



Keanekaragaman dan kelimpahan arthropoda tanah pada lahan cabai dengan perlakuan bioremediasi

The diversity and abundance of soil arthropods in
chili cultivation with bioremediation treatment

Ratna Rubiana*, Araz Meilin

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi
Jalan Samarinda Paal Lima, Kotabaru, Jambi 36128, Indonesia

(diterima Januari 2021, disetujui Januari 2022)

ABSTRAK

Tingkat kontaminan di tanah dapat dikurangi dengan remediasi. Remediasi memungkinkan untuk menghancurkan atau membuat berbagai kontaminan menjadi tidak berbahaya menggunakan aktivitas biologis alami (bioremediasi). Kondisi lahan sebelum dan sesudah perlakuan bioremediasi dapat diketahui dengan menggunakan beberapa jenis arthropoda tanah sebagai indikator terhadap kesuburan tanah. Penelitian bertujuan untuk menilai faktor-faktor yang memengaruhi keanekaragaman, membandingkan kemiripan struktur, dan komposisi spesies arthropoda tanah sebagai bioindikator pulihnya sifat biologi tanah pada pertanaman cabai. Pengambilan sampel arthropoda tanah dilakukan di lahan cabai petani dengan 5 perlakuan bioremediasi di Desa Sangir Tengah, Kecamatan Kayu Aro, Kabupaten Kerinci, Provinsi Jambi dengan metode perangkap jebak (*pitfall trap*) yang dipasang selama 2 malam. Perlakuan bioremediasi yang dilakukan, yaitu kontrol (tanpa bioremediasi), dan 4 perlakuan bioremediasi (trichocompos 10 ton/ha, trichocompos + biochar ampas tebu dosis 2 ton/ha, trichocompos + biochar tongkol jagung dosis 2 ton/ha, dan trichocompos + biochar sekam padi dosis 2 ton/ha). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 9.712 individu yang termasuk dalam 10 ordo dan 28 spesies arthropoda tanah. Keanekaragaman arthropoda tanah pada perlakuan bioremediasi menunjukkan beda nyata ($R = 0,3953$; $P < 0,001$). Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener tertinggi pada lahan kontrol demikian halnya dengan indeks kemerataan (E) yang berarti bahwa perlakuan bioremediasi tidak berpengaruh pada keanekaragaman arthropoda tanah. Perlakuan bioremediasi pada lahan cabai tidak menunjukkan peningkatan jumlah ordo dan spesies.

Kata kunci: biochar, fauna tanah, komunitas, limbah pertanian

ABSTRACT

The level of contaminants in the land can be reduced by remediation. Remediation allows to destroy or makes contaminants into harmless using natural biological activities (bioremediation). Land conditions before and after bioremediation treatment is uses some kind of arthropods land as an indicator of soil fertility. This study aims to assess the factors affect diversity, compare the structural similarity, and species composition of soil arthropods as bioindicators of the recovery of soil biological properties in chili cultivation. Soil arthropod sampling was carried out on chili farmers' fields with 5 bioremediation treatments in Sangir Tengah Village, Kayu Aro District, Kerinci Regency, Jambi Province with the pitfall trap method that was installed for 2 nights. The bioremediation treatments were control (without bioremediation), and 4 bioremediation treatments (trichocompos 10 tons/ha, trichocompos + bagasse biochar at a dose of 2 tons/ha, trichocompos +

*Penulis korespondensi: Ratna Rubiana. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi, Jalan Samarinda Paal Lima, Kotabaru, Jambi 36128, Indonesia, Tel: 0741-40174, Faks: 0741-40413, Email: ratna.rubiana@pertanian.go.id

corn cob biochar at a dose of 2 tons/ha, and trichocompos + rice husk biochar at a dose of 2 tons/ha. The results showed that there were 9,712 individuals belonging to 10 orders and 28 species of soil arthropods. The diversity of soil arthropods in the bioremediation treatment showed significant differences ($R = 0.3953$; $P < 0.001$). The Shannon-Wiener diversity index was highest in the control land as well as the evenness index (E) which means that the bioremediation treatment had no effect on the diversity of soil arthropods. Bioremediation treatment on chili fields did not show an increase in the number of orders and species.

Key words: agricultural waste, biochar, communities, soil fauna

PENDAHULUAN

Penurunan kesehatan tanah merupakan masalah serius di seluruh dunia yang seringkali berefek pada kompleksitas dan stabilitas ekosistem pertanian, yang umumnya membuat tanaman menjadi lebih rentan terhadap wabah hama serangga herbivora. Sebagai contoh, produksi kentang (*Solanum tuberosum* L., Solanaceae) dan bawang merah (*Allium cepa* L., Amaryllidaceae) saat ini sangat tergantung pada input sintetis, termasuk insektisida (Alyokhin et al. 2020).

Efek langsung maupun tidak langsung pengolahan tanah terhadap komposisi biota tanah telah banyak didokumentasikan (Thoms et al. 2010). Beberapa hipotesis telah diuji untuk mengetahui pengaruh kandungan nutrisi tanah terhadap kestabilan komunitas mikroba terhadap gangguan yang terjadi pada tanah sampai pada pemulihannya (Griffiths & Philippot 2013). Selain itu, studi terhadap petani yang melakukan pengolahan tanah untuk mengelola keanekaragaman hayati tanah juga telah dilakukan (Bommarco et al. 2013). Pengolahan tanah seringkali menyebabkan perubahan besar yang mengakibatkan ketidakseimbangan komposisi organisme penyedia jasa ekosistem.

