

APLIKASI BERBAGAI JENIS BIOCHAR DAN PUPUK FOSFOR TERHADAP POPULASI DAN BIOMASSA CACING TANAH PADA LAHAN JAGUNG MANIS (*Zea mays Saccharata sturt.*) DI TANAH ULTISOL NATAR LAMPUNG SELATAN

APPLICATION OF VARIOUS TYPES OF BIOCHAR AND PHOSPHORE FERTILIZER TO EARTHWORM POPULATION AND BIOMASS IN SWEET CORN (*Zea mays Saccharatasturt.*) CULTIVATION IN SOIL ULTISOL NATAR, LAMPUNG SELATAN

Tisya Khoirunnisa Pratiwi¹, Ainin Niswati¹, Didin Wiharso^{1*}, Sri Yusnaini², Liska Mutiara Septiana¹, dan M. A Syamsul Arif¹

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

² Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

*Corresponding Author. E-mail address: didin.wiharso@fp.unila.ac.id

PERKEMBANGAN ARTIKEL:

Diterima: 12 Maret 2024

Direvisi: 25 Juni 2024

Disetujui: 05 Agustus 2024

KEYWORDS:

Biochar, fertilization, earthworm, sweet corn

KATA KUNCI:

Biochar, pemupukan, cacing tanah, jagung manis

ABSTRACT

The addition of biochar soil enhancer is expected to improve the properties of ultisol soils. One of the soil organisms that can be used as an indicator of soil fertility is earthworm. The purpose of this study was to study the effect of the application of various types of biochar and P fertilizer and their interactions on the population and biomass of earthworms. This study was designed in a Randomized Block Design (RAK) which consisted of two treatment factors. The first factor is the application of biochar (B), namely without biochar (B0), rice husk biochar (B1), corn cob biochar (B2), and cassava stem biochar (B3). The second factor is phosphate (P) fertilization, which is without P (P0) fertilizer and with P (P1) fertilizer. The results of observations of the population and biomass of earthworms are presented in graphical form, while the identification of earthworms is presented in the form of images from microscopic observations. To determine the relationship between water content, soil temperature, C-organic and soil pH with the population and biomass of earthworms, correlation test was conducted. The results showed that the earthworm population at each observation was higher in the area where biochar was applied and P fertilizer was applied, while the earthworm biomass at 27 DAP was higher in the field where biochar was applied and at 53 DAP was observed higher in the land not applied phosphate fertilizer (P). There was no interaction between the application of various types of biochar and phosphate fertilizer (P) on the population and biomass of earthworms in all observations on corn fields.

ABSTRAK

Penambahan pembenah tanah *biochar* diharapkan dapat memperbaiki sifat tanah ultisol. Salah satu organisme tanah yang dapat dijadikan indikator kesuburan tanah yaitu cacing tanah. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mempelajari pengaruh aplikasi berbagai jenis biochar dan pupuk P serta interaksinya terhadap populasi dan biomassa cacing tanah. Penelitian ini dirancang dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari dua faktor perlakuan. Faktor yang pertama yaitu aplikasi *biochar* (B), yaitu tanpa *biochar* (B0), *biochar* sekam padi (B1), *biochar* tongkol jagung (B2), dan *biochar* batang singkong (B3). Faktor kedua adalah pemupukan fosfat (P), yaitu tanpa pupuk P (P0) dan dengan pupuk P (P1). Hasil pengamatan populasi dan biomassa cacing tanah disajikan dalam bentuk grafik, sedangkan identifikasi cacing tanah disajikan dalam bentuk gambar hasil pengamatan mikroskop. Untuk mengetahui hubungan antara kadar air, suhu tanah, C-organik dan pH tanah dengan populasi dan biomassa cacing tanah dilakukan uji korelasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa populasi cacing tanah pada setiap pengamatan lebih tinggi pada lahan yang diaplikasikan *biochar* dan pupuk P, sedangkan biomassa cacing tanah pada pengamatan 27 HST lebih tinggi pada lahan yang diaplikasikan *biochar* dan pengamatan 53 HST lebih tinggi pada lahan yang tidak diaplikasikan pupuk fosfat (P). Tidak terdapat interaksi antara aplikasi berbagai jenis *biochar* dan pupuk fosfat (P) terhadap populasi dan biomassa cacing tanah pada semua pengamatan pada lahan jagung.

