

PENGARUH RESIDU BIOCHAR DAN KOTORAN AYAM SETELAH APLIKASI EMPAT MUSIM TANAM TERHADAP POPULASI DAN BIOMASSA CACING TANAH PADA PERTANAMAN JAGUNG MANIS (*Zea mays saccharata* Sturt.) DI TANAH ULTISOL

THE EFFECT OF BIOCHAR RESIDUE AND CHICKEN MANURE AFTER FOUR PLANTING SEASONS APPLICATION ON EARTHWORM POPULATION AND BIOMASS IN SWEET CORN (*Zea mays saccharata* Sturt.) CROPS IN ULTISOL

Wulan Suci Andini^{1*}, Syamsul Arif², Hery Novpriansyah³, Dermiyati⁴, Dedy Prasetyo⁵, Liska Mutiara Septiana⁶

¹Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia.

*Corresponding Author. E-mail address: wsandini15@gmail.com

INFO ARTIKEL:

Diterima: Tanggal Bulan Tahun
Disetujui: Tanggal Bulan Tahun

KATA KUNCI:

Biochar, Cacing tanah, Jagung manis, Kotoran ayam, Residu

ABSTRAK

Pengaruh residu biochar dan kotoran ayam adalah pengaruh aplikasi tunggal atau kombinasi setelah beberapa musim tanam tanpa dilakukan aplikasi baru. Evaluasi pengaruh residu biochar dan kotoran ayam terhadap cacing tanah sangat penting karena berperan dalam proses kesuburan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh residu aplikasi biochar dan kotoran ayam terhadap populasi dan biomassa cacing tanah. Penelitian ini dirancang dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) non-faktorial dengan 4 kelompok dan 4 perlakuan, B₀ = kontrol, B₁ = residu biochar 5 ton ha⁻¹, B₂ = residu kotoran ayam 5 ton ha⁻¹, B₃ = residu biochar 5 ton ha⁻¹ + residu kotoran ayam 5 ton ha⁻¹. Data dianalisis dengan analisis ragam pada taraf 5%, yang sebelumnya dilakukan Uji Barlett dan Uji Tukey. Data diuji lanjut dengan uji BNT taraf 5%, dan uji korelasi antara populasi dan biomassa cacing tanah dengan variabel pendukung. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa populasi cacing tanah pada perlakuan B₁ lebih tinggi dari perlakuan lainnya. Pada pengamatan 14 HST, biomassa cacing tanah pada perlakuan B₂ lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Terdapat korelasi negatif antara populasi cacing tanah dan pH tanah serta biomassa cacing tanah dan pH tanah. Cacing tanah yang ditemukan termasuk ke dalam Megascolicidae dengan genus Pheretima.

ABSTRACT

The effect of biochar residue and chicken manure is the effect of single or combined application after several planting seasons without new applications. Evaluation of the effect of biochar residue and chicken manure on earthworms is very important because it plays a role in the soil fertility process. This study aims to evaluate the effect of biochar and chicken manure application residue on the population and biomass of earthworms. This study was designed in a non-factorial Randomized Block Design (RBD) with 4 groups and 4 treatments, B₀ = control, B₁ = biochar residue 5 tons ha⁻¹, B₂ = chicken manure residue 5 tons ha⁻¹, B₃ = biochar residue 5 tons ha⁻¹ + chicken manure residue 5 tons ha⁻¹. Data were analyzed by analysis of variance at the 5% level, which was previously carried out by the Barlett Test and Tukey Test. The data were further tested with the LSD test at the 5% level, and a correlation test between the population and biomass of earthworms with supporting variables. The results of this study indicate that the earthworm population in treatment (B₁) is higher than the other treatments. Observations 14 days after planting (DAP) showed that earthworm biomass in treatment (B₂) was higher than in the other treatments. There was a negative correlation between earthworm population and soil pH, as well as between earthworm biomass and soil pH. The earthworms found belonged to the Megascolicidae family, with the genus Pheretima.

KEYWORDS:

Biochar, Chicken manure, Earthworms, Residue, Sweet corn.

© 2026 The Author(s).
Published by Department
of Soil Science, Faculty of
Agriculture, University of
Lampung

PENDAHULUAN

Jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.) adalah salah satu tanaman palawija sumber pangan alternatif karena memiliki kandungan gula lebih tinggi dibandingkan jagung biasa, yaitu sekitar 5-6% (Ainiya dkk, 2019). Indonesia memiliki peluang besar dalam pengembangan jagung manis seiring permintaan pasar yang meningkat. Namun, produktivitasnya masih tergolong rendah, dengan rata-rata hasil 5,23 ton ha⁻¹, berbeda jauh bawah potensi produksi yang mencapai 14-18 ton ha⁻¹ (BPS, 2017). Rendahnya hasil tersebut terutama berkaitan dengan menurunnya tingkat kesuburan tanah. Jagung manis umumnya dibudidayakan di lahan kering, termasuk tanah Ultisol yang penyebarannya cukup luas di Indonesia (Prasetyo dan Suriadikarta, 2016).

Tanah Ultisol merupakan tantangan utama dalam meningkatkan produktivitas pertanian di daerah tropis. Tanah ini mencakup sekitar 25%, atau sekitar 45 juta hektar, wilayah Indonesia (Subagyo *et al.*, 2004) dan dicirikan oleh reaksi tanah yang asam, kandungan bahan organik, fiksasi fosfor tinggi, kandungan Al dan Fe yang tinggi, dan ketersediaan udara yang terbatas (Kusuma *et al.*, 2023). Lebih lanjut, kondisi biologis tanah Ultisol relatif buruk karena aktivitas mikroorganisme dan fauna tanah yang minimal, sehingga mengakibatkan dekomposisi bahan organik dan siklus nutrisi yang suboptimal (Hardjowigeno, 2010).

Kualitas tanah Ultisol dapat ditingkatkan melalui aplikasi biochar dan pupuk kandang ayam. Biochar dapat meningkatkan karbo organik, pH, dan kapasitas pertukaran kation tanah, serta meningkatkan sifat fisik tanah seperti stabilitas agregat, aerasi, dan kemampuan menahan air dan nutrisi (Yulianti, 2016). Pupuk kandang ayam juga berkontribusi pada peningkatan kesuburan dan aktivitas mikroorganisme tanah (Ningsih, 2015). Cacing tanah berperan penting sebagai indikator kesuburan tanah karena aktivitasnya memengaruhi struktur tanah, pergerakan air, dan dinamika nutrisi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melihat atau membuktikan pengaruh residu biochar dan pupuk kandang ayam setelah empat musim tanam terhadap populasi dan biomassa cacing tanah pada pertanaman jagung manis di tanah Ultisol.