Amandemen tanah, yaitu penambahan pupuk untuk memperbaiki sifat-sifat kimia, fisik, atau biologis tanah dengan biochar juga telah dievaluasi sebagai sarana untuk meningkatkan kesuburan tanah (Lehmann et al. 2011). Bioremediasi adalah proses pembersihan kerusakan atau pencemaran tanah dengan menggunakan mikroorganisme (jamur, bakteri). Mikroba yang sering digunakan dalam proses bioremediasi adalah bakteri, jamur, *yeast*, dan alga (Abatenh et al. 2017). Namun, efek biochar pada biota tanah kurang mendapat perhatian dibandingkan dengan efeknya pada sifat kimia tanah.

Pada umumnya, tanah dengan sifat biologi yang baik adalah tanah yang berhubungan dengan kesehatan komunitas mikroba (Saraswati & Sumarno 2008). Adanya gangguan dari aktivitas mikroba tanah menjadi tanda adanya perubahan tingkat metabolisme enzim. Keadaan ini terlihat jelas pada tanah yang terpolusi logam berat, logam akan menyatu dengan enzim yang bebas melalui penyatuan dengan grup sulfidral sehingga mengakibatkan perubahan struktur protein dan mengurangi atau merusak fungsi enzim (Hidayat 2015). Sebaliknya, jika pada tanah dilakukan tindakan bioremediasi maka akan terjadi peningkatan aktivitas enzim dalam proses mineralisasi polutan yang menunjukkan adanya kemampuan populasi alami dalam tanah untuk melakukan perbaikan kembali ke kondisi seperti semula. Percobaan lapangan yang dilakukan Gruss et al. (2019) yang menggunakan biochar sebagai amandemen tanah pada pertanaman lobak dan jagung, menunjukkan bahwa semua kelompok bentuk kehidupan *springtail* (epedafik, hemiedafik, dan euedafik) secara positif terpengaruh setelah aplikasi biochar. Oleh karena itu, keanekaragaman Collembola bisa menjadi alat yang baik untuk bioindikasi kesehatan tanah.

Sebagian komunitas biologis yang telah pulih kembali dari kerusakan tanah adalah makrofauna tanah salah satunya adalah kelompok arthropoda. Arthropoda tanah memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga kesuburan tanah melalui dekomposisi bahan organik, distribusi nutrisi, meningkatkan aerasi tanah, dan sebagainya (Maulida et al. 2019).

Biochar adalah residu biologis yang dibakar dalam kondisi oksigen rendah, menghasilkan bahan kaya karbon berpori dan kepadatan rendah. Luas permukaannya yang besar dan kapasitas pertukaran kationnya, sebagian besar ditentukan oleh bahan sumber dan suhu pirolisis, memungkinkan

peningkatan penyerapan kontaminan organik dan anorganik ke permukaannya, mengurangi mobilitas polutan saat memperbaiki tanah yang terkontaminasi (Oni et al. 2019). Biochar dapat bekerja sendiri-sendiri dan bersama dengan kompos pupuk kandang dan memulihkan banyak polutan berbahaya dari tanah yang terkontaminasi (Singh et al. 2020).

Biochar, produk sampingan dari proses pirolisis terkontrol, dapat digunakan sebagai kondisioner tanah. Aplikasi biochar meningkatkan produktivitas padi, pH tanah, karbon organik tanah, dan N total, tetapi menurunkan berat isi tanah dalam jangka panjang. Studi terbaru telah mengkonfirmasi bahwa penggunaan biochar dalam pertanian padi memiliki kemampuan untuk meminimalkan produksi metana (Singh et al. 2017).

Mengingat pentingnya biota tanah maka penelitian ini perlu dilakukan untuk memahami dan memprediksi efek pengolahan tanah dengan perlakuan bioremediasi yang berbeda pada keanekaragaman hayati arthropoda tanah. Dalam penelitian sebelumnya, arthropoda menjadi parameter bioremediasi yang paling efektif karena dapat menjelaskan secara rinci mengenai mekanisme, jenis, peranan serta seberapa efektif bioremediasi (Okeke et al. 2014). Tujuan penelitian adalah menilai faktor-faktor yang memengaruhi keanekaragaman, membandingkan kemiripan struktur dan komposisi spesies arthropoda tanah sebagai bioindikator pulihnya sifat biologi tanah. Dengan demikian, dari hasil penelitian ini dapat menghasilkan rekomendasi sistem pengolahan tanah menggunakan perlakuan bioremediasi dengan memanfaatkan limbah-limbah pertanian serta pemanfaatan jasa-jasa ekosistem arthropoda tanah.

BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian

Koleksi arthropoda tanah dalam penelitian ini dilakukan pada penanaman cabai di Desa Sangir Tengah, Kecamatan Kayu Aro, Kabupaten Kerinci, Provinsi Jambi (1°44'28.5"LS 101°16'45.7"BT) dengan menggunakan perangkap jebak (*pitfall trap*). Perangkap dipasang pada 10 titik, yaitu 1 titik pada setiap guludan di lahan cabai yang diberi perlakuan bioremediasi dan kontrol.

Perlakuan bioremediasi dan pemasangan perangkap

Dalam penelitian ini, mikroba yang digunakan adalah mikroba yang terkandung dalam trichokompos yang memiliki kemampuan pertumbuhan dan reproduksinya melalui berbagai proses oksidasi.