1. PENDAHULUAN

Tanah Ultisol merupakan salah satu jenis tanah mineral masam yang berpotensi besar untuk perluasan dan peningkatan produksi pertanian di Indonesia. Kendala utama yang dijumpai dalam pengembangan Ultisol untuk lahan pertanian yaitu ketersediaan hara yang rendah. Tanah ini mempunyai sifat yang relatif kurang baik seperti memiliki pH rendah, kandungan C-organik rendah, kandungan unsur hara N total, K total, P tersedia dan KTK tanah yang sangat rendah serta kandungan Al yang sangat tinggi. Selain itu, kerapatan isi (bulk density) tanah cukup tinggi dengan ruang pori total (RPT) dan pori air tersedia (PAT) yang tergolong rendah (Muchtar, 2015).

Tanah Ultisol membutuhkan bahan pembenah tanah yang mampu bertahan lama di dalam tanah serta memiliki efek yang relatif lama untuk kesuburan tanah. Salah satu bahan yang memenuhi sifat tersebut yaitu *biochar*. *Biochar* merupakan bahan kaya karbon yang berasal dari biomassa seperti kayu maupun sisa hasil pengolahan limbah pertanian yang dipanaskan atau dibakar dengan sedikit atau tanpa udara (Lehman & Joseph, 2009). *Biochar* dapat meningkatkan kualitas tanah, sebagai pembenah tanah, dan dapat mengurangi pencemaran lingkungan dari timbunan biomassa pertanian serta mengurangi emisi karbon dioksida (Gani, 2010). *Biochar* dapat meningkatkan kualitas sifat fisik tanah sehingga produksi tanaman dapat meningkat (Lehman, 2007).

Selain *biochar*, salah satu bahan yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan hara tanaman yaitu pupuk. Pupuk dapat memperbaiki kesuburan tanah sehingga tanaman dapat tumbuh lebih cepat, subur dan sehat. Selain untuk meningkatkan produksi, penambahan pupuk fosfor pada tanah Ultisol sangat dibutuhkan sebab kadar P rendah didalam tanah. Menurut Hairiah dkk. (2000) Pupuk fosfat merupakan salah satu unsur hara esensial makro selain N dan K yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman agar dapat berproduksi secara maksimal. Tanaman menyerap fosfat (P) dalam bentuk ion ortofosfat primer (H_2PO_4^-) dan sekunder (HPO_4^{2-}). Kandungan P-tersedia yang ada di dalam tanah Ultisol sangat rendah. Selain kandungan P-tersedia yang rendah, tanah Ultisol pun memiliki kandungan hara dan bahan organik yang rendah.

Cacing tanah merupakan salah satu indikator kesuburan tanah yang mudah diamati. Cacing tanah memiliki peranan dalam kesuburan tanah dengan cara menghancurkan secara fisik bahan organik menjadi humus, dapat menjadikan satu bahan busuk pada lapisan tanah bagian atas, dan membentuk kemantapan agregat antara bahan organik dan bahan mineral tanah (Situmorang, 2017). Cacing tanah berperan dalam proses dekomposisi dan mineralisasi bahan organik. Proses dekomposisi materi organik dapat merubah struktur tanah sehingga dapat meningkatkan aerasi tanah serta kemampuan tanah menahan air.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Mempelajari pengaruh aplikasi berbagai jenis *biochar* terhadap populasi dan biomassa cacing tanah pada tanaman jagung di tanah Ultisol; (2) Mempelajari pengaruh dosis pupuk P terhadap populasi dan biomassa cacing tanah pada tanaman jagung di tanah Ultisol; (3) Mempelajari pengaruh interaksi antara *biochar* dengan pupuk P terhadap populasi dan biomassa cacing tanah pada tanaman jagung di tanah Ultisol; (4) Mempelajari hubungan positif antara C-organik, pH, suhu, kadar air dengan populasi dan biomassa cacing tanah.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari-April 2021 di lahan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP), Natar, Lampung Selatan. Pembuatan *biochar* sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Lampung. Pengambilan sampel cacing tanah dilakukan pada saat sebelum tanam, 27 HST, 53 HST dan 77 HST menggunakan metode *hand sorting* (pengambilan menggunakan tangan). Identifikasi cacing tanah dan analisis sampel

