

PENGARUH SISTEM OLAH TANAH DAN PEMUPUKAN NITROGEN TERHADAP POPULASI DAN BIOMASSA CACING TANAH PADA PERTANAMAN JAGUNG (*Zea mays L.*) TAHUN KE-32 DI PROVINSI LAMPUNG

IMPACT OF TILLAGE SYSTEMS AND NITROGEN FERTILIZER ON EARTHWORMS POPULATION AND BIOMASS IN CORN (*Zea mays L.*) AFTER A 32 YEAR PERIOD ON LAMPUNG PROVINCE

Anisa Carolin¹, Sri Yusnaini ^{2*}, Muhajir Utomo ² dan Ainin Niswati²

¹ Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung

² Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Lampung

* Corresponding Author. E-mail address: sri.yusnaini@fp.unila.ac.id

PERKEMBANGAN ARTIKEL:

Diterima: 15 Januari 2024

Direvisi: 7 Maret 2024

Disetujui: 25 Maret 2024

KEYWORDS:

Earthworms, fertilization, tillage system

ABSTRACT

Tillage and fertilization systems are important factors in plant cultivation. Intensive tillage is a commonly used tillage system, and if carried out continuously it will have a negative impact on land quality, as will nitrogen fertilization. This research aims to study the effect of tillage systems and nitrogen fertilization and their interactions on earthworm populations and biomass. The three tillage systems tested were intensive tillage (T_1), minimum tillage (T_2), and no tillage (T_3), and the nitrogen fertilizer tested was with 200 kg N ha^{-1} nitrogen fertilizer (N_2) and without fertilization nitrogen (N_0). The research was carried out at the Lampung State Polytechnic experimental garden from November 2018 to February 2019, using a randomized completely block design (RCBD), which was arranged in a 3×2 factorial manner with 4 block. Earthworm population and biomass as well as soil organic C, soil water content, soil temperature and soil pH were observed as treatment indicators. The data obtained were analyzed using analysis of variance (ANOVA) and continued with the LSD test at a significance level of 5%. The results showed that the population of earthworms at a depth of 0-15 cm was higher in the no-till treatment compared to intensive tillage and minimum tillage. Likewise, earthworm biomass at depths of 0-15 cm and 15-30 cm was higher in the no-till treatment compared to intensive tillage and minimum tillage. Earthworm population and biomass were not influenced by nitrogen fertilization treatment.

ABSTRAK

KATA KUNCI:
Cacing tanah, olah tanah,
pemupukan.

Sistem olah tanah dan pemupukan merupakan faktor penting dalam budidaya tanaman. Olah tanah intensif merupakan sistem olah tanah yang umum digunakan, dan apabila dilakukan secara terus menerus akan berdampak negatif terhadap kualitas lahan, begitupula pemupukan nitrogen. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh sistem olah tanah dan pemupukan nitrogen serta interaksinya terhadap populasi dan biomassa cacing tanah. Tiga sistem olah tanah yang diujikan adalah olah tanah intensif (T_1), olah tanah minimum (T_2), dan tanpa olah tanah (T_3). Sedangkan pupuk nitrogen yang diujikan adalah dengan pupuk nitrogen 200 kg N ha^{-1} (N_2) dan tanpa pemupukan nitrogen (N_0). Penelitian dilaksanakan di kebun percobaan Politeknik Negeri Lampung pada bulan November 2018 sampai Februari 2019, menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK), yang disusun secara faktorial 3×2 dengan 4 kelompok. Populasi dan Biomassa cacing tanah serta C-organik tanah,, kadar air tanah, suhu tanah, dan pH tanah diamati sebagai indikator perubahan akibat perlakuan yang diterapkan. Data yang diperoleh dianalisis sidik ragam dan dilanjutkan dengan uji BNT pada taraf nyata 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa populasi cacing tanah dikedalaman 0-15 cm lebih tinggi pada perlakuan tanpa olah tanah dibandingkan olah tanah intensif dan olah tanah minimum. Begitupula biomassa cacing tanah pada kedalaman 0-15 cm dan 15-30 cm lebih tinggi pada perlakuan tanpa olah tanah dibandingkan olah tanah intensif dan olah tanah minimum. Populasi dan biomassa cacing tidak tidak dipengaruhi oleh perlakuan pemupukan nitrogen.