Perlakuan teknologi bioremediasi dilakukan satu hari sebelum penanaman cabai, yaitu dengan mengaplikasikan campuran trichokompos dan biochar untuk menurunkan residu pestisida sebagai berikut 1) Trichokompos 10 ton/ha (T); 2) Trichokompos 10 ton/ha + biochar ampas tebu 2 ton/ha (A); 3) Trichokompos 10 ton/ha + biochar tongkol jagung 2 ton/ha (J); 4) Trichokompos 10 ton/ha dan biochar sekam padi 2 ton/ha (S); 5) Kontrol atau tanpa bioremediasi (K). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 4 kali. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK). Jenis cabai yang digunakan adalah varietas Kencana.

Perangkap *pitfall* terbuat dari gelas plastik berdiameter 9 cm dan tinggi 10,5 cm yang $\frac{1}{4}$ bagiannya diisi dengan alkohol 70% dan sabun cair 3 tetes. Perangkap diletakkan di tanah dan ditimbun sedalam permukaan gelas pada tanah selama 1 x 24 jam dan dilakukan sebanyak dua kali, yaitu sesudah pengaplikasian bioremediasi pada saat sebelum penanaman cabai dan sebelum cabai dipanen (Bestelmeyer et al. 2000). Perangkap *pitfall* bertujuan untuk mendapatkan arthropoda tanah dari permukaan tanah. Perangkap ini dipasang selama dua malam, setelah itu diambil dan arthropoda tanah yang terperangkap dimasukkan dalam botol koleksi yang sudah diberi larutan alkohol 70%.

Identifikasi arthropoda tanah

Identifikasi arthropoda yang dikoleksi dilakukan sampai tingkat ordo dan morfospesies. Identifikasi dilakukan di Laboratorium Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jambi. Penelusuran pustaka dilakukan lebih lanjut untuk mengetahui peranan arthropoda khususnya arthropoda yang memiliki peranan sebagai bioindikator lingkungan.

Analisis data

Data hasil identifikasi arthropoda ditabulasikan ke *database* dalam format Excel

sehingga diperoleh jumlah spesies, jumlah famili, jumlah ordo, serta kelimpahan arthropoda yang dikoleksi. Selanjutnya, dilakukan penghitungan indeks Shannon–Wiener dan indeks pemerataan. Indeks pemerataan digunakan untuk menilai kemantapan atau kestabilan jenis. Semakin tinggi nilai E maka keanekaragaman jenis dalam komunitas semakin stabil dan semakin rendah nilai E maka kestabilan keanekaragaman jenis dalam komunitas tersebut semakin rendah. Jika nilai E semakin tinggi menunjukkan jenis-jenis dalam komunitas tersebut semakin menyebar.

Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener, indeks pemerataan, kelimpahan, dan kekayaan jenis untuk selanjutnya dianalisis dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA) untuk melihat faktor-faktor yang memengaruhi keanekaragaman arthropoda pada perlakuan yang berbeda (Faraway 2002). Uji lanjut yang dipakai menggunakan uji Tukey.

Uji lanjut untuk mengetahui kemiripan struktur arthropoda bioindikator pada perlakuan yang berbeda adalah dengan uji ANOSIM (*analysis of similarity*) yang dilakukan untuk mendapatkan nilai statistik koefisien perbedaan berdasarkan indeks Sorensen (Magurran & McGill 2011).

Penghitungan dari matriks ketidakmiripan berdasarkan indeks Sorensen dilakukan untuk mengetahui komposisi spesies arthropoda bioindikator yang terdapat pada tiap perlakuan, yang selanjutnya dibuat ordinasi *non metric multidimensional scaling* (NMDS) dengan menggunakan analisis *multidimensional scaling* (MDS) (Clarke 1993). Plot yang memiliki kemiripan umumnya terletak berdekatan satu sama lain, terutama plot yang memiliki kesamaan tipe lahan. Perbedaan spasial diposisikan pada besar jarak satu sama lain. Bentuk dimensi menjelaskan variasi dalam data. Analisis tersebut dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak R Statistic (R Development Core Team 2016).

HASIL

Keanekaragaman arthropoda tanah

Jumlah keseluruhan individu arthropoda tanah yang dikumpulkan dari lahan cabai atau sayuran dengan perlakuan remediasi adalah 9.712

individu yang termasuk dalam 10 ordo dan 28 morfospesies (Tabel 1). Jumlah morfospesies arthropoda terbanyak ditemukan di lahan cabai dengan teknologi petani atau kontrol. Kelimpahan arthropoda terbanyak pada lahan dengan perlakuan biochar dari bahan sekam padi (Tabel 1). Indeks keanekaragaman tertinggi pada lahan kontrol. Selain besarnya kelimpahan arthropoda, keanekaragaman hayati arthropoda tanah suatu komunitas juga dipengaruhi oleh tingkat penyebaran masing-masing jenis (Tabel 1).

Nilai $E < 0,3$ menunjukkan pemerataan jenis tergolong rendah, $E = 0,3-0,6$ pemerataan jenis tergolong sedang, dan $E > 0,6$ maka pemerataan jenis tergolong tinggi. Pemerataan jenis sedang, yaitu pada lahan kontrol, tongkol jagung, dan trichokompos, sedangkan pada lahan ampas tebu dan sekam padi termasuk rendah.

Ordo arthropoda yang ditemukan adalah sebanyak 8 ordo, yaitu Collembola, Coleoptera, Dermaptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera, dan Orthoptera (Tabel 1). Kelompok ordo dengan kelimpahan tertinggi adalah Collembola. Kelompok ordo dengan jumlah spesies terbanyak adalah Hymenoptera (Tabel 1).