METODE

Alat dan Bahan

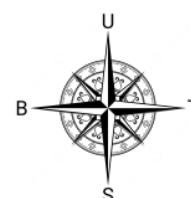
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi, bingkai kayu atau kuadran berukuran 25 cm x 25 cm, cangkul, linggis, toples, cawan petri, botol semprot, selang air, sekop, timbangan, pinset, penggaris, karung, mikroskop stereo, serta alat tulis. Bahan yang digunakan terdiri atas pupuk urea, pupuk NPK 15:15:15, sampel cacing tanah dewasa yang telah memiliki klitelum, benih jagung manis varietas Exotic, alkohol 70%, aquades, asam sulfat (H₂SO₄) 95%, kalium dikromat (K₂Cr₂O₇) 1 N, natrium fluorida (NaF) 4%, asam fosfat, (H₃PO₄) 85%, indikator difenilamin ((C₆H₅)₂NH), serta larutan NH₄Fe(SO₄)₂ 0,5%.

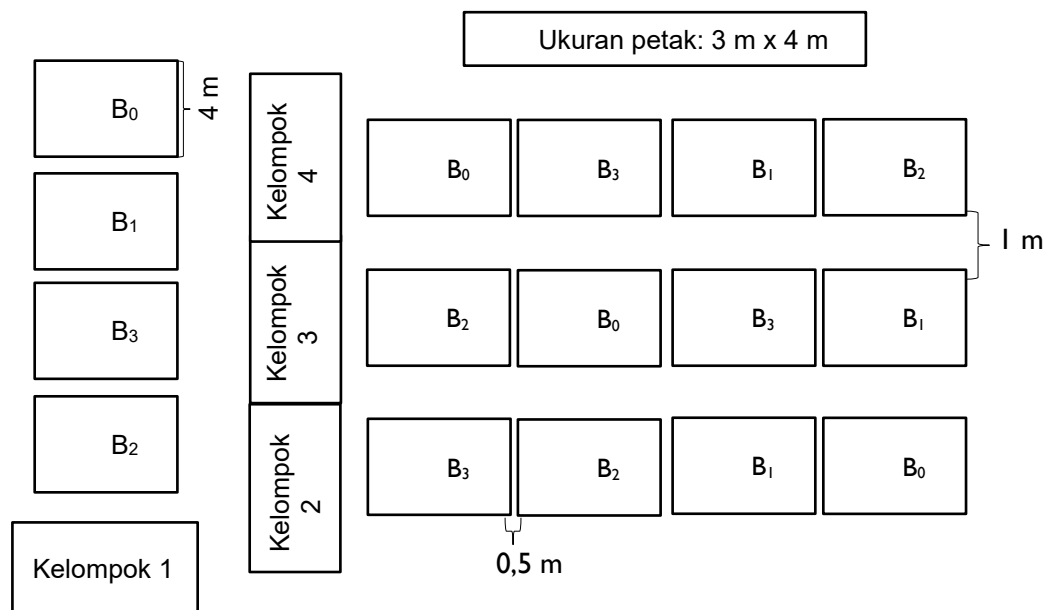
Metode

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari 4 perlakuan dan 4 kelompok yaitu sebagai berikut :

1. B₀ = Kontrol
2. B₁ = Residu biochar 5 ton ha⁻¹ setelah aplikasi 4 musim tanam
3. B₂ = Residu kotoran ayam 5 ton ha⁻¹ setelah aplikasi 4 musim tanam
4. B₃ = Residu biochar 5 ton ha⁻¹ + kotoran ayam 5 ton ha⁻¹ setelah aplikasi 4 musim tanam

3 m



Gambar 1. Tata letak lahan penelitian populasi dan keanekaragaman mesofauna tanah pada pertanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.) setelah 4 musim tanam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Populasi Cacing Tanah pada Kedalaman 0-10 cm dan 10-20 cm

Hasil analisis ragam populasi cacing tanah dalam penelitian ini ditunjukkan pada (Tabel 1) pada perlakuan residu biochar dan kotoran ayam berpengaruh nyata pada 42 HST di kedalaman 10-20 cm. Perlakuan residu biochar dan kotoran ayam setelah empat musim tanam memberikan pengaruh nyata terhadap populasi cacing tanah pada 42 HST di kedalaman 10-20 cm.

Tabel 1. Ringkasan hasil analisis ragam populasi cacing di kedalaman 0-10 cm dan 10-20 cm akibat pengaruh residu biochar dan kotoran ayam setelah aplikasi empat musim tanam pada pertanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.) di tanah Ultisol

Perlakuan	Rata-rata Populasi Cacing Tanah (individu m ⁻²)							
	SOT		14 HST		42 HST		75 HST	
	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm
B ₀	20	20	52	20	48	20	28	20
B ₁	40	28	40	52	48	28	24	16
B ₂	28	20	92	76	24	12	24	16
B ₃	24	12	40	20	12	8	16	12
SK	F Hitung dan Signifikansi							
Perlakuan	0,83 ^{tn}	0,11 ^{tn}	3,17 ^{tn}	1,20 ^{tn}	2,75 ^{tn}	4,32 [*]	0,22 ^{tn}	0,38 ^{tn}

Keterangan: B₀ = (kontrol); B₁ = (residu biochar); B₂ = (residu kotoran ayam); B₃ = (residu biochar + kotoran ayam); tn = tidak berpengaruh nyata pada taraf 5%; * = berpengaruh nyata pada taraf 5%.

Hal ini kemungkinan terkait dengan kondisi mikro lingkungan tanah yang lebih stabil pada waktu tersebut akibat dekomposisi bahan organik, sehingga ketersediaan nutrisi mendukung dan meningkatkan aktivitas cacing dalam tanah. Pada pengamatan SOT, 14 HST, dan 75 HST, pengaruh perlakuan umumnya tidak memberikan pengaruh karena kondisi tanah belum optimal, penurunan bahan organik, terbentuknya amonia toksik pada awal pertumbuhan (Yulipriyanto,

2020). Hasil uji BNT 5% (Tabel 2) pengaruh perlakuan terhadap populasi cacing tanah pada 42 HST di kedalaman 10-20 cm, didapat bahwa populasi cacing tanah pada perlakuan B₁ nyata lebih tinggi dibandingkan dengan B₀, B₂, dan B₃.