1. PENDAHULUAN

Jagung merupakan salah satu serealia yang strategis dan bernilai ekonomi serta mempunyai peluang untuk dikembangkan karena kedudukannya sebagai sumber utama karbohidrat dan protein setelah beras juga sebagai sumber pakan. Upaya peningkatan produksi jagung masih menghadapi berbagai masalah sehingga produksi jagung dalam negeri belum mampu mencukupi kebutuhan nasional.

Aplikasi pemupukan berperan meningkatkan unsur hara di dalam tanah secara cepat tanpa mengurangi kesuburan tanah dan mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman (Sutanto, 2002). Dari semua unsur hara, nitrogen dibutuhkan tanaman paling banyak, tetapi ketersediannya selalu rendah, karena mobilitasnya yang sangat tinggi (Hakim *et al.*, 1986).

Keberhasilan olah tanah konservasi (OTK) dalam menekan mineralisasi bahan organik, erosi, dan penguapan disebabkan karena keberadaan sisa-sisa tanaman dalam jumlah yang memadai di permukaan tanah (Adnan & Manfarizah, 2012). Oleh sebab itu, penyiapan lahan dengan OTK dan pemupukan nitrogen merupakan upaya yang tepat untuk meningkatkan serapan hara dan hasil tanaman. Hal ini dapat terjadi karena kelembaban tanah yang tinggi pada OTK dapat memacu serapan pupuk N, sehingga efisiensi pemupukan N meningkat. Kelembaban yang tinggi dan peningkatan bahan organik tanah akibat adanya mulsa pada OTK juga dapat meningkatkan aktivitas biologi tanah (Alvear *et al.*, 2005). Cacing tanah merupakan organisme tanah yang keberadaannya di dalam tanah dalam jangka panjang dapat menyuburkan tanah (Crovetto, 1996; Bolinder *et al.*, 1999; Utomo, 2015). Untuk itu diperlukan penelitian olah tanah dan pemberian pupuk N dalam tanah untuk dapat melihat pengaruhnya terhadap populasi dan biomassa cacing tanah.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh olah tanah dan pemupukan Nitrogen serta interaksinya terhadap populasi dan biomassa cacing tanah.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian jangka panjang tahun ke-32 dilakukan di kebun percobaan Politeknik Negeri Lampung terletak pada $105^{\circ}13'45,5'' - 105^{\circ}13'48,0''$ BT dan $05^{\circ}21'19,6'' - 05^{\circ}21'19,7''$ LS, dengan elevasi 122 m diatas permukaan laut (Utomo, 2015). Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2017 sampai Februari 2018. Analisis tanah dan tanaman dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Penelitian dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial dengan 4 kelompok, dengan jumlah satuan percobaan sebanyak 24 petak.

Data yang diperoleh diuji homogenitasnya menggunakan Uji Bartlett dan penambahan data diuji Aditivitas menggunakan uji tukey. Apabila asumsi terpenuhi maka data akan dianalisis dengan analisis sidik ragam dan dilanjutkan dengan Uji BNT pada taraf 5%. Uji korelasi akan dilakukan terhadap antara pH dan C- organik dengan populasi dan biomassa cacing tanah.

Pengambilan sampel cacing tanah dilakukan sebanyak 3 kali yaitu waktu sebelum tanam, saat umur 5 minggu setelah tanam dan saat panen. Pengambilan sampel dilakukan pada lahan jagung dengan menggunakan kotak sampel berukuran 25 cm x 25. Sampel tanah yang diambil dengan menggali tanah pada kedalaman 0-15 cm dan 15-30 cm. Setiap galian diambil tanahnya dan diletakkan pada karung putih. Tanah hasil galian tersebut dihitung populasi cacing tanahnya dengan menggunakan metode *hand sorting*, yaitu dengan cara memisahkan cacing dari tanahnya. Cacing tanah yang diambil dimasukkan ke dalam plastik yang telah diberi label. Setiap sampel cacing tanah dengan kedalaman yang berbeda dihitung populasi cacing dan menimbang bobot cacing menggunakan timbangan digital. Setelah ditimbang cacing tanah dimasukkan ke dalam botol berisi alkohol (Ainin *et al.*, 2016). Populasi dan bobot cacing tanah kemudian dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Populasi cacing tanah (ekor } m^{-2}) = \frac{\text{Cacing besar+cacing kecil+jumlah kokon}}{\text{Luas petak sampel (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

