kuat bahwa pestisida tersebut bersifat persisten, yang berarti daya racunnya bertahan lama di lingkungan dan menyebabkan degradasi habitat secara berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan pernyataan *Sinambela (2024)* bahwa penggunaan pestisida berlebihan dapat mengganggu stabilitas lingkungan dan memutus rantai makanan ekosistem. Dampak ekologis terhadap kesuburan tanah hilangnya kelompok makrofauna ini membawa konsekuensi serius bagi kesehatan tanah perkebunan kelapa sawit yaitu gangguan dekomposisi seperti semut dan organisme detritivor lainnya, proses perombakan bahan organik menjadi humus akan terhenti. *Jamin (2025)* menekankan bahwa kontribusi makrofauna tanah sangat krusial dalam menyediakan nutrisi esensial bagi pertumbuhan tanaman melalui fungsi dekomposisi. Kerusakan Struktur Fisik: Cacing

tanah, yang sebelumnya ditemukan hingga kedalaman 30 cm, berperan penting sebagai bioindikator dan "insinyur ekosistem". Hilangnya cacing tanah mengakibatkan hilangnya pembentukan pori makro tanah, yang menurut *Sari et al. (2025)*, sangat diperlukan untuk menjaga sistem aerasi dan drainase yang mendukung pertumbuhan akar tanaman. Pemutusan Rantai Makanan: Hilangnya predator alami seperti laba-laba dan kelabang akan menyebabkan ketidakseimbangan populasi dalam tanah, yang dapat memicu ledakan populasi hama tertentu di masa depan. Implikasi pada Sistem Pertanian Monokultur Kondisi lahan monokultur kelapa sawit yang sudah memiliki keanekaragaman vegetasi rendah menjadi semakin rentan akibat aplikasi pestisida kimia. *Wasis & Sajadad (2024)* menyatakan bahwa diversitas makrofauna dikendalikan oleh variabel lingkungan dan kondisi edafis; penggunaan input kimia yang intensif (high input energy) terbukti merusak keseimbangan biologi tanah ini secara drastic

3.1 Analisis Kuantitatif Sebelum Perlakuan Pestisida

Berdasarkan data pengamatan awal pada 99 unit contoh (berasal dari 11 plot, masing-masing 3 kuadran dengan 3 variasi kedalaman), ditemukan empat jenis makroinvertebrata yaitu semut, cacing, laba-laba, dan kelabang.

Tabel 4. Hasil makroinvertebrata sebelum pestisida

Jenis Makroinvertebrata	Jumlah Individu	Unit Contoh Ditemukan	Kepadatan	Kepadatan Relatif	Frekuensi Kehadiran	Kategori FK
Cacing	8	8	0,363	36,36%	36,36%	Asesori
Semut	10	10	0,454	45,45%	45,45%	Asesori
Laba-laba	3	3	0,136	13,63%	13,63%	Aksidental
Kelabang	1	1	0,045	4,54%	4,54%	Aksidental
Total	22	-	1	100%	-	-

Kepadatan Menengah: Nilai kepadatan tertinggi dimiliki oleh cacing (0,363/unit), yang menunjukkan bahwa secara alami keberadaan fauna tanah di lokasi tersebut sebelum perlakuan masih tergolong baik. Peran Ekosistem (FK): Sebagian organisme yang ditemukan masuk dalam kategori Asesori (FK 25%-50%), sedangkan sebagian makroinvertebrata masih tergolong kategori aksidental (FK 0- 25%). Hal ini menandakan bahwa kehadiran mereka di area perkebunan tersebut tidak bersifat menetap atau hanya kebetulan berada di unit contoh tertentu saat pengambilan sampel. Kondisi ini umum terjadi pada lahan pertanian monokultur dengan keanekaragaman vegetasi yang rendah.