Tabel 2. Pengaruh residu biochar dan kotoran ayam setelah aplikasi empat musim tanam pada pertanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.) di tanah Ultisol terhadap populasi cacing tanah pada pengamatan 42 HST

Perlakuan	Populasi Cacing Tanah (individu m ⁻²)
	(10-20 cm)
B ₀	20 ab
B ₁	28 b
B ₂	12 ab
B ₃	8 a
BNT 5%	16

Keterangan: B₀ = (kontrol); B₁ = (residu biochar); B₂ = (residu kotoran ayam); B₃ = (residu biochar + kotoran ayam); Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

Dapat diketahui hasil yang didapatkan bahwa perlakuan biochar memiliki nilai populasi yang sangat tinggi dibandingkan perlakuan lain. Hal ini karena biochar yang bersifat tahan lama di dalam tanah dan tidak mudah terdekomposisi. Biochar mampu memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah seperti porositas, aerasi, kelembapan dan mendukung aktivitas cacing tanah karena menyediakan habitat dan substrat karbon stabil bagi mikroba (Zhang *et al.*, 2021). Residu kotoran ayam setelah empat musim tanam telah terdekomposisi yang dapat menghasilkan amonia atau asam organik yang dapat meningkatkan suhu tanah mengakibatkan lingkungan yang kurang sesuai bagi cacing tanah (Putra, 2019). Meskipun, kotoran ayam tetap menyediakan hara makro terutama nitrogen yang cepat dilepaskan dan diserap tanaman.

Total Populasi Cacing Tanah pada Kedalaman 0-20 cm

Hasil analisis ragam pengaruh residu biochar dan kotoran ayam terhadap total populasi cacing tanah pada (Tabel 3) menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata di semua waktu pengamatan.

Tabel 3. Ringkasan hasil analisis ragam total populasi cacing di kedalaman 0-20 cm akibat pengaruh residu biochar dan kotoran ayam setelah aplikasi empat musim tanam pada pertanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.) di tanah Ultisol.

Perlakuan	Rata-rata Total Populasi Cacing Tanah (individu m ⁻²)			
	SOT	14 HST	42 HST	75 HST
B ₀	40	72	68	48
B ₁	68	92	76	40
B ₂	48	168	36	40
B ₃	36	60	20	28
SK	F Hitung dan Signifikan			
Perlakuan	0,68 ^{tn}	2,99 ^{tn}	3,74 ^{tn}	0,33 ^{tn}

Keterangan: B₀ = (kontrol); B₁ = (residu biochar); B₂ = (residu kotoran ayam); B₃ = (residu biochar + kotoran ayam); tn = tidak berpengaruh nyata pada taraf 5%; * = berpengaruh nyata pada taraf 5%.

Hal ini kemungkinan disebabkan berkurangnya efek residu, terlihat dari populasi cacing tanah pada waktu 14 HST meningkat pada perlakuan B₂ kembali menurun pada 75 HST karna diepengaruhi oleh faktor lingkungan seperti kelembapan dan ketersediaan bahan organik. Bahan organik dari biochar dan kotoran ayam sudah mengalami dekomposisi lanjut sehingga tidak menyediakan energi dan nutrisi yang cukup. Sementara itu, sifat Ultisol yang asam dan miskin hara membatasi aktivitas biologi tanah (Prasetyo dan Suriadikarta, 2016).

Biomassa Cacing Tanah pada Kedalaman 0-10 cm dan 10-20 cm

Hasil analisis ragam pada (Tabel 4) perlakuan residu biochar dan kotoran ayam berpengaruh nyata pada 14 HST di kedalaman 0-10 cm. Hal ini karna cacing tanah lebih hidup di lapisan permukaan tanah karna biasanya mengandung bahan organik yang melimpah dan kondisi lingkungan yang optimal bagi aktivitas cacing tanah. Lapisan permukaan tanah 0-10 cm memiliki kandungan bahan organik yang lebih tinggi yang merupakan sumber substrat bagi cacing tanah.

Tabel 4. Ringkasan hasil analisis ragam biomassa cacing di kedalaman 0-10 cm dan 10-20 cm akibat pengaruh residu biochar dan kotoran ayam setelah aplikasi empat musim tanam pada pertanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.) di tanah Ultisol.

Perlakuan	Rata-rata Biomassa Cacing Tanah (g m ⁻²)							
	SOT		14 HST		42 HST		75 HST	
	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm
B ₀	2,39	0,70	3,68	1,00	1,94	1,09	1,64	0,89
B ₁	3,18	2,35	2,08	2,13	3,32	1,58	1,72	1,06
B ₂	2,43	1,27	4,37	0,81	1,22	0,90	1,17	0,73
B ₃	0,93	0,70	1,11	0,70	1,67	1,06	1,55	1,06
SK	F Hitung dan Signifikan							
Perlakuan	0,81 ^{tn}	2,36 ^{tn}	6,00*	1,20 ^{tn}	2,75 ^{tn}	2,76 ^{tn}	0,22 ^{tn}	0,85 ^{tn}

Keterangan: B₀ = (kontrol); B₁ = (residu biochar); B₂ = (residu kotoran ayam); B₃ = (residu biochar + kotoran ayam); tn = tidak berpengaruh nyata pada taraf 5%; * = berpengaruh nyata pada taraf 5%; angka dalam tabel merupakan hasil transformasi ($\sqrt{x + 0,5}$).

Hal ini kemungkinan terkait dengan kondisi lapisan permukaan tanah pada fase awal pertumbuhan yang kaya akan sisa tanaman, bahan organik, akar muda yang mudah terurai (Sembiring *et al.*, 2014). Namun seiring berjalannya waktu bahan organik dalam tanah ketersediaanya menurun dan akibatnya cacing tanah cenderung berpindah ke lapisan dalam tetapi cacing tanah pada lapisan dalam ditemukan berukuran kecil sehingga biomassa rendah. Bahan organik yang mudah terdekomposisi seperti kotoran ayam dapat meningkatkan aktivitas mikroba dan menjadi sumber makanan bagi cacing tanah di lapisan tanah (Lestari, 2019). Hasil uji BNT 5% (Tabel 5) pengaruh perlakuan terhadap biomassa cacing tanah pada 14 HST di kedalaman 0-10 cm, didapat bahwa biomassa cacing tanah pada perlakuan B₂ nyata lebih tinggi dibandingkan dengan B₀, B₁, dan B₃.

Peningkatan biomassa cacing tanah pada perlakuan residu kotoran ayam disebabkan oleh fraksi organik yang relatif stabil tetap bertahan dalam tanah dan mendukung aktivitas mikroorganisme yang selanjutnya menyediakan sumber pakan tidak langsung serta memperbaiki kondisi habitat tanah bagi cacing tanah. Sebaliknya, perlakuan B₃ menurunkan biomassa cacing tanah akibat interaksi biochar dan kotoran ayam yang mempengaruhi pH, temperatur, dan dinamika hara, karena biochar yang bersifat basa dan kotoran ayam yang dapat menghasilkan amonia berpotensi menciptakan kondisi terlalu alkalis atau senyawa toksik seperti NH₃. Menurut Prasetyo dan Suriadikarta (2016), perubahan pH ekstrem dapat menghambat aktivitas biota tanah, sementara dekomposisi cepat kotoran ayam juga dapat menghasilkan panas dan gas serta kondisi kurang optimal, ditambah sifat biochar yang dapat menyerap nutrisi sehingga mengurangi ketersediaan bahan organik bagi cacing tanah.