$$\text{Biomassa cacing tanah (g m}^{-2}\text{)} = \frac{\text{Bobot cacing besar+bobot cacing kecil+bobot kokon}}{\text{Luas petak sampel (m}^2\text{)}} \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil uji BNT populasi dan biomassa cacing tanah dengan beberapa waktu pengamatan yang berbeda pada taraf 5% (Tabel 1 dan Tabel 2) menunjukkan bahwa populasi dan biomassa cacing tanah lebih tinggi pada perlakuan Tanpa Olah Tanah dibandingkan olah tanah intensif. Hal ini diduga karena pada lahan tanpa olah tanah terdapat sumber bahan organik dari serasah tanaman sehingga kandungan bahan organiknya lebih tinggi. Adanya pengembalian serasah tanaman pada perlakuan tanpa olah tanah juga dapat menjadi sumber nutrisi dan tempat perlindungan cacing dari sinar matahari. Serasah tanah yang ada dipermukaan tanah pada perlakuan tanpa olah tanah juga dapat menjadi mulsa yang menjaga kelembaban tanah sehingga kondisi tersebut mendukung perkembangan cacing tanah.

Hal ini juga sesuai dengan penelitian Brown *et al.* (2003) yang menyimpulkan bahwa populasi cacing tanah TOT 5 kali lebih tinggi dibandingkan pada OTI. Hal ini dimungkinkan karena kandungan C-organik tanah pada TOT relatif lebih tinggi daripada OTI, dengan adanya mulsa pada TOT maka ketersediaan bahan makanan bagi cacing tanah akan lebih terjamin. Menurut Hanafiah *et al.* (2005), tanah yang kaya bahan organik akan lebih banyak dihuni oleh biota tanah salah satunya cacing tanah. Pertambahan biomassa cacing tanah merupakan indikasi dari pertumbuhan populasi cacing tanah yang baik karena mendapatkan nutrisi yang cukup dari bahan organik yang diberikan di dalam tanah serta kondisi yang sesuai dengan pertumbuhan cacing tanah (Siddique, 2005). Dwiastuti (2012) juga menjelaskan lahan yang diolah tanah minimum ataupun tanpa diolah dan sisa tanaman yang ada dipermukaan tanah dapat menjadi persediaan makanan cacing dan juga dapat beradaptasi dengan perubahan musim.

Berdasarkan hasil uji BNT 5% (Tabel 2) biomassa cacing paling tinggi terdapat pada perlakuan tanpa olah tanah , sedangkan perlakuan olah tanah minimum memberikan nilai populasi cacing tanah yang paling rendah yang sama dengan perlakuan olah tanah intensif. Pada perlakuan tanpa olah tanah memberikan nilai biomassa cacing tanah yang paling tinggi yaitu 1,20 g saat 40 HST dan 1,22 g saat 90 HST.

Tabel 1. Pengaruh olah tanah terhadap populasi cacing tanah di kedalaman 0–15 cm pada pengamatan 40 dan 90 HST.

| Perlakuan | Populasi cacing tanah 40 HST (ekor m ⁻²) | Populasi cacing tanah 90 HST (ekor m ⁻²) |
|----------------|--|--|
| T ₁ | 72 b | 68 b |
| T ₂ | 66 b | 102 ab |
| T ₃ | 138 a | 118 a |
| BNT 5% | 20,72 | 25,73 |

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%. T₁ = Olah Tanah Intensif, T₂ = Olah Tanah Minimum, T₃ = Tanpa Olah Tanah.

Tabel 2. Pengaruh olah tanah terhadap biomassa cacing tanah di kedalaman 0–15 cm pengamatan 40 dan 90 HST

| Perlakuan | Biomassa cacing 40 HST (g m ⁻²) | Biomassa cacing 90 HST (g m ⁻²) |
|----------------|---|---|
| T ₁ | 0,62 b | 0,72 b |
| T ₂ | 0,60 b | 0,10 ab |
| T ₃ | 1,20 a | 1,22 a |
| BNT 5% | 0,16 | 0,35 |

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%. T₁ = Olah Tanah Intensif, T₂ = Olah Tanah Minimum, T₃ = Tanpa Olah Tanah.

Tabel 3. Pengaruh interaksi antara olah tanah dan pemupukan N jangka panjang terhadap terhadap populasi cacing tanah pada fase pasca panen (0-15 cm)

| Perlakuan | Populasi cacing tanah 90 HST (ekor m ⁻²) | | |
|-----------|--|-------|-------|
| | T1 | T2 | T3 |
| N_0 | 56 b | 124 a | 124 a |
| | A | A | A |
| N_2 | 80 a | 80 a | 112 a |
| | A | B | A |
| BNT 5% | | 36,39 | |

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%, huruf kecil untuk perbandingan horizontal dan huruf besar untuk perbandingan vertikal. T₁ = Olah Tanah Intensif, T₂ = Olah Tanah Minimum, T₃ = Tanpa Olah Tanah, N₀ = Tanpa Pemupukan N (0 kg ha⁻¹), N₂ = Pemupukan N (200 kg ha⁻¹).