Kemiripan dan komposisi arthropoda tanah

Keanekaragaman hayati arthropoda tanah ini dipergunakan untuk mengetahui pengaruh perlakuan biochar dari bahan yang berbeda di pertanaman cabai. Pada lima perlakuan menunjukkan bahwa perlakuan biochar memiliki perbedaan yang nyata pada kelimpahan (ANOVA, $F_{4,45} = 6,68$; $P < 0,01$) (Gambar 1), jenis arthropoda (ANOVA, $F_{4,45} = 2,81$; $P = 0,036$) (Gambar 2), indeks keanekaragaman arthropoda (ANOVA, $F_{4,45} = 4,26$; $P < 0,01$) (Gambar 3). Hasil uji lanjut dengan uji Tukey untuk mengetahui tingkat perbedaan antar perlakuan dapat dilihat pada diagram *boxplot* yang memperlihatkan pada kategori manakah dari perlakuan biochar yang memiliki perbedaan signifikan. Perbedaan rata-rata kelimpahan arthropoda tanah tidak berbeda nyata pada tongkol jagung dan trichokompos, namun berbeda nyata dengan lahan kontrol, ampas tebu dan sekam padi (Gambar 1). Selanjutnya perbedaan rata-rata jumlah morfospesies tidak berbeda nyata pada sekam padi dan ampas tebu, juga kontrol dan trichokompos (Gambar 2).

Tabel 1. Jumlah individu, spesies, indeks keanekaragaman (H'), indeks pemerataan (E) arthropoda tanah pada pertanaman cabai dengan perlakuan biochar yang berbeda di Kabupaten Kerinci, Jambi.

Table 1. Number of individuals, species, diversity index (H'), and evenness index (E) of soil arthropods in chili cultivation with different biochar treatments in Kerinci Regency, Jambi

Ordo <i>Morphospecies</i>	Peranan (<i>Role</i>)	Jumlah individu (<i>Number of individuals</i>) (individu)					
		A	S	J	T	K	Total
Acarina							
Acarina 01	Detritivor (<i>Detritivore</i>)	23	62	27	50	45	207
Orthoptera							
Acrididae 01	Herbivora (<i>Herbivore</i>)	9	9	3	5		26
Araneae							
Araneae 01	Predator				3	1	4
Coleoptera							
Coleoptera 03	Predator	18					18
Coleoptera 05	Detritivor (<i>Detritivore</i>)	8	1	20	5	14	48
Coleoptera 08	Herbivor		21	9	7	3	40
Coleoptera 09	Detritivor (<i>Detritivore</i>)					10	10
Coleoptera 11	Detritivor (<i>Detritivore</i>)	5	6	5	6		22
Collembola							
Collembola 01	Detritivor (<i>Detritivore</i>)	1.502	3.020	1.315	881	743	7.461
Collembola 02	Detritivor (<i>Detritivore</i>)	141					141
Collembola 03	Detritivor (<i>Detritivore</i>)			48		115	163
Dermaptera							
Dermaptera 01	Predator	22	23	67	20	16	148
Diptera							
Diptera 01	Herbivora (<i>Herbivore</i>)	24	41	294	79	65	503
Diptera 02	Herbivora (<i>Herbivore</i>)	96	154	133	96	68	547
Diptera 10	Herbivora (<i>Herbivore</i>)		5	15			20
Hymenoptera							
Formicidae 01	Predator	18					18
Formicidae 07	Predator			17		10	27
Formicidae 08	Predator	3	26		34	3	66
Formicidae 09	Predator				8		8
Hymenoptera 02	Parasitoid			8		10	18
Ichneumonidae 01	Parasitoid	1	1		1		3
Myrmicinae 01	Predator	2	7		8	4	21
Hemiptera							
Hemiptera 03	Herbivor (<i>Herbivore</i>)			20		2	22
Hemiptera 05	Herbivor (<i>Herbivore</i>)			2	19		21
Hemiptera 07	Herbivor (<i>Herbivore</i>)			23		12	35
Hemiptera 08	Herbivor (<i>Herbivore</i>)	12	4	17		17	50
Hemiptera 09	Herbivor (<i>Herbivore</i>)		48				48
Lepidoptera							
Lepidoptera 01	Herbivor (<i>Herbivore</i>)					17	17
Jumlah individu (<i>Number of individuals</i>)		1.884	3.428	2.023	1.222	1.155	9.712
Jumlah morfospesies (<i>Number of morphospecies</i>)		15	15	17	15	18	28
Indeks keanekaragaman (<i>Diversity index</i>) (H')		0,89	0,59	1,33	1,16	1,44	
Indeks pemerataan (<i>Evenness index</i>) (E)		0,27	0,20	0,38	0,37	0,48	

T: trichokompos 10 ton/ha; A: trichokompos 10 ton/ha + biochar ampas tebu 2 ton/ha; J: trichokompos 10 ton/ha + biochar tongkol jagung 2 ton/ha; S: trichokompos 10 ton/ha dan biochart sekam padi 2 ton/ha; K: kontrol atau tanpa bioremediasi.