Tabel 5. Pengaruh residu biochar dan kotoran ayam setelah aplikasi empat musim tanam pada pertanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.) di tanah Ultisol terhadap biomassa cacing tanah pada pengamatan 14 HST.

Perlakuan	Biomassa Cacing Tanah (g m ⁻²)
	(0-10 cm)
B ₀	3,68 bc
B ₁	2,08 ab
B ₂	4,37 c
B ₃	1,11 a
BNT 5%	2,23

Keterangan: B₀ = (kontrol); B₁ = (residu biochar); B₂ = (residu kotoran ayam); B₃ = (residu biochar + kotoran ayam); Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%. Angka di dalam tabel adalah angka hasil transformasi ($\sqrt{x} + 0,5$).

Total Biomassa Cacing Tanah pada Kedalaman 0-20 cm

Hasil analisis ragam pengaruh residu biochar dan kotoran ayam terhadap biomassa cacing tanah pada (Tabel 6) menunjukkan bahwa tidak berpengaruh nyata di semua waktu pengamatan.

Tabel 6. Ringkasan hasil analisis ragam total biomassa cacing di kedalaman 0-20 cm pengaruh residu biochar dan kotoran ayam setelah aplikasi empat musim tanam pada pertanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.) di tanah Ultisol

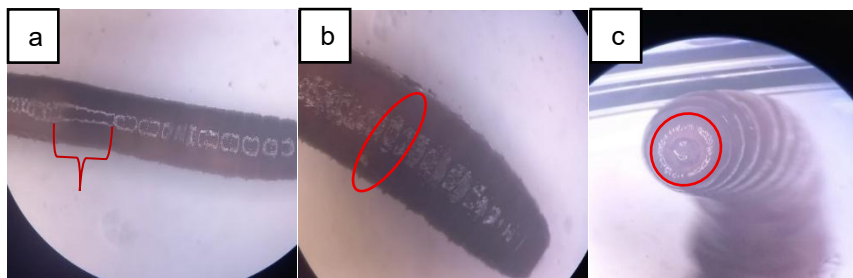
Perlakuan	Rata-rata Total Biomassa Cacing Tanah (g m ⁻²)			
	SOT	14 HST	42 HST	75 HST
B ₀	2,68	3,79	1,43	1,72
B ₁	4,47	2,98	1,51	1,91
B ₂	2,64	4,39	1,35	1,18
B ₃	1,32	1,16	1,31	1,59
SK	F Hitung dan Signifikansi			
Perlakuan	1,01 ^{tn}	3,28 ^{tn}	1,24 ^{tn}	0,36 ^{tn}

Keterangan: B₀ = (kontrol); B₁ = (residu biochar); B₂ = (residu kotoran ayam); B₃ = (residu biochar + kotoran ayam); tn = tidak berpengaruh nyata pada taraf 5%; * = berpengaruh nyata pada taraf 5%; angka di dalam tabel adalah angka transformasi ($\sqrt{x} + 0,5$).

Hal ini diduga biomassa cacing tanah dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti kelembapan, suhu tanah, dan bahan organik, sehingga residu biochar dan kotoran ayam pada tanah Ultisol yang masam dan berstruktur kurang optimal dapat membatasi respons cacing tanah (Harja *et al.*, 2023). Sementara, residu yang belum terdekomposisi dan waktu aplikasi empat musim belum menciptakan kondisi yang optimal bagi cacing tanah (Edwards *et al.*, 2011). Hal ini sejalan dengan Putri (2018) menyatakan bahwa biomassa cacing tanah dipengaruhi ketersediaan bahan organik dan kondisi lingkungan serta dapat menurun akibat berkurangnya bahan organik dan kondisi tanah yang terlalu anaerob.

Identifikasi Cacing Tanah

Identifikasi cacing tanah dapat dilakukan dengan mempelajari karakteristik morfologi cacing tanah berdasarkan buku dan kunci determinasi *Biology of Earthworm* (Edward and Lofty, 1977). Identifikasi cacing tanah dilakukan berdasarkan letak klitelum, tipe mulut (*prostomium*), dan *setae* pada cacing dewasa. Beberapa cacing tanah yang ditemukan dilahan penelitian tidak dapat diidentifikasi karena ukurannya yang terlalu kecil dan klitelum belum terlihat dengan jelas. Hasil cacing yang diamati yaitu memiliki klitelum (alat reproduksi) pada segmen ke 13 dengan bentuk *prostomium* (alat mulut) tipe epilobus dan pola sebaran *setae* (bulu halus) tipe perisetin.



Gambar 1. Indentifikasi cacing tanah pada (a) letak klitelum, (b) setae pola sebaran perisetin, (c). Prostomium tipe epilobus.

Cacing tanah yang ditemukan termasuk famili *Megascolecidae* genus *Pheretima* dengan tubuh coklat kehitaman, klitelum annular tidak menebal pada segmen 14-16, panjang 6-13 cm diameter 2-4 mm, prostomium epilobus, dan setae berpola perisetin (Jayanthi, 2014). Pada temuan tanah Ultisol di Gedong Meneng termasuk famili *Megascolecidae*. Cacing tanah ini ditemukan pada kedalaman 0-10cm dan tergolong epigeik yang hidup di permukaan tanah, memakan seresah kasar berperan dalam penghacuran dan transformasi bahan organik, tidak membuat liang, dan meninggalkan cating (Hairiah *et al.*, 2004). Cacing tanah berfungsi sebagai indikator kesuburan tanah karena aktivitasnya memperbaiki struktur, porositas, dan dekomposisi bahan organik. Menghasilkan cast kaya N,P dan K serta meningkatkan infiltrasi air dan aerasi tanah (Jody, 2024) dengan keberadaannya dipengaruhi oleh bahan organik, kelembaban, suhu, dan pH (Nurrohman, 2015).

Pengaruh Residu Aplikasi Biochar dan Kotoran Ayam terhadap Suhu Tanah, Kadar Air, pH Tanah dan C-organik Tanah.

Pengamatan suhu tanah, kadar air tanah, pH tanah, dan C-organik tanah sebagai variabel pendukung dilakukan sebanyak 4 kali yaitu saat sebelum olah tanah, 14 HST, 42 HST, dan 75 HST. Pada suhu tanah Tabel 7 bahwa residu aplikasi biochar dan kotoran ayam tidak berpengaruh nyata seluruh waktu pengamatan. Sedangkan kadar air tanah Tabel 7 bahwa residu aplikasi biochar dan kotoran ayam berpengaruh nyata pada 75 HST, tetapi pada pH tanah berpengaruh nyata pada 14 HST.