Pada lahan dengan perlakuan olah tanah intensif, biomassa cacing tanah lebih rendah jika dibandingkan dengan olah tanah minimum. Hal ini diduga karena lahan yang diolah secara intensif juga dapat menyebabkan tanah mudah terdegradasi sehingga kandungan bahan organik didalam tanah berkurang. Sisa tanah yang dikeluarkan dari lahan yang diolah tanah intensif juga dapat mengurangi kandungan bahan organik didalam tanah sehingga populasi dan biomassa cacing tanah rendah. Hal ini diduga karena pengolahan tanah intensif menyebabkan tanah menjadi terbuka dan terisi oleh oksigen sehingga akan mempercepat proses dekomposisi bahan organik, dapat menurunkan kelembaban tanah dan air tersedia di dalam tanah (Utomo, 2015).

Hasil uji BNT 5% (Tabel 3) menunjukkan terdapat interaksi antara olah tanah dan pemupukan terhadap populasi cacing tanah. Populasi cacing tanah terendah terdapat pada perlakuan tanpa pemupukan dengan olah tanah intensif (N₀T₁), dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemupukan dengan olah tanah minimum (N₀T₂) dan perlakuan olah tanah minimum dengan tanpa olah tanah (N₀T₃). Rendahnya populasi cacing tanah pada perlakuan N₀T₁ diduga akibat rendahnya C-organik tanah pada perlakuan olah tanah intensif (Fiqa dan Sofiah, 2021; Arai *et al.*, 2018; Ernst and Emmerling, 2009)

Hasil uji BNT 5% (Tabel 4) menunjukkan bahwa perlakuan olah tanah dan pemberian pupuk nitrogen berpengaruh nyata terhadap nilai C-organik tanah. Pada perlakuan olah tanah minimum dan tanpa olah tanah memberikan nilai C-organik tanah yang lebih tinggi (1,67-1,68 %), dibandingkan dengan perlakuan olah tanah intensif (1,50 %). Hal ini dikarenakan olah tanah minimum dan tanpa olah tanah dapat menjamin ketersedian bahan organik pada tanah, dan mulsa sisa-sisa tanaman dapat juga berperan sebagai tempat berkembangnya kehidupan biologis di dalam tanah. Parapasan *et al.* (1995) juga menyatakan bahwa pada lahan yang diolah berlebihan menyebabkan pelupukan bahan organik berjalan cepat sehingga menurunkan kandungan bahan organik tanah. Begitupula dengan pemupukan N, akan mempercepat proses pelupukan bahan organik.

Hasil uji korelasi (Tabel 5) menunjukkan bahwa populasi dan biomassa cacing tanah pada kedalaman 0-15 cm secara nyata berkorelasi dengan kadar air tanah. Cacing tanah sangat sensitif dengan kadar air tanah karena kadar air tanah akan memengaruhi kelembaban tanah yang sangat dibutuhkan oleh cacing tanah untuk menjaga kulitnya agar berfungsi normal untuk respirasi. Berat tubuh cacing tanah terdiri dari 75-90% air, sehingga kelembaban tempat hidupnya sangat penting. Hal ini sesuai dengan pernyataan Makalew (2001) yang menyatakan bahwa perubahan lingkungan yang dapat mempengaruhi populasi cacing antara lain ketersediaan hara dalam tanah, kemasaman tanah (pH), kelembaban tanah, suhu atau temperatur tanah.

Tabel 4. Pengaruh olah tanah dan pemupukan nitrogen jangka panjang terhadap C-Organik tanah pada fase pascapanen

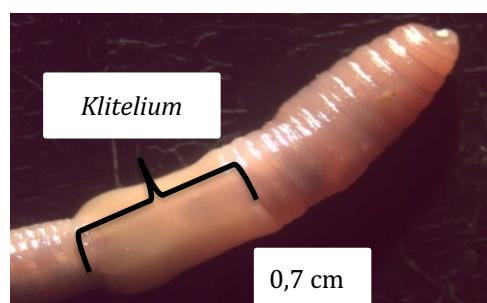
| Perlakuan | C-Organik (%) |
|----------------|---------------|
| N ₀ | 1,66 a |
| N ₂ | 1,57 b |
| BNT 5% | 0,04 |
| T ₁ | 1,50 b |
| T ₂ | 1,68 a |
| T ₃ | 1,67 a |
| BNT 5% | 0,05 |

Keterangan: Angka diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%. T₁ = Olah Tanah Intensif, T₂ = Olah Tanah Minimum, T₃ = Tanpa Olah Tanah, N₀ = Tanpa Pemupukan N₀ (0 kg ha⁻¹), N₂ = Pemupukan N (200 kg ha⁻¹).