tanah dilakukan di Laboratorium Biologi Tanah dan Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara factorial dengan 3 ulangan. Faktor pertama pemberian berbagai jenis *biochar* (B), yang terdiri dari yaitu B₀= tanpa *biochar* 0 ton ha⁻¹, B₁= *biochar* sekam padi 10 ton ha⁻¹ B₂= *biochar* tongkol jagung 10 ton ha⁻¹, B₃ = *biochar* batang singkong 10 ton ha⁻¹ dan faktor kedua adalah pupuk fosfor (P) yaitu P₀= tanpa pupuk fosfor, P₁ = pemberian pupuk fosfor 335 kg ha⁻¹. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali, sehingga diperoleh jumlah petakan sebanyak 24 satuan percobaan dengan masing-masing petakan seluas 3 x 4 m⁻².

Pengambilan sampel cacing tanah dilakukan dengan membuat petakan dengan ukuran 25 cm x 25 cm dengan tali raffia kemudian digali dengan kedalaman lapisan 0-10 cm dan 10-20 cm, kemudian lubang tersebut diamati populasi cacing tanahnya setiap lapisan menggunakan metode *hand sorting* (menggunakan tangan). Cacing tanah dan kokon yang didapat kemudian dimasukkan kedalam wadah dan diberi label sesuai dengan perlakuan. Setelah itu, cacing tanah dan kokon yang didapat dibersihkan dan dihitung biomasanya dengan cara ditimbang. Setelah ditimbang, cacing tanah dewasa dimasukkan ke dalam botol yang berisikan alkohol 70% untuk diidentifikasi jenisnya dengan menggunakan mikroskop stereo. Populasi dan biomassa cacing tanah dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Populasi cacing tanah} = \frac{(\text{Bobot Cacing Dewasa} + \text{Bobot Cacing Muda} + \text{Bobot Kokon (Telur Cacing)})}{\text{Petak Kuadran (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

$$\text{Biomassa cacing tanah} = \frac{(\text{Cacing Dewasa} + \text{Cacing Muda} + \text{Kokon (Telur Cacing)})}{\text{Petak Kuadran (m}^2\text{)}} \quad (2)$$

Pengolahan dan analisis data berupa populasi dan biomassa cacing tanah menggunakan Microsoft excel dan disajikan dalam bentuk grafik dikarenakan sebaran data tidak homogen dan tidak aditiv yang mana syarat Analisis ragam harus memenuhi homogenitas dan aditivitas maka tidak dapat dilakukan uji lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil). Namun data yang diperoleh seperti kadar air, suhu, C-organik dan pH tanah di uji homogenitas ragam dengan uji Bartlett, aditivitas data dengan uji Tukey. Jika asumsi terpenuhi maka data diolah dengan analisis ragam. Rata-rata nilai tengah diuji dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Uji korelasi dilakukan antara C-Organik, pH, suhu, kadar air dengan populasi dan biomassa cacing tanah.