Tabel 7. Ringkasan hasil analisis ragam pengaruh residu biochar dan kotoran ayam setelah aplikasi empat musim tanam terhadap suhu tanah dan kadar air tanah di Tanah Ultisol pada pertanaman jagung manis (*bZea mays saccharata* Sturt.).

Perlakuan	Suhu tanah (°C)			Kadar Air Tanah (%)			
	SOT	42 HST	75 HST	SOT	14 HST	42 HST	75 HST
B ₀	28,00	25,70	25,97	22,95	20,85	19,98	19,19
B ₁	28,25	25,83	25,77	23,15	20,64	20,05	17,47
B ₂	27,50	25,63	25,90	23,62	21,59	20,41	17,10
B ₃	28,25	25,91	26,11	23,56	22,71	20,19	16,03
SK	F Hitung dan Signifikansi						
Perlakuan	0,81 ^{tn}	0,20 ^{tn}	1,55 ^{tn}	0,37 ^{tn}	2,37 ^{tn}	0,35 ^{tn}	12,29*

Keterangan: SOT = Sebelum Olah Tanah; HST = Hari Setelah Tanam; B₀ = (kontrol); B₁ = (residu biochar); B₂ = (residu kotoran ayam); B₃ = (residu biochar + kotoran ayam); tn = tidak berpengaruh nyata pada taraf 5%; * = berpengaruh nyata pada taraf 5%.

Residu biochar dan kotoran ayam setelah empat musim tanam, tidak mempengaruhi suhu tanah yang lebih dipengaruhi oleh kondisi cuaca harian dan sifat fisik tanah, seperti intensitas radiasi matahari, curah hujan, dan kelembapan (Yulnafatmawita *et al.*, 2020). Kadar air tanah pada SOT, 14 HST, dan 42 HST, tetapi menurun secara signifikan pada 75 HST saat tanaman memasuki fase fisiologis akhir karena kebutuhan air untuk pematangan biji meningkat. Kondisi akhir musim yang lebih panas dan kering meningkatkan evaporasi dan evapotranspirasi,

sehingga ketersediaan air tanah menjadi faktor penting untuk mencegah stres kekeringan pada tanaman (Novitasari, 2022; Hardjowigeno, 2010).

Pada (Tabel 8) hasil analisis ragam menunjukkan bahwa residu biochar dan kotoran ayam selama empat musim tanam tidak berpengaruh signifikan terhadap pH tanah pada SOT, 42 HST, dan 75 HST, tetapi berpengaruh nyata pada 14 HST, menunjukkan bahwa efek residu terhadap pH bersifat sementara dan cenderung berkurang seiring waktu.

Tabel 8. Ringkasan hasil analisis ragam pengaruh residu biochar dan kotoran ayam setelah aplikasi empat musim tanam terhadap pH tanah di Tanah Ultisol pada pertanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt).

Perlakuan	pH Tanah			
	SOT	14 HST	42 HST	75 HST
B ₀	6,16	6,13	6,10	6,16
B ₁	6,04	5,89	6,05	6,04
B ₂	6,25	6,32	6,56	6,28
B ₃	6,32	6,21	6,30	6,32
SK	F hitung dan Signifikansi			
Perlakuan	0,71 ^{tn}	5,12 [*]	1,60 ^{tn}	0,85 ^{tn}

Keterangan: SOT = Sebelum Olah Tanah; HST = Hari Setelah Tanam; B₀ = (kontrol); B₁ = (residu biochar); B₂ = (residu kotoran ayam); B₃ = (residu biochar + kotoran ayam); tn = tidak berpengaruh nyata pada taraf 5%; * = berpengaruh nyata pada taraf 5%.

Pada awal musim tanam, aktivitas mikroba dan dekomposisi bahan organik masih tinggi sehingga memengaruhi reaksi kimia tanah termasuk pH, namun efek ini menurun ketika pelapukan menjadi lebih stabil. Residu biochar umumnya memiliki pH sedikit asam hingga netral, misalnya biochar yang diperkaya amonium sulfat dengan 5,89-6,15, sedangkan residu kotoran ayam cenderung bersifat basa karena kandungan mineral, tetapi juga menghasilkan asam selama pelapukan sehingga pH tanah berada pada kisaran 6,2–6,3 (Ompusungu, 2018). Perubahan pH ini berkaitan dengan pelepasan ion OH⁻ selama dekomposisi yang dapat meningkatkan pH tanah (Mu'min, 2020).

Berdasarkan uji BNT 5% (Tabel 9) menunjukkan bahwa pada pengamatan kadar air tanah bahwa perlakuan B₀ (kontrol) memiliki kadar air tanah tertinggi dan berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Tabel 9. Pengaruh residu biochar dan kotoran ayam setelah aplikasi empat musim tanam terhadap kadar air tanah di Tanah Ultisol pada pertanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.) saat 75 HST

Perlakuan	Kadar Air Tanah %
B ₀	19,19 c
B ₁	17,47 b
B ₂	17,03 ab
B ₃	16,03 a
BNT 5%	1,35

Keterangan: B₀ = (kontrol); B₁ = (residu biochar); B₂ = (residu kotoran ayam); B₃ = (residu biochar + kotoran ayam). Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

Hal ini diduga tanah Ultisol mempertahankan kelembapan lebih tinggi karena pori tanah didominasi fraksi halus yang menahan air secara kapiler. Biochar yang berstruktur ringan dan berpori besar serta kotoran ayam yang meningkatkan agregasi dan ruang pori aerasi menurunkan kemampuan tanah menahan air. Perlakuan B₃ (kombinasi residu biochar dan kotoran ayam) menghasilkan kadar air terendah karena memperbesar proporsi pori makro dan meningkatkan stabilitas agregat sehingga air lebih cepat keluar dari zona perakaran. Secara umum biochar dapat meningkatkan kapasitas menahan air melalui pori-porinya (Liu *et al.*, 2017) dan kotoran ayam meningkatkan kadar air melalui bahan organiknya (Suryanto, 2011), namun setelah

beberapa musim tanam sebagian pori halus dapat tertutup bahan organik terdekomposisi, partikel liat, atau terisi koloid sehingga kapasitas menahan air berkurang.