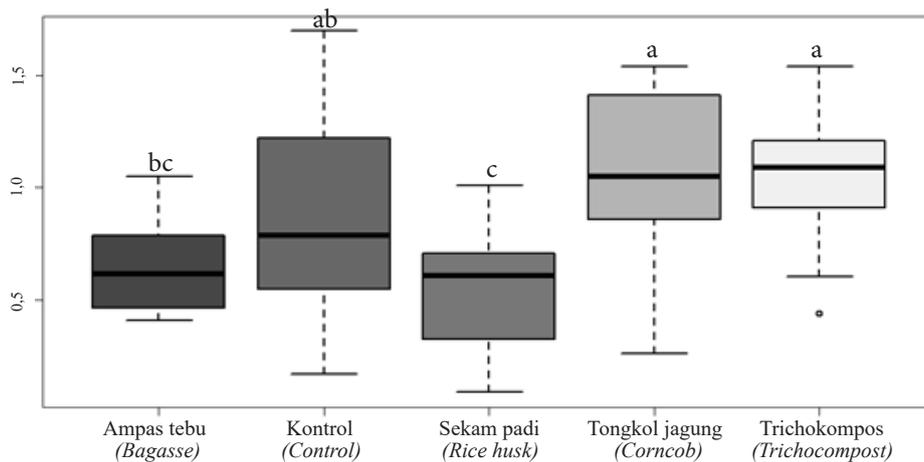
(*T: trichocompost 10 tons/ha; A: trichocompost 10 tons/ha + bagasse biochar 2 tons/ha; A: trichocompost 10 tons/ha + corncob biochar 2 tons/ha; S: trichocompost 10 tons/ha and rice husk biochar 2 tons/ha; K: control or without bioremediation*).

Hasil ANOSIM menunjukkan bahwa struktur komunitas arthropoda pada lahan dengan lima perlakuan yang berbeda memperlihatkan beda nyata $R = 0,39$; $P < 0,001$ (Gambar 4). Komposisi arthropoda tanah pada perlakuan trichokompos menunjukkan pola yang sedikit *overlap* pada grafik. Hal ini memperlihatkan adanya perbedaan komposisi arthropoda tanah dengan perlakuan lain.

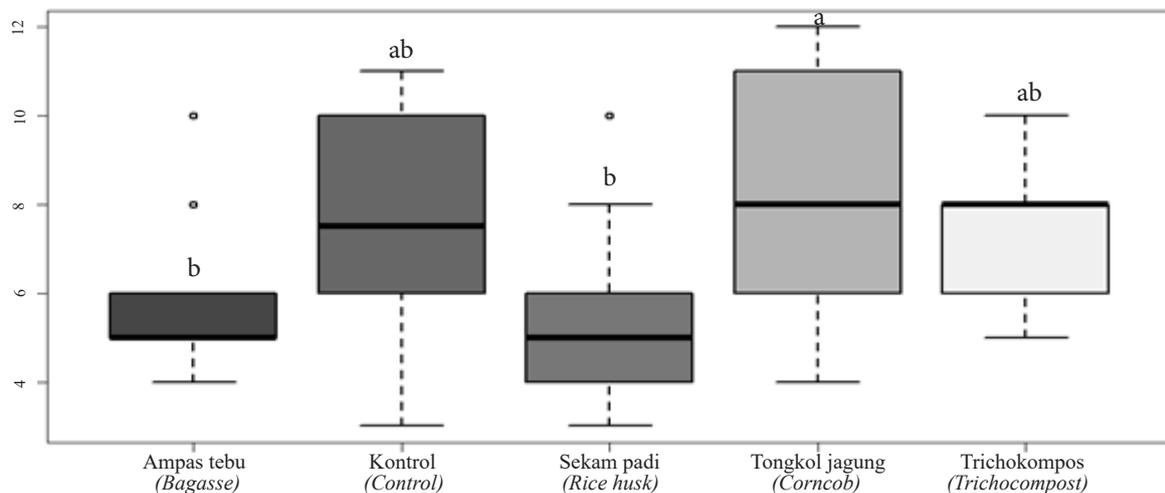
Hasil penelitian terhadap peranan ekologis arthropoda tanah pada lahan dengan perlakuan remediasi adalah sebagai detritivor (7 spesies), herbivor (11 spesies), parasitoid (2 spesies), dan predator (8 spesies). Arthropoda tanah yang memiliki peranan sebagai detritivor pada permukaan tanah dari sebagian besar dari golongan Collembola dan Coleoptera. Golongan serangga herbivor seringkali ditemukan pada Ordo Hemiptera, sedangkan predator paling banyak dari Formicidae.

PEMBAHASAN

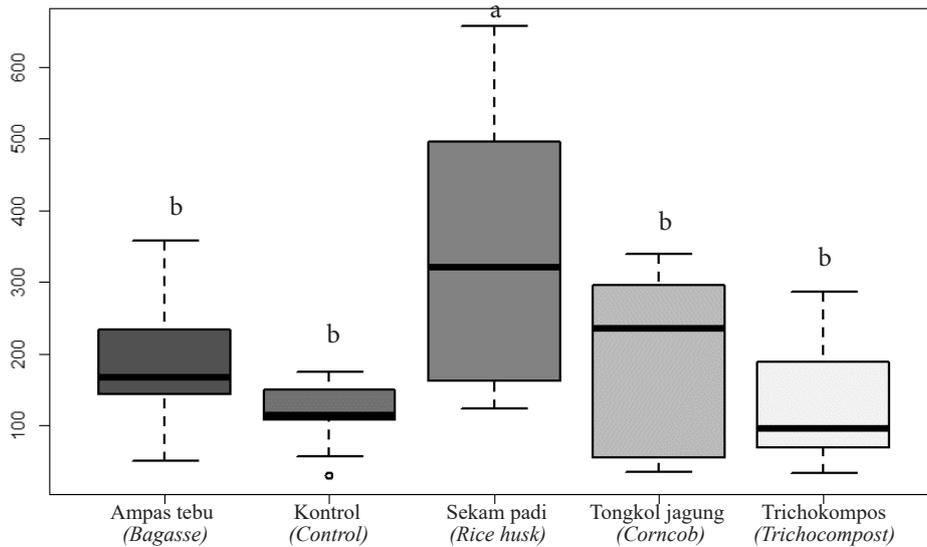
Spesies arthropoda terbanyak serta indeks keanekaragaman tertinggi di lahan cabai adalah lahan kontrol karena pada lahan tersebut terdapat berbagai macam gulma yang tumbuh. Hal ini sejalan dengan penelitian (Putri et al. 2019) bahwa berbagai macam gulma mengakibatkan banyak pula jenis serasah yang ada di permukaan tanah yang meningkatkan keanekaragaman arthropoda tanah. Selain itu, di lahan kontrol ditemukan larva arthropoda dari Ordo Lepidoptera, yang tidak ditemui di 4 perlakuan remediasi lainnya. Tingginya indeks keanekaragaman di lahan cabai kontrol berbanding lurus dengan jenis serangga herbivor. Sebagai contoh adalah jenis Acrididae (belalang) banyak ditemukan di lahan kontrol karena lahan kontrol relatif berumput. Pada lahan yang menerapkan biochar, memiliki kepadatan