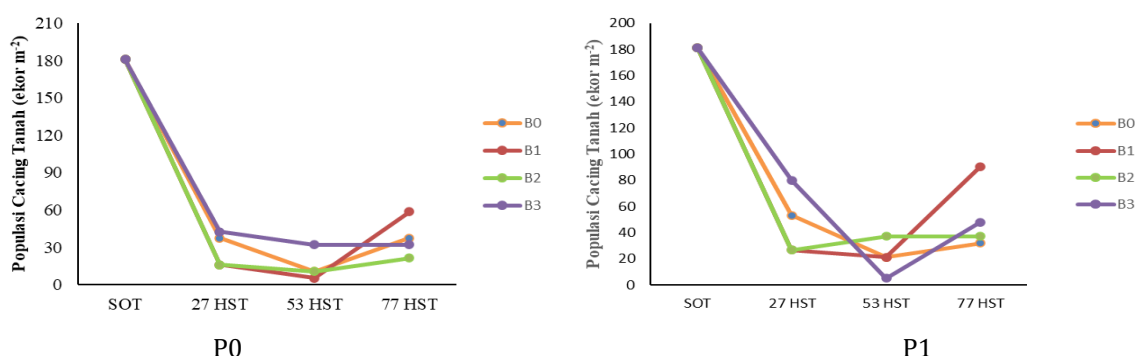
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan populasi cacing tanah tertinggi pada Gambar 1 ditujukan pada SOT (Sebelum Olah Tanah), kemudian populasi cacing tanah tertinggi kedua ditujukan pada 77 HST. Populasi cacing tanah terendah ditujukan pada 53 HST. Menurut Rachman dkk., (2003) menyatakan bahwa setiap upaya pengolahan tanah akan menyebabkan terjadinya perubahan sifat-sifat tanah. Pengolahan tanah dapat mempengaruhi kehidupan cacing tanah dan menyebabkan terjadinya perubahan sifat-sifat tanah. Menurut Dwiastuti (2012) pada lahan yang tidak dilakukan pengolahan terdapat sisa-sisa tanaman yang terletak dipermukaan tanah yang dapat digunakan cacing tanah sebagai persediaan makanan dan digunakan untuk beradaptasi dengan perubahan iklim. Pada pengamatan 77 HST, populasi cacing tanah lebih tinggi pada lahan yang diberikan pupuk P dibandingkan lahan yang tidak diberikan pupuk P. Hal ini diduga terjadi karena tajuk tanaman yang semakin luas dan semakin banyak berperan sebagai sumber bahan organik sehingga kondisi lingkungan mikro pada lahan menjadi ideal bagi cacing tanah. Berdasarkan pernyataan menurut Siddique (2005), peningkatan jumlah populasi cacing tanah merupakan indikasi dari pertumbuhan dan perkembangan cacing tanah

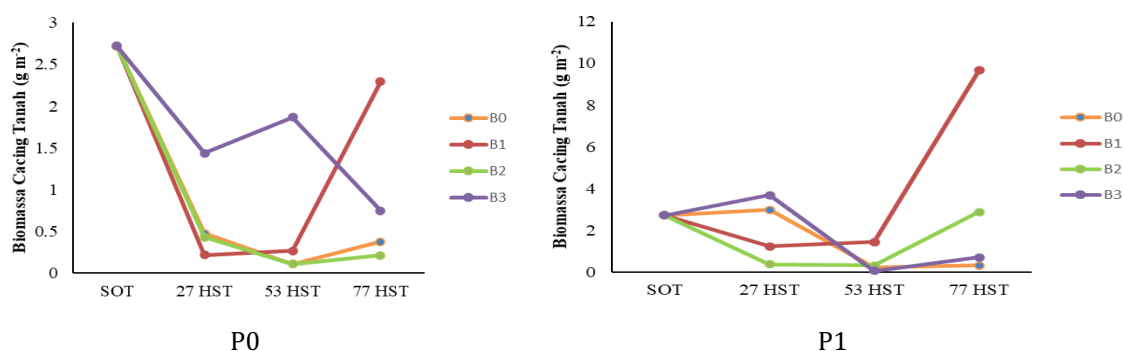
karena mendapatkan nutrisi yang cukup dari bahan organik yang diberikan didalam tanah serta kondisi yang sesuai dengan pertumbuhan cacing tanah. Menurut Hanafiah dkk., (2005), tanah yang kaya akan bahan organik akan lebih banyak dihuni oleh biota tanah salah satunya yaitu cacing tanah.

Berdasarkan hasil pengamatan populasi dan biomassa cacing tanah pada rata-rata setiap pengamatan menunjukkan hasil yang lebih tinggi pada lahan yang diberikan pemupukan P dibandingkan dengan lahan yang tidak diberikan pupuk P (Gambar 1 dan 2). Pupuk Fosfat (P) yang mengandung unsur hara P akan meningkatkan kondisi tanah menjadi lebih baik sehingga aktivitas organisme tanah seperti cacing tanah akan meningkat. Menurut Dwiastuti dan Suntono (2009), populasi dan biomassa cacing tanah akan meningkat apabila faktor makanan dan kecocokan pada kondisi dari tanah tempat tinggal dan hidupnya nyaman atau baik.