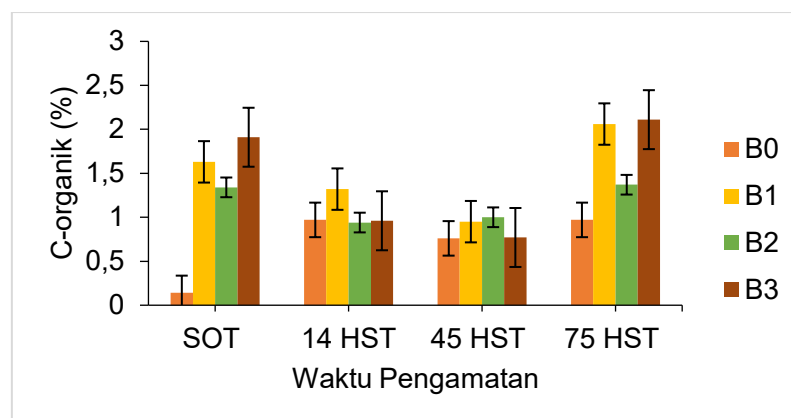
Berdasarkan uji BNT 5% (Tabel 10) menunjukkan bahwa pada pengamatan pH tanah bahwa perlakuan B₂ (residu kotoran ayam) memiliki pH Tanah tertinggi dan berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Tabel 10. Pengaruh residu biochar dan kotoran ayam setelah aplikasi empat musim tanam terhadap pH tanah di Tanah Ultisol pada pertanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.) saat 14 HST.

Perlakuan	pH Tanah
B ₀	6,13 ab
B ₁	5,89 a
B ₂	6,32 b
B ₃	6,21 b
BNT 5%	0,29

Keterangan: B₀ = (kontrol); B₁ = (residu biochar); B₂ = (residu kotoran ayam); B₃ = (residu biochar + kotoran ayam). Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

Residu biochar cenderung menurunkan pH tanah, sedangkan residu kotoran ayam dan kombinasinya meningkatkan pH meskipun tidak signifikan dibandingkan kontrol, karena kotoran ayam mengandung basa-basa seperti Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, dan Na⁺ yang bersifat alkalis dan dapat menetralkan ion H⁺ pada tanah masam. Hal ini sesuai dengan Yuniarti (2020) yang menyatakan kenaikan pH akibat kotoran ayam disebabkan oleh kandungan kalsium dan magnesium serta dekomposisi bahan organik yang menghasilkan ion OH⁻. Sebaliknya, residu biochar menurunkan pH karena setelah empat musim mengalami pelapukan dan oksidasi yang menghasilkan senyawa fenolik dan asam organik serta berkurangnya efek akibat pencucian basa dan perubahan sifat kimia permukaan (Hardjowigeno, 2010).



Keterangan: B₀ = (kontrol); B₁ = (residu biochar); B₂ = (residu kotoran ayam); B₃ = (residu biochar + kotoran ayam); Tongkat (I) = *standard error* ($\sqrt{x + 0,5}$).

Gambar 2. Hasil pengamatan C-organik tanah pada seluruh waktu pengamatan.

Berdasarkan analisis C-organik tanah (Gambar 2), kandungan C-organik menurun pada SOT lalu meningkat pada 75 HST, karena sebelum olah tanah terjadi dekomposisi bahan organik yang terus berlangsung sejak aplikasi sebelumnya melalui respirasi mikroba sehingga karbon tersisa berkurang, ditambah kehilangan akibat pencucian dan erosi pada Ultisol yang berstruktur kurang stabil serta rendahnya penambahan karbon baru antar musim (Atmojo, 2003). Faktor lingkungan seperti kelembapan, suhu, dan aktivitas akar juga mempercepat mineralisasi sehingga C-organik menurun pada awal pertumbuhan. Peningkatan C-organik pada 75 HST diduga akibat akumulasi bahan organik baru dari sisa tanaman, akar, dan eksudat akar pada fase generatif, yang menambah masukan bahan organik ke tanah (Marlina, 2015), sejalan dengan

Utami dan Handayani (2003) bahwa bahan organik meningkatkan kandungan C-organik dan memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah.

Korelasi antara Suhu Tanah, Kadar Air Tanah, pH Tanah, dan C-organik Tanah dengan Populasi dan Biomassa Cacing Tanah

Berdasarkan uji korelasi (Tabel 11), pH tanah berkorelasi nyata dengan populasi cacing tanah pada 42 HST dan dengan biomassa pada SOT, sedangkan pada waktu pengamatan lain tidak menunjukkan korelasi nyata.

Tabel 11. Ringkasan uji korelasi antara suhu tanah, kadar air tanah, pH tanah, dan C-organik tanah dengan total populasi dan biomassa cacing tanah di Tanah Ultisol pada pertanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Strurt).

Pengamatan	Koefisien Korelasi (r)							
	Populasi Cacing Tanah				Biomassa Cacing Tanah			
	SOT	14 HST	42 HST	75 HST	SOT	14 HST	42 HST	75 HST
Suhu	0,19 ^{tn}	0,00 ^{tn}	0,34 ^{tn}	0,05 ^{tn}	0,03 ^{tn}	0,00	-0,36 ^{tn}	-0,03 ^{tn}
Kadar Air	-0,08 ^{tn}	0,02 ^{tn}	0,10 ^{tn}	-0,04 ^{tn}	0,10 ^{tn}	0,23 ^{tn}	0,27 ^{tn}	0,19 ^{tn}
pH	-0,33 ^{tn}	0,29 ^{tn}	-0,55*	-0,15 ^{tn}	-0,50*	0,06 ^{tn}	-0,41 ^{tn}	-0,06 ^{tn}
C-organik	0,10 ^{tn}	0,36 ^{tn}	0,37 ^{tn}	-0,21 ^{tn}	0,06 ^{tn}	0,02 ^{tn}	0,42 ^{tn}	0,20 ^{tn}

Keterangan: SOT = Sebelum olah tanah; HST = Hari setelah tanam; tn = tidak berpengaruh nyata pada taraf 5%;

* = berkorelasi nyata taraf 5%.

pH tanah berkorelasi negatif dengan populasi dan biomassa cacing tanah, artinya peningkatan pH diikuti penurunan populasi dan biomassa, sejalan dengan Edwards dan Bohlen (1996) yang menyatakan pH optimal cacing tanah berkisar 5,5–7,0, sementara pH penelitian ini 5,8–6,3. Perubahan pH memengaruhi ketersediaan bahan organik dan mikroorganisme sebagai sumber pakan, sehingga pH yang kurang sesuai dapat menurunkan populasi dan biomassa, karena jumlah mikroorganisme cenderung berkorelasi negatif dengan pH tanah (Subowo *et al.*, 2002) dan kondisi pH ekstrem dapat mengganggu fisiologi cacing tanah.