3.2 Analisis Sidik Ragam Kondisi Makroinvertebrata Setelah Perlakuan (1 Bulan)

Setelah satu bulan pemberian pestisida dengan variasi konsentrasi (2 ml hingga 10 ml per liter air), hasil pengamatan pada 60 plot menunjukkan nihilnya (tidak ditemukan) seluruh jenis makroinvertebrata di semua kedalaman (10 cm, 20 cm, dan 30 cm). Dampak Letal Menyeluruh: Penggunaan pestisida sintesis (seperti Isopropil amina glifosat) memberikan dampak negatif yang fatal bagi organisme non-target Fakta bahwa tidak ada hewan yang ditemukan hingga kedalaman 30 cm menunjukkan adanya akumulasi residu yang kuat atau terjadinya migrasi fauna keluar dari area terdampak.(Syah & Wardhani, 2025). Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) dari hasil pengamatan setelah perlakuan selama satu bulan diperoleh hasil nilai $P < H_0$ yaitu diperoleh nilai $P < 0,05$ sehingga H_0 ditolak. Sehingga diperoleh kesimpulan perlakuan pestisida selama satu kali dalam pengamatan satu bulan berdampak nyata dalam mengurangi komunitas makroinvertebrata di perkebunan kelapa sawit

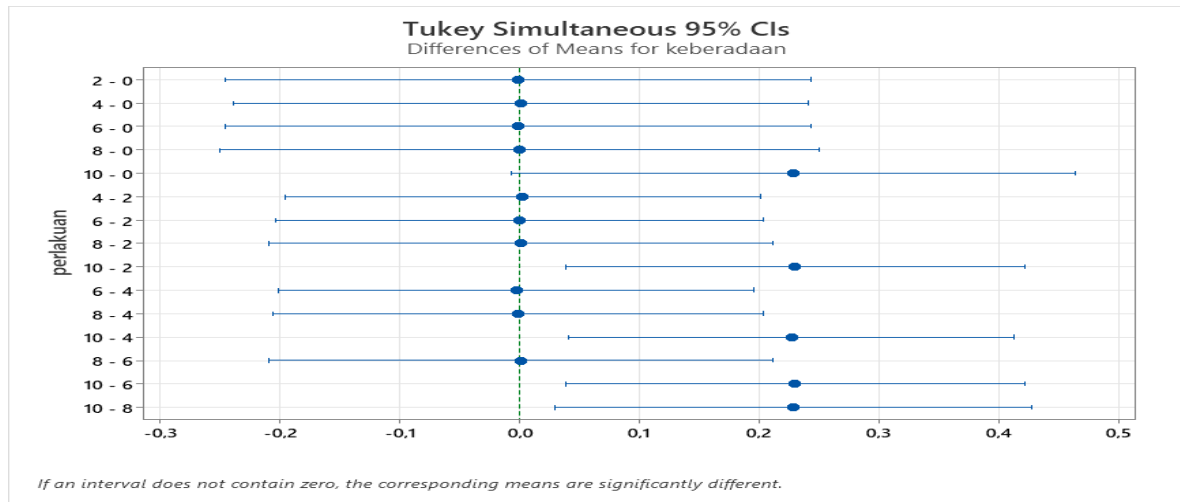
Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
perlakuan	5	0,89420	0,17884	4,31	0,001
kedalaman	2	0,09117	0,04558	1,10	0,337
Error	91	3,77247	0,04146		
Lack-of-Fit	10	0,32604	0,03260	0,77	0,660
Pure Error	81	3,44643	0,04255		
Total	98	4,74747			