Gambar 1 dan gambar 2 menunjukkan bahwa populasi dan biomassa cacing tanah lebih tinggi terdapat pada perlakuan yang diberikan *biochar*. Hal ini diduga karena *biochar* dapat membuat habitat yang baik bagi organisme tanah terutama cacing tanah. Menurut Laird (2008), *biochar* yang berpori menjadi tempat berkembangnya organisme tanah sehingga memicu bertambahnya populasi organisme tanah. Sejalan dengan pernyataan Anggraini dkk. (2015) bahwa cacing tanah banyak hidup pada habitat lahan kering masam sampai alkali (basa). Kemasaman tanah sangat mempengaruhi populasi dan aktivitas cacing tanah. pada umumnya cacing tanah tumbuh baik pada pH sekitar 7,0 namun pada spesies *Lumbricus terrestris* dan *A. Caliginosa* ditemukan pada pH 5,2-5,4. Pemberian *biochar* pada tanah berpengaruh terhadap peningkatan pH tanah dan penurunan konsentrasi Al^{3+} dan H^+ , sehingga peningkatan pH tersebut menyebabkan unsur hara menjadi lebih tersedia.



Gambar 1. Populasi cacing tanah pada berbagai aplikasi jenis *biochar* dan pupuk P pada pengamatan SOT, 27 HST, 53 HST, dan 77 HST. B0 = tanpa *biochar*; B1 = *biochar* sekam padi; B2 = *biochar* tongkol jagung; B3 = *biochar* batang singkong; P0 = tanpa pupuk P; P1 = pupuk P; SOT = sebelum olah tanah; HST = hari setelah tanam.



Gambar 2. Biomassa cacing tanah pada pengamatan ST, 27 HST, 53 HST dan 77 HST pada aplikasi berbagai jenis *biochar* dan pupuk fosfor. B0 = tanpa *biochar*; B1 = *biochar* sekam padi; B2 = *biochar* tongkol jagung; B3 = *biochar* batang singkong; P0 = tanpa pupuk P; P1 = pupuk P; SOT = sebelum olah tanah; HST = hari setelah tanam.

Tabel 1 menunjukkan bahwa pemberian berbagai jenis biochar berpengaruh nyata terhadap kadar air tanah (%) kedalaman 0-10 pada pengamatan 53 HST dan 77 HST, serta berpengaruh nyata pada perlakuan pupuk fosfat (P) terhadap pH tanah pada pengamatan 53 HST dan 77 HST. Biochar berpengaruh nyata terhadap kadar air tanah. Hal tersebut diasumsikan bahwa biochar berfungsi untuk memperbaiki sifat fisik tanah, diantaranya agregat tanah, ruang pori tanah dan lain sebagainya yang mana dapat meningkatkan kadar air tanah. Berdasarkan hal tersebut dapat kita simpulkan bahwa akan semakin banyak cacing tanah, yang dimana menurut Firmansyah dkk., (2017) kelembaban sangat dipengaruhi dalam menjaga agar kulit cacing tanah berfungsi normal. Cacing tanah merupakan makrofauna tanah yang menyukai tempat lembab dan tidak terkena cahaya matahari secara langsung. Kadar air tanah berperan penting dalam menjaga aktivitas makrofauna tanah seperti cacing tanah. Pada tubuh cacing tanah mengandung air sekitar 75-90 % dari berat badannya (Maftu'ah dan Susanti, 2009).

Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan P (P1) menghasilkan pH tanah lebih tinggi dibandingkan dengan tanah tanpa pemupukan P (P). Hal ini diduga karena penambahan pupuk P dapat meningkatkan pH pada tanah Ultisol. Sejalan dengan Kaya (2012) yang menyatakan bahwa peningkatan pH tanah akibat penambahan pupuk P disebabkan oleh adanya pelepasan sejumlah OH⁻ ke dalam larutan akibat adsorpsi sebagian anion fosfat (H₂PO₄⁻) oleh oksida-hidrat Al dan Fe sehingga pH tanah meningkat. Selain itu ion Ca²⁺ dalam pupuk tersebut akan menggantikan ion H⁺ dan Al³⁺ pada kompleks adsorpsi, maka konsentrasi ion H⁺ dalam larutan berkurang dan konsentrasi ion OH⁻ naik. Ketersediaan fosfor didalam tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu aerasi tanah, suhu, bahan organik dan ketersediaan unsur hara pada tanah.

Berdasarkan kunci determinasi yang dikemukakan oleh Edwards dan Lofty (1997), menunjukkan bahwa hasil identifikasi cacing tanah yang terdapat pada lahan penelitian pertanaman jagung di kebun Percobaan Badan Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Natar, lampung Selatan merupakan cacing tanah jenis family *Eudrilidea*. Cacing tanah family *Eudrilidea* dengan lekukan antara segmen jelas pada klitellium(alat reproduksi) dan dimulai pada segmen ke 14 (Gambar 3), bentuk *prostomium* (alat mulut) tipe *prolobus* (Gambar 4), dan *setea* (bulu halus) berpola *Lumbrisin* (berpasangan luas) (Gambar 5).

Tabel 1. Pengaruh pemberian *biochar* terhadap kadar air tanah (%) kedalaman 0-10 cm pada tanaman jagung 53 HST dan 77 HST

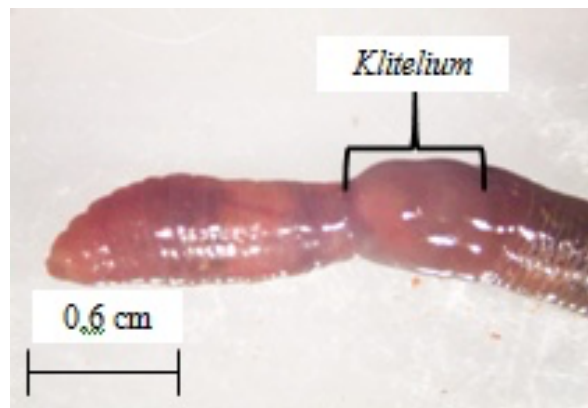
Perlakuan	Kadar Air Tanah (%)	
	53 HST	77 HST
B0	22,32 a	29,37 a
B1	23,66 a	30,44 a
B2	24,04 a	33,24 b
B3	25,86 b	30,90 a
BNT 0,05	2,02	2,65

Keterangan : HST = hari setelah tanam; P0 = tanpa pupuk; P1 = pupuk P; angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata dengan uji BNT pada taraf 5%.

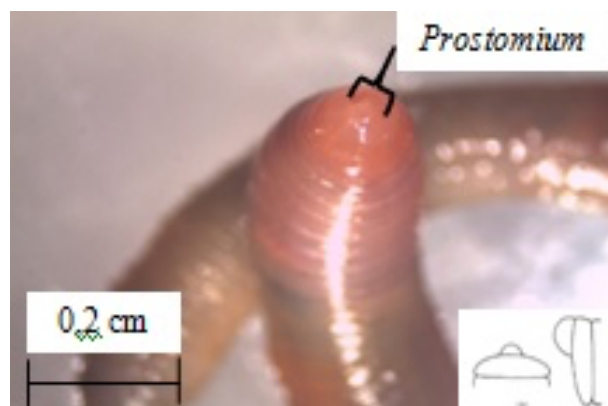
Tabel 2. Pengaruh pupuk fosfat (P) terhadap pH tanah pada tanaman jagung 53 HST dan 77 HST.