Komponen Produksi Tanaman Jagung Manis

Berdasarkan analisis ragam (Tabel 12), residu aplikasi biochar dan kotoran ayam tidak berpengaruh nyata terhadap diameter tongkol, panjang tongkol, dan berat jagung manis per tanaman. Hal ini diduga karena kondisi tanah yang subpotimal, menurunnya efektivitas residu setelah beberapa musim tanam, serta berkurangnya ketersediaan unsur hara. Meskipun residu ini dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah dalam jangka panjang, efeknya terhadap pertumbuhan tanaman bersifat tidak langsung dan terbatas oleh kondisi lingkungan (Bahri, 2020).

Tabel 12. Komponen hasil produksi jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.)

Perlakuan	Diameter (cm)	Panjang (cm)	Berat (g tanaman ⁻¹)
B ₀	5,68	20,29	362
B ₁	5,91	20,90	403
B ₂	5,75	20,48	386
B ₃	5,85	20,90	402
SK	F Hitung dan Signifikasi		
Perlakuan	0,52 ^{tn}	0,30 ^{tn}	0,45 ^{tn}

Keterangan: B₀ = (kontrol); B₁ = (residu biochar); B₂ = (residu kotoran ayam); B₃ = (residu biochar + kotoran ayam); tn = tidak berpengaruh nyata 5%.

Pada hasil pengamatan (Tabel 13), residu biochar dan kotoran ayam tidak berpengaruh nyata terhadap bobot brangkasan basah dan kering jagung manis, diduga karena dosis residu yang kurang optimal dan kondisi tanah yang kurang mendukung. Brangkasan basah yang lebih tinggi pada kontrol berkaitan dengan kandungan air jaringan, sedangkan brangkasan kering

mencerminkan akumulasi biomassa dari hasil fotosintesis dan penyerapan hara. Perlakuan residu kotoran ayam yang menghasilkan bobot kering terendah diduga terkait perbedaan efektivitas penyerapan hara sehingga memengaruhi akumulasi biomassa (Waty, 2013). Oleh karena itu, meskipun berpotensi sebagai pembenah tanah dan sumber hara, aplikasi biochar dan kotoran ayam perlu disesuaikan dengan kondisi lahan dan waktu aplikasi agar memberikan efek optimal.

Tabel 13. Ringkasan hasil analisis ragam pengaruh residu setelah aplikasi empat musim tanam biochar dan kotoran ayam terhadap komponen produksi tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.)

Perlakuan	Brangkasan Basah (ton ha ⁻¹)	Brangkasan Kering (ton ha ⁻¹)
B ₀	104,89	7,60
B ₁	98,43	7,42
B ₂	100,00	6,84
B ₃	101,03	7,68
SK	F Hitung dan Signifikansi	
Perlakuan	1,01 ^{tn}	0,45 ^{tn}

Keterangan: B₀ = (kontrol); B₁ = (residu biochar); B₂ = (residu kotoran ayam); B₃ = (residu biochar + kotoran ayam); tn = tidak berpengaruh nyata 5%.

Korelasi Populasi Cacing Tanah dan Biomassa Cacing Tanah dengan Komponen Produksi Tanaman Jagung Manis

Berdasarkan uji korelasi (Tabel 14), tidak terdapat hubungan antara populasi dan biomassa cacing tanah 75 HST dengan berat jagung, diameter tongkol, panjang tongkol, dan brangkasan kering. Hal ini diduga karena residu biochar dan kotoran ayam selama empat musim tanam belum mampu memenuhi kebutuhan bahan organik tanah, sehingga populasi dan biomassa cacing tanah belum memengaruhi komponen produksi jagung manis. Secara teori, cacing tanah berperan meningkatkan kesuburan tanah melalui dekomposisi bahan organik, perbaikan struktur tanah, aerasi, drainase, dan porositas, serta menghasilkan kascing yang kaya unsur hara dan dapat memperbaiki pH tanah sehingga mendukung pertumbuhan tanaman (Kosman, 2010; Kusumawati, 2023).

Tabel 14. Ringkasan uji korelasi antara berat, diameter, panjang tongkol, dan brangkasan basah dengan populasi dan biomassa cacing tanah di Tanah Ultisol pada pertanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.)

Variabel Utama	Koefisien Korelasi				
	Komponen Produksi				
	Berat Tongkol	Diameter Tongkol	Panjang Tongkol	BB	BK
Populasi Cacing Tanah	-0,11 ^{tn}	-0,18 ^{tn}	0,19 ^{tn}	0,15 ^{tn}	0,35 ^{tn}
Biomassa Cacing Tanah	-0,22 ^{tn}	0,00 ^{tn}	0,08 ^{tn}	-0,22 ^{tn}	-0,06 ^{tn}

Keterangan: tn = tidak berpengaruh nyata pada taraf 5%, BB = brangkasan basah, BK = brangkasan kering.

KESIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah bahwa residu aplikasi biochar dan kotoran ayam selama empat musim tanam secara umum tidak berpengaruh terhadap populasi dan biomassa cacing tanah, kecuali pada populasi cacing tanah 42 HST di kedalaman 10–20 cm dan biomassa cacing tanah 14 HST di kedalaman 0–10 cm pada pertanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.) musim tanam ke-5. Tidak terdapat korelasi antara suhu tanah, kadar air tanah, pH, dan C-organik terhadap populasi dan biomassa cacing tanah, kecuali terdapat korelasi negatif antara pH tanah dengan populasi dan biomassa cacing tanah pada pengamatan 42 HST