Gambar 4. Hasil Analisis Anova setelah perlakuan

Berdasarkan gambar dibawah dilakukan analisis Uji Tukey untuk menganalisis Uji Beda Nyata dalam hasil penelitian setelah perlakuan yang diamati dalam satu bulan. Berdasarkan hasil pengamatan, tidak ditemukan perbedaan nyata antar tingkat konsentrasi (2, 4, 6, 8, dan 10 ml/L) karena semuanya menghasilkan kondisi "total loss" atau kehilangan total individu. Secara statistik,

hal ini menunjukkan bahwa residu pestisida sangat toksik sehingga peningkatan dosis tidak lagi menunjukkan gradien penurunan populasi, melainkan pemusnahan langsung. Hilangnya kelompok fauna ini secara permanen mengancam keberlanjutan fungsi ekosistem, terutama dalam proses pembentukan humus dan pemeliharaan pori makro tanah. Oleh karena itu, ketergantungan pada input kimia sintesis yang tinggi berisiko menyebabkan degradasi kesuburan alami dan penurunan produktivitas lahan kelapa sawit dalam jangka panjang



Gambar 5. Uji Tukey pada hasil pengamatan setelah satu bulan

Paparan Langsung dan Residu: Sekitar 80% pestisida yang disemprotkan jatuh ke tanah. Hal ini menjelaskan mengapa pada kedalaman 10 cm kehidupan langsung terhenti. Namun, hilangnya hewan pada kedalaman 20-30 cm mengindikasikan bahwa residu pestisida mungkin telah meresap lebih dalam atau memutus rantai makanan dan siklus hidup organisme tersebut di seluruh profil tanah. (HUSAMAH & RAHARDJANTO, 2019). Analisis Kondisi Lingkungan pada Berbagai Kedalaman. Data menunjukkan adanya gradien kondisi fisik tanah berdasarkan kedalaman yang tetap konsisten baik sebelum maupun sesudah perlakuan: Kedalaman 10 cm: Kondisi tanah umumnya kering dan gembur. Kondisi ini sangat rentan terhadap penguapan dan degradasi akibat bahan kimia. Kedalaman 20 cm: Kondisi tanah cenderung lembap atau dalam beberapa kasus mulai terasa lengket/liat. Kelembapan seharusnya mendukung kehidupan makrofauna, namun keberadaan residu pestisida meniadakan faktor pendukung tersebut. Kedalaman 30 cm: Kondisi tanah bersifat basah, berair, atau lengket. Meskipun kadar air tinggi, kondisi ini tidak mampu memitigasi dampak racun pestisida, sehingga tetap tidak ditemukan kehidupan makroinvertebrata.

Kerusakan Bioindikator: Makrofauna tanah (organisme berdiameter 2-20 mm) seperti cacing sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan. Hilangnya cacing tanah akan berdampak buruk pada struktur fisik tanah, karena aktivitas mereka biasanya membantu menciptakan pori makro yang meningkatkan aerasi dan drainase. (Pariyanto & Destriani, 2021). Gangguan Rantai Makanan: Hilangnya semut, laba-laba, dan kelabang memutus siklus energi di tanah. Semut berperan penting sebagai dekomposer (pengurai) yang menghasilkan humus sebagai nutrisi tanaman, sementara laba-laba dan kelabang berfungsi sebagai predator alami dalam ekosistem. Efek Toksisitas: Pestisida sintesis (seperti profenofos atau antraxin) yang digunakan dalam konsentrasi hingga 10 ml/L terbukti mematikan bagi organisme non-target. Sekitar 80% pestisida yang disemprotkan akan jatuh dan mengendap di tanah, meracuni habitat makroinvertebrata hingga kedalaman 30 cm.

Hilangnya makrofauna tanah sebagai bioindikator pada semua kedalaman menandakan terjadinya penurunan kualitas lingkungan yang signifikan di perkebunan kelapa sawit tersebut. Gangguan Fungsi Tanah: Tanpa cacing dan semut, proses dekomposisi bahan organik menjadi humus serta perbaikan struktur fisik tanah (aerasi dan drainase) akan terhenti. Persistensi Pestisida: Jika dalam waktu satu bulan hewan-hewan tersebut belum kembali, terdapat indikasi bahwa pestisida yang digunakan bersifat persisten (bertahan lama di lingkungan) dan menyebabkan degradasi tanah yang berkelanjutan.