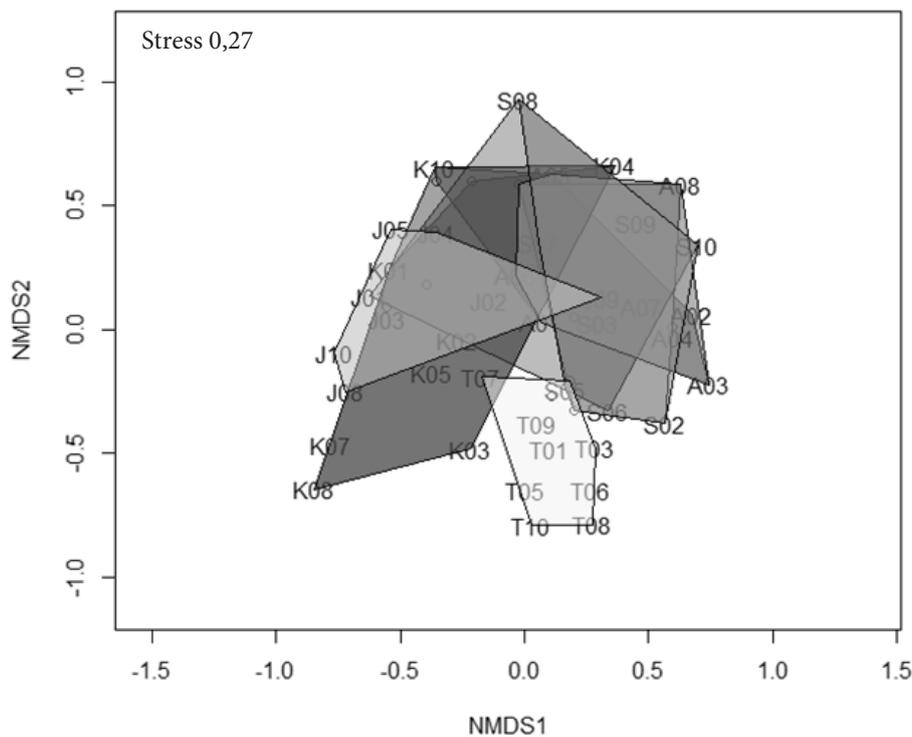
Gambar 1. Kelimpahan arthropoda tanah (N) pada lima perlakuan biochar.
Figure 1. Soil arthropod abundance (N) in five biochar treatments.



Gambar 2. Total jumlah morfospesies arthropoda pada lima perlakuan.
Figure 2. Total number of arthropod morphospecies in five treatments.



Gambar 3. Indeks keanekaragaman (H') arthropoda tanah pada lima perlakuan biochar.
Figure 3. Diversity index (H') of soil arthropods in five biochar treatments.



Gambar 4. NMDS struktur komunitas arthropoda tanah pada lima perlakuan biochar (Kontrol: K01–K10; Ampas tebu: A01–A10; Sekampadi: S01–S10; Tongkol jagung: J01–J10; Trichokompos: T01–T10).
Figure 4. NMDS community structure of soil arthropods under five biochar treatments (Control: K01–K10; Bagasse: A01–A10; Rice husk: S01–S10; Corn cob: J01–J10; Trichocompost: T01–T10).

gulma yang lebih rendah. Hal ini sejalan dengan penelitian Arif et al. (2012) yang melaporkan bahwa aplikasi biochar secara signifikan mengurangi kepadatan gulma 30 hari setelah tanam.

Gulma merupakan inang alternatif bagi arthropoda, meskipun hal tersebut dapat berdampak negatif dan positif bagi produktivitas tanaman. Berdampak negatif apabila kerapatan

populasi gulma mendorong persaingan air, hara, dan cahaya yang berakibat penurunan produksi tanaman budi daya. Berdampak positif apabila gulma menjadi refugia bagi serangga parasitoid. Banyak spesies gulma yang mendukung tingginya keanekaragaman spesies arthropoda. Dengan demikian, gulma memiliki peran dalam agroekosistem dalam mendukung

keanekaragaman hayati secara lebih umum. Oleh karena itu, pemahaman tentang pentingnya gulma bagi arthropoda tanah menjadi langkah pertama dalam menyeimbangkan kebutuhan pengendalian gulma dengan persyaratan keanekaragaman hayati dan pertanian berkelanjutan (Marshall et al. 2003).

Kelimpahan arthropoda tanah terbanyak pada lahan dengan perlakuan trichokompos + biochar dari bahan sekam padi, yaitu Collembola, Diptera selanjutnya Acarina. Keberadaan Collembola sangat berhubungan erat dengan sifat tanah. Sekam padi merupakan makromolekul yang mengandung lignin dan selulosa yang memiliki komponen serat yang panjang dan kaku sehingga menarik Collembola untuk melakukan aktivitas penguraian menjadi unsur-unsur yang dikembalikan lagi ke tanah.