Perlakuan	pH Tanah	
	53 HST	77 HST
P0	5,46 a	4,93 a
P1	5,75 b	5,29 b
BNT 0,05	0,24	0,27

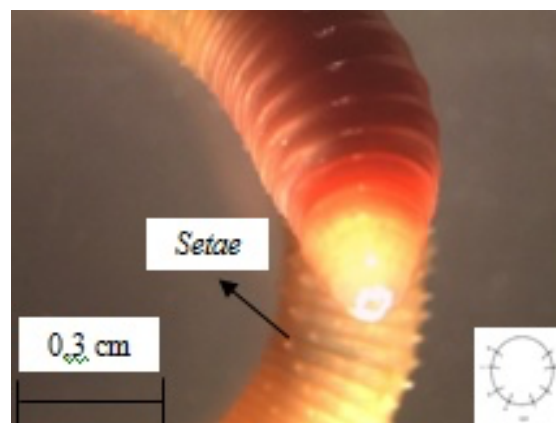
Keterangan : HST = hari setelah tanam; P0 = tanpa pupuk; P1 = pupuk P; angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata dengan uji BNT pada taraf 5%.



Gambar 3. Identifikasi cacing tanah berdasarkan letak *klitelum* (alat reproduksi).



Gambar 4. Identifikasi cacing tanah berdasarkan *prostomium* (alat mulut) yaitu tipe *prolobus*



Gambar 5. Identifikasi cacing tanah berdasarkan setae (bulu halus) yaitu pola *Lumbrisin* (berpasangan luas).

Hasil identifikasi cacing tanah pada penelitian ini menunjukkan bahwa jenis cacing tanah yang diperoleh tergolong dari family Eudrilidae yaitu genus Eudrilus. Menurut Edwards dan Jofty (1977) cacing tanah genus Eudrilus memiliki klitelum yang terletak pada segmen ke 14, memiliki setae dengan pola lumbrisin dan tipe prostomium yaitu prolobus. Kelamin jantan tunggal atau berpasangan pada segmen 17-18 sedangkan kelamin betina tunggal atau berpasangan pada atau lebih jauh dari segmen 10. Menurut Anas (1990) cacing tanah family Eudrilidae mempunyai lekukan antara segmen jelas pada klitelum, berukuran 90-185 mm, dengan jumlah segmen 140-211 segmen, tanpa lubang dorsal. Bagian permukaan dorsal berwarna merah.

Cacing tanah dewasa yang diidentifikasi banyak diperoleh pada kedalaman 10-20, sehingga dapat dikatakan cacing tanah termasuk kedalam kelompok cacing tanah tipe anesik. Menurut Mayasari dkk (2019) cacing tanah tipe anesik ini merupakan kelompok decomposer yang memakan serasah organik yang letaknya diatas permukaan tanah. Menurut Lavelle (1994) cacing tanah tipe anesik merupakan cacing tanah pemakan serasah yang didapat dari bagian permukaan tanah kemudian dibawa masuk kesegala lapisan profil tanah, melalui aktifitas ini akan membentuk liang atau celah yang memungkinkan sejumlah tanah lapisan dan bahan organik masuk dan tersebar ke lapisan bawah.