Dalam pengamatan pada 99 plot di perkebunan kelapa sawit Desa Mega Timur sebelum pemberian perlakuan pestisida, ditemukan beberapa jenis makroinvertebrata tanah, antara lain: Semut: Ditemukan pada berbagai kedalaman, khususnya di kedalaman 10 cm dan 20 cm. Cacing: Terdeteksi di kedalaman yang bervariasi dari 10 cm hingga 30 cm. Laba-laba: Ditemukan di permukaan (10 cm) dan kedalaman hingga 30 cm. Kelabang (Chilopoda): Ditemukan pada plot

tertentu dengan kondisi tanah padat dan keras. Ewan-hewan ini termasuk dalam kelompok makrofauna, yaitu organisme tanah yang memiliki diameter tubuh antara 2-20 mm atau panjang tubuh lebih dari 1 cm.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di perkebunan kelapa sawit Desa Mega Timur, dapat disimpulkan penggunaan pestisida kimia jenis glifosat 480 SL di perkebunan sawit Desa Mega Timur ternyata membawa dampak buruk bagi lingkungan tanah. Respon ekosistem Makroinvertebrata tanah di sana sangat hidup, ditandai dengan ditemukannya 22 hewan tanah seperti cacing, semut, dan laba-laba yang membantu menjaga kegemburan tanah. Namun, hanya dalam waktu satu bulan setelah disemprot pestisidapada plot 1 sampai dengan plot 10, hewan makroinvertebrata ini keberadaan belum ditemukan hingga kedalaman 30 cm kecuali di dalam plot 11 yang sebagai kontrol masih ditemukan jumlah yang sama dengan sebelum perlakuan pestisida. Data statistik pun mendukung temuan ini dan mendapati bahwa mengalami respon penurunan populasi tersebut sangat nyata. Secara kuantitatif, hasil analisis sidik ragam (ANOVA) menunjukkan nilai $P < 0.05$, sehingga hipotesis nol (H_0) ditolak. Hal ini memberikan bahwa perlakuan pestisida memberikan pengaruh nyata (signifikan) dalam mereduksi populasi komunitas makroinvertebrata di area perkebunan. Dampak residu kimia yang mengendap di dalam tanah telah memutus rantai makanan makhluk hidup di sana. Jika serangga dan cacing tanah mati, tanah akan kehilangan kemampuan alami untuk membuat humus dan bernapas. Akibatnya, ketergantungan pada pestisida justru berbahaya karena bisa merusak kesuburan tanah dan menurunkan hasil panen sawit di masa depan.