Banyak aspek hubungan yang dapat diprediksi terkait dengan pemerataan jenis di lahan kontrol, tongkol jagung, dan trichokompos yang termasuk kategori sedang serta rendah untuk lahan ampas tebu dan sekam padi. Secara keseluruhan, lahan cabai yang diberi perlakuan biochar tidak stabil karena memiliki kompleksitas dan produksi cabai yang rendah, serta interaksi antar spesies yang rendah. Kondisi ini menunjukkan bahwa spesies yang terdapat pada lahan tersebut hampir semua memiliki relung ekologis yang sama yang memungkinkan terjadinya kompetisi. Kompetisi menyebabkan hilangnya satu spesies atau kemungkinan lainnya pada lahan tersebut memiliki jumlah individu yang tinggi atau spesies dominan, serta jumlah individu pada setiap spesies tidak sama atau tidak merata. Sejalan juga dengan Capinera (2005), gulma dapat memengaruhi kemampuan penyebaran serangga. Sebagian besar serangga herbivora adalah spesialis yang memiliki sumber pakan dalam satu famili tanaman. Beberapa serangga herbivora adalah polifag yang memiliki preferensi berbeda, yaitu memiliki sumber pakan yang lebih bervariasi hanya jika inang pilihan tidak tersedia. Petani yang melakukan aktivitas menyiangi gulma akan memperkecil kemungkinan serangga berpindah dengan mudah dari gulma ke tanaman, kepadatan populasi serangga yang merusak akan berkembang di lapangan, dan vektor serangga yang menjadi sumber penyakit tanaman akan tetap berada di lahan.

Kelimpahan arthropoda tanah tertinggi yang diperoleh dari perangkap *pitfall* adalah

Ordo Diptera yang terdiri atas Famili Culicidae, Pipunculidae, dan Muscidae (Tabel 1). Perangkap *pitfall* merupakan metode yang paling baik untuk menjebak arthropoda aktif di atas permukaan tanah sehingga arthropoda yang masuk ke dalam perangkap adalah arthropoda yang sedang melewati jalur perangkap. Namun dalam penelitian ini, arthropoda terbang lebih banyak terperangkap. Apabila melihat dari perilaku arthropoda tanah maupun serangga terbang tentu saja hal ini memengaruhi perolehan kelimpahan.

Kelimpahan tertinggi selanjutnya adalah Ordo Coleoptera, yaitu dari Famili Coccinellidae, Scarabaeidae, Chrysomelidae, dan Staphylinidae yang memiliki peranan sebagai predator, detritivor maupun herbivor (Tabel 1). Selanjutnya Ordo Dermaptera diketahui memiliki peranan sebagai predator *generalis* yang memiliki ciri khusus memiliki capit pada ujung abdomen. Capit berfungsi sebagai pertahanan diri serta untuk memegang mangsa. Kelimpahan tertinggi Dermaptera ditemukan di lahan dengan perlakuan biochar dari tongkol jagung.

Jumlah spesies tertinggi adalah dari Ordo Hymenoptera, yaitu dari Famili Formicidae yang melintas di permukaan tanah maupun serangga terbang, seperti hymenoptera parasitika (Tabel 1). Famili Formicidae sering digunakan sebagai bioindikator. Castracani et al. (2015) melakukan penelitian sejak tahun 2013 mengenai interaksi antara amandemen tanah biochar dan fauna makro-meso tanah di atas permukaan tanah pada tanaman lapangan. Hasil menunjukkan bahwa dampak dari aplikasi biochar pada fauna tanah secara keseluruhan memiliki pengaruh kecil jika dibandingkan dengan pengelolaan pertanian. Meskipun demikian, Famili Formicidae menunjukkan variasi dalam kelimpahan dan distribusi yang terkait dengan sifat tanah yang diubah seperti suhu, pH, dan kelembaban sehingga membuktikan Formicidae dapat digunakan secara efektif sebagai kelompok sasaran dalam studi interaksi antara biochar dan biota tanah.

Struktur komunitas yang meliputi susunan, komposisi, kelimpahan, keanekaragaman, pemerataan spesies pada lima perlakuan berbeda mengindikasikan bahwa kelima plot lahan memiliki beda nyata. Ordinasasi memperlihatkan kontribusi dan perbedaan setiap spesies di semua lokasi. Hal yang membedakan diduga karena pada

plot ini terdapat spesies yang tidak ditemukan di plot lain, yaitu spesies dari Formicidae. Plot trichokompos mengandung cendawan antagonis *Trichoderma* sp. yang salah satu fungsinya adalah mengendalikan hama serangga sehingga baik serangga herbivor dan predator sedikit terdapat di lahan tersebut.