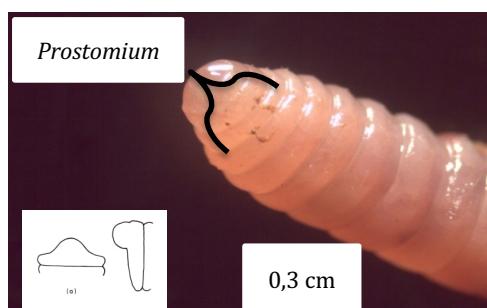
Tabel 5. Hasil uji korelasi antara variabel pendukung dengan populasi cacing tanah (ekor m⁻²) dan biomassa cacing tanah (g m⁻²) di kedalaman 0-15 cm.

| Variabel Pendukung | Koefisien Korelasi (r) | | | |
|--------------------|---|---------|--------------------------------------|---------|
| | Populasi Cacing (ekor m ⁻²) | | Biomassa Cacing (g m ⁻²) | |
| | 45 HST | 90 HST | 45 HST | 90 HST |
| Kadar air (%) | 0,038 tn | 0,229* | 0,026tn | 0,185* |
| Suhu (°C) | 0,086 tn | 0,137tn | 0,061tn | 0,057tn |
| C-organik (%) | 0,001 tn | 0,079tn | 0,000tn | 0,121tn |
| pH tanah | 0,035 tn | 0,105tn | 0,059tn | 0,079tn |

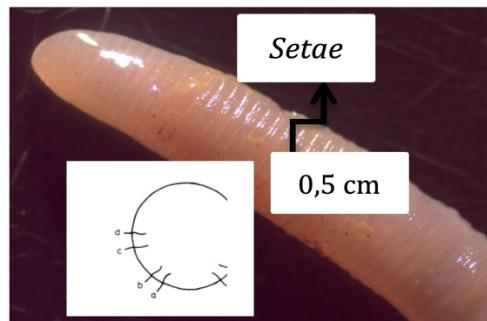
Keterangan: HST = hari setelah tanam; tn = tidak nyata pada taraf 5%; * = berpengaruh nyata pada taraf 5%. Berdasarkan uji korelasi (Tabel 5), dari seluruh sifat kimia dan fisika tanah yang dijadikan sebagai variabel tambahan, hanya Kadar air yang nyata berkorelasi positif dengan populasi dan biomassa cacing tanah.



Gambar 1. Identifikasi cacing tanah berdasarkan letak *clitelium* (alat reproduksi) dengan perbesaran (12,5x)



Gambar 2. Identifikasi cacing tanah berdasarkan *prostomium* (alat mulut) yaitu tipe epilobus dengan perbesaran (12,5x).



Gambar 3. Identifikasi cacing tanah berdasarkan *setae* (bulu halus).

Identifikasi cacing tanah dapat dilakukan apabila cacing tanah yang didapatkan sudah cukup dewasa. Tidak semua cacing tanah dapat diidentifikasi karena terdapat cacing tanah yang belum memiliki klitelium dengan jelas sebagai penciri dari jenis cacing tanah. Berdasarkan deskripsi cacing tanah yang dikemukakan oleh Edwards & Lofty (1997), menunjukkan bahwa hasil identifikasi cacing tanah pada lahan pertanaman jagung di Politeknik Negeri Lampung merupakan cacing jenis famili *Megascolidae* yaitu genus *Pheretima*. Cacing tanah genus *Pheretima* yang diperoleh memiliki ciri-ciri letak *klitelium* (alat reproduksi) dimulai pada segmen 15 (Gambar 1), prostomium (alat mulut) tipe *epilobus* (Gambar 2) dan *setae* (bulu halus) berpola *perisetin* (Gambar 3).