REFERENCES

- Alfajar, A., Yuniasih, B., & Nugraha, S. B. T. (2021). Evaluasi Produksi Kelapa Sawit Berdasarkan Data Curah Hujan Dan Defisit Air. *Agroforetech*, 1(1), 50–59.
- Chotimah, T., Wasis, B., & Rachmat, H. Hendalastuti. (2020). Populasi Makrofauna, Mesofauna Dan Tubuh Buah Fungsi Ektomikoriza Pada Tegakan Shorea Leprosula Di Hutan Penelitian Gunung Dahu Bogor. *Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, 17(1), 79–98.
- Hakim, D. L., Hamida, I., Darma, A. Y., Priambodo, O. N., & Novrizal, A. (2025). *Diplomasi Global* (S. Dr. Dani Lukman Hakim (Ed.); Cetakan Pe). Penerbit Itsb - Press.
- Husamah, & Rahardjanto, A. (2019). *Bioindikator (Teori Dan Aplikasi Dalam Biomonitoring)* (Husamah (Ed.); Pertama). Penerbit Universitas Muhammadiyah Malang.
- Iqbal, M., Mawandha, H. G., Kristalisasi, E. N., Agroteknologi, P. S., Pertanian, F., & Yogyakarta, I. (2026). Analisis Pengaruh Residu Herbisida Terhadap Kesehatan Tanah Di Perkebunan Kelapa Sawit Rakyat. *Agroforetech*, 4(2024), 299–307.
- Jamin, F. S. (2025). Praktik Pengelolaan Lahan Pertanian Berdasarkan Kontribusi Makrofauna Tanah Di Desa Moutong Kecamatan Tilongkabila Kabupaten Bone Bolango. *Solusi Bersama: Jurnal Pengabdian Dan Kesejahteraan Masyarakat*, 2(1), 160–171.
- Juliarni, Ristumoyo, T., Studi, P., & Pertanian. (2024). Soil Macrofauna Diversity In Differently Aged Oil Palm Plantations. *AgroRadix*, 8(1), 121–129.
- Mutaqin, Z., Fakhrudin, J., Ivansyah, O., & Siahaan, N. F. (2022). Soilrens, Volume 20 No. 2, Juli – Desember 2022. *Soilrens*, 20(2), 78–85.
- Pariyanto, & Destriani. (2021). Keanekaragaman Makrofauna Tanah Di Perkebunan Karet Kecamatan Talo Kabupaten Seluma Provinsi Bengkulu. *Kependidikan*, 1(April), 21–30.
- Saputra, A., & Agustina, P. (2019). Keanekaragaman Makrofauna Tanah Di Universitas Sebelas Maret. *Jurnal Pendidikan Biologi Dan Saintek*, 5(2017), 323–327.
- Sari, R. R., Cantika, M. H., Yusuf, M., Prakoso, B., & Putri, D. W. (2025). *Manfaat Bahan Organik Dan Peran Cacing Tanah Dalam Menjaga Kesuburan Tanah (The Benefits Of Organic Materials And The Role Of Earthworms In Maintaining Soil Fertility)*. 5(2), 72–79.
- Siahaan, R. R., Komariyati, & Suyatno, A. (2025). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Kelapa Factors Affecting The Production Of Independent Oil Palm Farmers In Sungai Ambawang District , Kubu Raya. *Jurnal Ilmiah Agribisnis*, 8(5), 126–135.
- Sinambela Br. (2024). Dampak Penggunaan Pestisida Dalam Kegiatan Pertanian Terhadap Lingkungan Hidup Dan Kesehatan. *Agrotek: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, 8(2), 178–187.
- Syafira, R. Z., Haryani, S., & Rozali, Z. F. (2022). Pengendalian Mutu Crude Palm Oil (Cpo) Dengan Metode Control Chart Dan Failure Mode And Effect Analysis (Fmea) Pada Pabrik Kelapa Sawit Pt. Xyz. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 14(02), 63–71.
- Syah, D., & Wardhani, P. (2025). Evaluasi Dampak Penggunaan Pestisida Terhadap Kualitas Tanah Pada Area Pertanian Sayur-Mayur. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi X Pendidikan Biologi Fkip*, 212–216.
- Theobroma, C., Kalibaru, L., Nurrohman, E., Rahardjanto, A., & Wahyuni, S. (2018). *Studi Hubungan*

- Keanekaragaman Makrofauna Tanah Dengan Kandungan C-Organik Dan Organophosfat Tanah Di Perkebunan*. 4(1), 1–10.
- Wasis, B., & Sajadad, D. H. (2024). Kelimpahan Makrofauna Tanah Pada Beberapa Abundance Of Soil Macrofauna In Various Land Cover Types In Balangan Regency, South Kalimantan Province. *Jurnal Silvikultur Tropika*, Vol.15 No.(02), 162–168.
- Wulandari, A., & Andriani, N. (2024). Studi Keanekaragaman Makrofauna Tanah Diurnal Di Area Persawahan Desa Watugaluh Kabupaten Jombang. *Exact Papers In Compilation (Epic)*, 6(4), 32–38. <https://ojs.unwaha.ac.id/index.php/epic/article/view/1289>