KESIMPULAN

Perlakuan pemberian bioremediasi berbahan ampas tebu, tongkol jagung, sekam padi menunjukkan perbedaan yang nyata pada kelimpahan, indeks keanekaragaman, pemerataan, maupun struktur komunitasnya. Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (1,44) dan indeks pemerataan Evenness (0,48) tertinggi pada lahan kontrol. Kemiripan struktur arthropoda terdapat pada empat perlakuan dengan bioremediasi berbahan ampas tebu, tongkol jagung, sekam padi, sedangkan pada lahan dengan pemberian trichokompos hanya sedikit memiliki *overlap* untuk struktur komunitasnya. Informasi tentang struktur komunitas yang terdiri atas kelimpahan, keanekaragaman, pemerataan, serta potensi bioindikasinya sangat penting dalam memberikan gambaran kondisi ekologi berbagai jenis ekosistem, sebagai acuan dalam pengelolaan pembangunan ekosistem yang berkelanjutan. Rekomendasi sistem pengolahan tanah adalah dengan pendekatan berkelanjutan dengan pemanfaatan biochar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai Kerjasama Penelitian, Pengkajian, dan Pengembangan Pertanian Strategis (KP4S), Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abatenh E, Gizaw B, Tsegaye Z, Wassie M. 2017. The role of microorganisms in bioremediation- A review. *Journal of Environmental Biology* 2:038–046. DOI: <https://doi.org/10.17352/ojeb.000007>.
- Alyokhin A, Nault B, Brown B. 2020. Soil conservation practices for insect pest management in highly disturbed agroecosystems - A review. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 168:7–27. DOI: <https://doi.org/10.1111/eea.12863>.
- Arif M, Ali K, Munsif F, Ahmad W, Ahmad A, Naveed K. 2012. Effect of biochar, fym and nitrogen on weeds and maize phenology. *Pakistan Journal of Weed Science Research* 18:475–484.
- Bestelmeyer BT, Agosti D, Alonso LE, Brandão CRF, Brown Jr. WL, Delabie JHC, Silvestre R. 2000. Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity. Di dalam: Agosti D et al. (Eds.), *Field Techniques for The Study of Ground-Dwelling Ants*. hlm. 122–144. Washington: Smithsonian Institution Press.
- Bommarco R, Kleijn D, Potts SG. 2013. Ecological intensification: Harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology & Evolution* 28:230–238. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.10.012>.
- Capinera JL. 2005. Relationships between insect pests and weeds: An evolutionary perspective. *Weed Science* 53:892–901. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-04-049R.1>.
- Castracani C, Maienza A, Grasso DA, Genesio L, Malcevski A, Miglietta F, Vaccari FP, Mori A. 2015. Biochar-macrofauna interplay: Searching for new bioindicators. *Science of The Total Environment* 536:449–456. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.019>.
- Clarke KR. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18:117–143. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>.
- Faraway JJ. 2002. Practical regression and anova using R. *Reproduction* 21:212.
- Griffiths BS, Philippot L. 2013. Insights into the resistance and resilience of the soil microbial community. *FEMS Microbiology Reviews* 37:112–129. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2012.00343.x>.
- Gruss I, Twardowski JP, Latawiec A, Królczyk J, Medyńska-Juraszek A. 2019. The effect of biochar used as soil amendment on morphological diversity of collembola. *Sustainability* 11:5126. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11185126>.
- Hidayat B. 2015. Remediasi tanah tercemar logam berat dengan menggunakan biochar. *Jurnal Pertanian Tropik* 2:51–61. DOI: <https://doi.org/10.32734/jpt.v2i1.2878>.
- Lehmann J, Rillig MC, Thies J, Masiello CA, Hockaday WC, Crowley D. 2011. Biochar effects on soil biota - A review. *Soil Biology and Biochemistry* 43:1812–1836. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.022>.

- Magurran AE, McGill BJ. 2011. *Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment*. Oxford: Oxford University Press.
- Marshall EJP, Brown VK, Boatman ND, Lutman PJW, Squire GR, Ward LK. 2003. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research* 43:77–89. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2003.00326.x>.
- Maulida D, Nur Halimatussa'diyah A. RI, Ramdanty E, Raudatunnisa, Haerani W, Mariani, Putra AL, Suryadi, Ubaidillah, Munik BS. 2019. Makrofauna tanah (serangga) di Taman FMIPA Universitas Islam Al-Azhar (Unizar). *Lombok Journal of Science* 1:1–4.
- Okeke JJ, Isreal O, Akubukor F. 2014. Role of invertebrates as bioremediators - A Review. *American Journal of Life Science Researches* 3:13–20.
- Oni BA, Oziegbe O, Olawole OO. 2019. Significance of biochar application to the environment and economy. *Annals of Agricultural Sciences* 64:222–236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aas.2019.12.006>.
- Putri K, Santi R, Aini SN. 2019. Keanekaragaman Collembola dan serangga permukaan tanah di berbagai umur perkebunan kelapa sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.). *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 21:36–41. DOI: <https://doi.org/10.29244/jitl.21.1.36-41>.
- R Development Core Team. 2016. R: A Language and Environment for Statistical Computing. *R Foundation for Statistical Computing Vienna Austria*.
- Saraswati R, Sumarno. 2008. Pemanfaatan mikroba penyubur tanah sebagai komponen teknologi pertanian. *Iptek Tanaman Pangan* 3:41–58.
- Singh C, Tiwari S, Boudh S, Singh JS. 2017. Biochar application in management of paddy crop production and methane mitigation. Di dalam: Singh J, Seneviratne G. (Eds.), *Agro-Environmental Sustainability*. hlm. 123–145. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-49727-3_7.
- Singh C, Tiwari S, Singh JS. 2020. Biochar: A sustainable tool in soil pollutant bioremediation. Di dalam: Bharagava RN, Saxena G (Eds.), *Bioremediation of Industrial Waste for Environmental Safety*. hlm. 475–494. Singapore: Springer Singapore. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-3426-9_19.
- Thoms C, Gattinger A, Jacob M, Thomas FM, Gleixner G. 2010. Direct and indirect effects of tree diversity drive soil microbial diversity in temperate deciduous forest. *Soil Biology & Biochemistry* 42:1558–1565. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.05.030>.