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat pada penelitian ini yaitu pada kedalaman 0-15 cm, populasi cacing tanah perlakuan tanpa olah tanah lebih tinggi dari olah tanah intensif dan olah tanah minimum. Pada kedalaman 0-15 cm pengamatan 40 dan 90 HST biomassa cacing tanah pada perlakuan tanpa olah tanah lebih tinggi dibandingkan olah tanah intensif dan minimum. Populasi cacing dan biomassa cacing tanah antara pemupukan nitrogen 0 kg N ha⁻¹ dan 200 kg N ha⁻¹ tidak berbeda nyata. Terdapat interaksi antara olah tanah dan pemupukan nitrogen terhadap populasi cacing tanah pada 90 HST kedalaman 0-15 cm.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ainin, N, S. Yusnaini, M.A.S. Arif, & Dermiyati. 2016. Penuntun Praktikum Biologi Tanah. Fakultas Pertanian Unversitas Lampung.
- Adnan, H. & Manfarizah. 2012. Aplikasi Beberapa Dosis Herbisida Glifosat dan Paraquat pada Tanpa Olah Tanah (TOT) serta Pengaruhnya terhadap Sifat Kimia Tanah, Karakteristik Gulma dan Hasil Kedelai. *J. Agrista*. 16(3): 135-145.
- Alvear, M, A. Rouanet, J.L Rosas& F. Borie. 2005. Effects of three soil tillage systems on some biological activities in an Ultisol from southern Chile. *Soil and Tillage Research*. 82(2):195-202
- Arai, M , T.Miura, H. Tsuzura, Y. Minamiya , & N. Kaneko. 2018. Two-year responses of earthworm abundance, soil aggregates, and soil carbon to no-tillage and fertilization. *Geoderma*. 332:135-141
- Brown,G.G, N.P,Benito, A. Pasini, K.D Sautter, M.F Guimaraes, & E. Torres. 2003. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná state, Brazil: The 7th international symposium on earthworm ecology. *Pedobiologia*. 47 (5-6) 764-771
- Bolinder, M.A., D.A. Angers, M.Giroux, & M.R Laverdiere. 1999. Estimating C inputs retained as soil organic matter from corn (*Zea mays L.*). *Plant and Soil*, 215:85-91.

- Crovetto, C. L. 1996. *Stubble Over the Soil: The Vital Role of Plant Residue in Soil Management to Improve Quality*. American Society of Agronomy. 245 p.
- Dwiastuti, S. 2012. Kajian Tentang Kontribusi Cacing Tanah dan Perannya terhadap Lingkungan Kaitannya Dengan Kualitas Tanah. *Seminar Nasional IX Pendidikan Biologi FKIP UNS*. 9 (1): 448–451
- Edward, C. H & J.R. Lofty. 1997. Biology of Earthworm. Chapman and Hall. London.
- Fiqa, A.P & S.Sofiah. 2021. Impact of Litter Quality and Earthworm Populations on Seruk Spring Forest's Soil Characteristic. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*.18 (1): 83-95
- Ernst, G. & C. Emmerling. 2009. Impact of five different tillage systems on soil organic carbon content and the density, biomass, and community composition of earthworms after a ten year period. *European Journal of Soil Biology*. 45(3):247-251
- Hakim N., M.Y. Nyakpa, A.M. Lubis, Nugroho., M.A. Diha, G.B. Hong, & H.H. Bailey. 1986. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Penerbit Universitas Lampung. Lampung. 488 hlm.
- Hanafiah, A.L. 2005. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 305 hlm.
- Magdalena, F., Sudiarso, & T. Sumarni. 2008. Penggunaan Pupuk Kandang dan Pupuk Hijau (*Crotalaria juncea* L.) untuk Mengurangi Penggunaan Pupuk Anorganik pada Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *J. Produksi Tanaman*. 1 (2): 61–71.
- Makalew, A. D. N. 2001. Keanekaragaman Biota Tanah pada Agroeko Tanpa Olah Tanah. *Makalah Falsafah Sains*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Parapasan, Y.R. Subiantoro & M. Utomo. 1995. Pengaruh Olah Tanah terhadap Kekerasan dan Kerapatan Lindak Tanah pada Musim Tanam XVI. *Prosiding Seminar V. BDP-OTK*. Lampung.
- Siddique, J., A.A Khan, I. Hussain & S. Akhter. 2005. Growth and Reproduction of Earthworm (*Eisenia fetida*) in Different Organic Media. *Pakistan J. Zool*. 37(3): 211-214.
- Sutanto, R. 2002. *Penerapan Pertanian Organik. Permasarakatan dan Pengembangannya*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Utomo, M. 2015. *Tanpa Olah Tanah : Teknologi Pengolahan Pertanian Lahan Kering*. Graha Ilmu. Yogyakarta.