Menurut Handayanto (2009), pengaruh utama dari tipe anesik ini yaitu memindahkan serasah dari lapisan serasah dan membawanya ketempat yang berbeda. Tipe ini disebut dengan ecosystem engineers atau kelompok penggali. Cacing tipe ini akan mempengaruhi sifat fisik tanah antar lain struktur dan konduktifitas hidrolis.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa populasi cacing tanah pada setiap pengamatan lebih tinggi pada lahan yang diaplikasikan *biochar*. Populasi dan biomassa cacing tanah dapat meningkat dengan penambahan *biochar*. Populasi cacing tanah pada setiap pengamatan lebih tinggi pada lahan yang diaplikasikan pupuk fosfat (P). Cacing tanah yang didapat pada lahan BPTP Natar yaitu termasuk dalam jenis cacing tanah family *Eudrilidea*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Anas, I. 1990. *Biologi Tanah dan Praktek*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Pusat antar Universitas Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor. 34 hlm.
- Anggraini, R., Suhirman, dan Yahdi. 2015. Studi keamanan perbandingan *biochar* dan tanah dengan indikator cacing serta pengaruhnya terhadap perkecambahan dan pertumbuhan kacang hijau (*Phaseolus radiatus*). *Jurnal Takdis IPA Biologi FITK IAIN Mataram*. 7(2) : 226-245.
- Dwiastuti, S dan Suntoro. 2009. *Eksistensi Cacing Tanah pada Lingkungan Berbagai Sistem Budidaya Tanaman Di Lahan Berkapur*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 5 hlm.
- Dwiastuti, S. 2012. *Kajian Tentang Kontribusi Cacing Tanah dan Perannya Terhadap Lingkungan Kaitannya dengan Kualitas Tanah*. Seminar Nasional IX Pendidikan Biologi FKIP UNS. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 9(1) : 449-451.
- Edwards, C.A., dan J.R. Lofty. 1977. *Biology of Earthworms*. A Haalseed Press Book. New York. 255 hlm.
- Firmansyah, T.R., Setyawati, dan A.H. Yanti. 2017. Struktur komunitas cacing tanah (kelas oligochaeta) di kawasan hutan desa Mega Timur kecamatan Sungai Ambawang. *Protobiont*. 6(3): 108-117.
- Handayanto, E., dan K. Hairiah. 2009. *Biologi Tanah Landasan Pengelolaan Tanah Sehat*. Pustaka Adipura. Yogyakarta. 734 hlm.
- Hanafiah, K.A., A. Napoleon, dan N. Ghoffar. 2005. *Biologi Tanah: Ekologi dan Makrobiologi Tanah*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta. 57 hlm.
- Hairiah, D. K., G. Cadisch, B. Lusiana, R. M. Mulia, S. M. Sitompul, D. Sunaryo, D. Suprayogo, R. S. Utami, M. Van Noorddwijk, dan Widiyanto. 2000. *Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi: Refleksi Pengalaman dari Lampung Utara*. ICRAF Bogor. 187 hlm.
- Kaya E. 2012. Pengaruh Pupuk Kalium dan Fosfat Terhadap Ketersediaan dan Serapan Fosfat Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) Pada Tanah Brunizem. *Jurnal Agrologia*. 1(2): 113-118.
- Laird, D.A. 2008. The charcoal vision: a win-win-win scenario for simultaneously producing bioenergy, permanently sequestering carbon, while improving soil and water quality. *Journal Agronomy*. 100 (1): 178- 181.

- Lavelle, P., M. Dangerfield, C. Fragoso, V. Eschenbremer, D. Lopez Hernandez, B. Pashanasi and L. Brussaard. 1994. *The Relationship Between Soil Macrofauna and Tropical Soil Fertility*. In P.L. Woormer and M.J. Swift (Eds.) *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*. John Wiley and Sons. New York pp : 137-170.
- Lehmann, J. 2007. Bioenergy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 5 (7): 381 - 387.
- Maftu'ah, E., dan M. A. Susanti. 2009. Komunitas cacing tanah pada beberapa penggunaan lahan gambut di Kalimantan Tengah. *Berita Biologi*. 9(4): 371-378.
- Mayasari, A.T., A.A.I. Kesumadewi, dan N.L. Kartini. 2019. Populasi, biomassa dan jenis cacing tanah pada lahan sayuran organik dan konvensional di Bedugul. *AGROTOP*. 9(1): 40-49.
- Muchtar, SP. 2015. *Pengelolaan Lahan Kering Masam Berkelanjutan di KP. Taman Bogo*. Balai Penelitian Tanah. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Balitbangtan. Bogor. 30 hlm.
- Rachman, A., S.H. Anderson, C.J. Gantzer, and A.L. Thomson. 2003. Influence of long term cropping system on soil physical properties related to soil erodibility. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67: 637-644.
- Siddique, J. 2005. Growth and reproduction of earthworm (*Eisenia fetida*) indifferent organic media. *Journal of Zoology*. 37(3):211 - 214.
- Situmorang, K. 2017. Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Pemberian Mulsa Bagas Jangka Panjang pada Lahan Tebu PT. GMP Ratoon Ke-1 Periode 2 Terhadap Populasi dan Biomassa Cacing Tanah Serta Populasi Cacing dan Keanekaragaman Mesofauna Tanah. *Skripsi*. Universitas Lampung. 53 hlm.