dan SOT. Selain itu, tidak terdapat korelasi antara populasi dan biomassa cacing tanah dengan berat, diameter, panjang, serta brangksan basah dan kering tanaman jagung manis. Cacing tanah yang ditemukan pada petak percobaan ini diidentifikasi termasuk dalam famili Megascolicidae dengan genus *Pheretima*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainiya, M., Fadil, M., & Despita, R. (2019). Peningkatan pertumbuhan dan hasil jagung manis dengan pemanfaatan Trichokompos dan POC daun lamtoro. *Agrotechnology Research Journal* 3 (2): 69–74.
- Arjuana, D., Arif, M.S., Prasetyo, D., Dermiyati, D., Septiana, L., & Lumbanraja, J. (2024). Populasi dan biomassa cacing tanah akibat aplikasi biochar dan kotoran ayam di Tanah Ultisol pada pertanaman jagung (*Zea mays* L.) musim tanam ke-3. *Jurnal Agrotropika*, 23(2): 212-220.
- Atmojo, S.W. (2003). *Peranan Bahan Organik terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya*. Sebel. Maret Univ. Press 36.
- Badan Pusat Statistik. (2017). *Produksi Tanaman Hortikultura Jagung Manis*. Jakarta: Badan Pusat Statistik Republik Indonesia.
- Edwards, C.A. & Lofty, J.R. (1977). *Biologi of earthworm*. Chapman and Hall Ltd. London.
- Edwards, C.A., Arancon, N.Q., & Sherman, R. (2011). *Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management*. CRC Press
- Hairiah, K., Widiyanto, Suprayoga, D., Widodo, R.H., Purnomosidi, P., Rahayu, S., & Noordwijk, V. (2004). Ketebalan seresah sebagai indikator daerah aliran sungai (DAS) sehat. *World Agroforestry Centre (ICRAF)*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Hardjowigeno S. (2010). *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Harja, Y., Yusnaini, S., Prasetyo, D., & Lumbanraja, J. (2023). Pengaruh Pemberian Biochar dan Pupuk Kandang Ayam terhadap Populasi dan Biomassa Cacing Tanah pada Pertanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Journal of Tropical Upland Resources* 5(1), 15-30.
- Jayanthi, S., Widhiastuti, R., & Jumilawaty, E. (2014). Komposisi komunitas cacing tanah pada lahan pertanian organik dan anorganik di Desa Raya Kecamatan Berastagi Kabupaten Karo. *Jurnal Biotik* 2 (1):1-9.
- Jody, R., Darmi, D., & Rizwar, R. (2024). Produksi kotoran cacing tanah dan hubungannya dengan kelimpahan cacing tanah pada ekosistem alami dan ekosistem buatan. *bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi* 12 (1): 800-811.
- Kosman, E., & Subowo, G. (2010). Peranan cacing tanah dalam meningkatkan kesuburan dan aktivitas hayati tanah. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 4(2): 93–102.
- Kusuma, N.Z.P., Fami, A., & Kharismatunnisa, F. (2023). Perancangan motion graphic sebagai media informasi dalam e-book" peningkatan produktivitas lahan kering masam". *Khazanah: Jurnal Mahasiswa* 15 (02) :1-5.
- Lestrai, A. (2019). Kadar fosfor, kalium dan sifat fisik pupuk kompos sampah organik pasar dengan penambahan starter em4, kotoran sapi dan kotoran ayam. *Jurnal Teknologi Industri* 5(2): 60–65.
- Liu, Z., Dugan, B., Masiello, C.A., & Gonnermann, H. M. (2017). Biochar particle size, shape, and porosity act together to influence soil water properties. *PLoS ONE*, 12(6): 1-19.
- Marlina, N., Aminh, R.I.S., & Setel, L.R. (2015). Aplikasi pupuk kandang kotoran ayam pada tanaman kacang tanah (*Arachis hypogaeae* L.) Biosaintifika: *Journal of Biology and Biology Education* 7(2); 74-82.
- Mu'min, M. (2020). Pengaruh residu biochar dan pupuk kandang terhadap beberapa sifat tanah serta pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.) (*Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya*).

- Ningsih, N.D., Marlina, N., & Hawayanti, E. (2015). Pengaruh jenis pupuk organik terhadap pertumbuhan dan produksi beberapa varietas jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt). *Klorofil: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Pertanian* 10(2): 93-100.
- Novitasari, A. (2022). *Cekaman Air Dan Kehidupan Tanaman*. Universitas Brawijaya Press.
- Nurrohman, E., Rahardjanto, A., & Wahyuni, S. (2015). Keanekaragaman makrofauna tanah di kawasan perkebunan coklat (*Theobroma cacao* L.) sebagai bioindikator kesuburan tanah dan sumber belajar biologi. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)* 1(2): 197-208.
- Ompusungu, M., & Nuraini, Y. (2018). Pengaruh Residu Biochar Kotoran Ayam Diperkaya Amonium Sulfat terhadap Sifat Kimia Tanah, Serapan N dan Produksi Tanaman Padi pada Tanah dengan Tekstur Berbeda. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan* 5(1): 765-773.
- Prasetyo, B. H., & Suriadikarta, D.A. (2016). Karakteristik potensi dan teknologi pengelolaan tanah ultisol untuk pengembangan pertanian lahan kering di indonesia. *Litbang Pertanian* 25 (2): 39-47.
- Putra, H.R. (2019). Laju dekomposisi kotoran ayam dalam tanah. *Jurnal Pertanian Indonesia* 18(2): 91-99.
- Putri, A. E. (2018). *Keanekaragaman dan kerapatan cacing tanah sebagai indikator kesehatan tanah di agroforestri* (Studi Kasus: Khdtk-Ub Karangploso, Kabupaten Malang) (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Sembiring, F. A., Yusraini, S., Buchari, H., & Niswati, A. (2014). Pengaruh sistem olah tanah terhadap populasi dan biomassa cacing tanah pada lahan bekas alang-alang (*Imperata cylindrica* L.) yang ditanami kedelai (*Glycine max* L.) Musim Kedua. *Agrotek Tropika* 2(3): 475-481.
- Suryanto, (2011). *Petunjuk Praktis Penggunaan Pupuk Organik Secara Efektif dan Efisien*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Utami, S.N.H., & Handayani, S. (2003). Sifat kimia Entisol pada sistem pertanian organik. *Ilmu Pertanian* 10(2): 63-69.
- Waty R, Muyassir, Syamaun & Chairunnas. (2013). Pemupukan NPK dan residu biochar terhadap pertumbuhan dan hasil padi sawah (*oryza sativa* L) musim tanam kedua. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan* 3(1): 383-389.
- Yulianti, Y., Hadie, J., & Nisa, C. (2016). Tyuanggapan pertumbuhan dan hasil jagung manis (*Zea mays saccharata* sturt.) terhadap pemberian kapur dan pupuk kandang kotoran ayam. *Jurnal Ilmiah Pertanian dan Kehutanan* 3(2): 108-121.
- Yulipriyanto, H. (2010). *Biologi tanah dan strategi pengelolaannya*. Yogyakarta: Graha Ilmu. 255 hlm.
- Yulnafatmawita, Y., Satria, R., & Anwar, D.A. (2020). Peran aplikasi pupuk kandang ayam terhadap perbaikan pH dan ketersediaan hara tanah masam Ultisol. *Jurnal Solum* 17(1): 12-20.
- Yuniarti, A., Solihin, E., & Putri, A.T. A. (2020). Aplikasi pupuk organik dan N, P, K terhadap pH tanah, P tersedia, serapan P, dan hasil padi hitam (*Oryza sativa* L.) pada inceptisol. *Jurnal Kultivasi* 19 (1): 1040-1046.
- Zhang, Z., Liu, Y., & Feng, H. (2021). Meningkatkan keanekaragaman mikroba tanah dengan biochar: Implikasinya terhadap kesehatan tanah. *Soil Biology and Biochemistry* 156, 108220.