

PENGARUH PENGOLAHAN TANAH DAN PEMBERIAN MULSA BAGAS TERHADAP KANDUNGAN BIOMASSA KARBON MIKROORGANISME (C-MIK) TANAH PADA LAHAN PERTANAMAN TEBU TAHUN KEDUA

Trisina Dwi Pratiwi, Ainin Niswati, M. A. Syamsul Arif & Henrie Buchari

Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Lampung
Jl. Prof. Soemantri Brodjonegoro, No. 1, Bandar Lampung 35145
E-mail: tinapottergirl@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menduga pengaruh olah tanah dan pemberian mulsa bagas terhadap biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah. Penelitian dilakukan dengan menggunakan rancangan petak terbagi dan disusun secara split plot dengan 5 ulangan. Sebagai petak utama adalah perlakuan sistem olah tanah (T) yaitu: T_0 = tanpa olah tanah; T_1 = olah tanah intensif dan anak petak dalam penelitian ini adalah penggunaan limbah pabrik gula (M) yaitu: M_0 = tanpa mulsa; M_1 = mulsa bagas 80 ton ha^{-1} . Kombinasi perlakuan yang diterapkan adalah sebagai berikut: T_0M_0 = tanpa olah tanah + tanpa mulsa bagas, T_0M_1 = tanpa olah tanah + mulsa bagas 80 t ha^{-1} , T_1M_0 = olah tanah intensif + tanpa mulsa bagas, dan T_1M_1 = olah tanah intensif + mulsa bagas 80 t ha^{-1} . Semua petak perlakuan diaplikasikan pupuk Urea dengan dosis 300 kg ha^{-1} , pupuk TSP 200 kg ha^{-1} , pupuk *Muriat of Potash* (MOP) 300 kg ha^{-1} , dan aplikasi bagas, blotong, dan abu (BBA) segar (5:3:1) 80 t ha^{-1} . Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan sistem olah tanah dan pemberian mulsa bagas tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan C-mik dan beberapa sifat kimia tanah seperti kelembaban dan pH tanah dan juga tidak terdapatnya korelasi antara C-mik dengan C-organik tanah, N-total tanah, reaksi tanah, kelembaban tanah, serta suhu tanah. Hal ini diduga bahwa mulsa bagas dengan nisbah C/N yang sangat tinggi (>86) sangat lambat dirombak oleh mikroorganisme. Lambatnya perombakan bahan organik dengan nisbah C/N yang sangat tinggi itu berkaitan dengan terbatasnya pasokan karbon dan/ atau energi untuk pembentukan dan perkembangan biomassa mikroba tanah. Waktu penelitian selama dua tahun masih belum cukup untuk melihat dampak aplikasi bagas pada tanah perkebunan tebu.

Kata Kunci : C-mik, mikroorganisme tanah, mulsa bagas, olah tanah intensif, dan tanpa olah tanah.

PENDAHULUAN

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan tanaman penting sebagai penghasil gula dan juga sebagai salah satu kebutuhan pokok bagi penduduk Indonesia. Peningkatan jumlah penduduk, membutuhkan gula yang semakin meningkat pula, meskipun Indonesia merupakan salah satu negara penghasil gula di dunia, tetapi Indonesia masih mengalami kekurangan akibat konsumsi gula yang lebih tinggi dibandingkan dengan produksinya. Saat ini Pemerintah Indonesia sedang menggalakkan penanaman tebu untuk meningkatkan produksi gula. Salah satunya adalah perkebunan gula yang ada di Lampung adalah PT Gunung Madu Plantations (PT GMP). Perusahaan ini telah mengusahakan perkebunan tebu sejak tahun 1975 yang terus menerus melakukan pertanian intensif dengan pengolahan tanah dan penggunaan bahan-bahan kimia pertanian seperti pupuk dan pestisida (PT GMP, 2009). Meskipun pekerjaan mengolah tanah secara teratur dianggap penting, tetapi pengolahan tanah secara intensif dapat menyebabkan penurunan kualitas tanah. Untuk merehabilitasi kerusakan tanah dan upaya peningkatan

produksi, PT GMP dapat menerapkan sistem olah tanah konservasi dalam bentuk tanpa olah tanah dengan menggunakan mulsa (PT GMP, 2009). Pemberian mulsa juga dapat memperbaiki kualitas tanah yaitu untuk meningkatkan kesuburan serta pertumbuhan tanaman. Mulsa juga dapat dijadikan sebagai penyumbang bahan organik tanah (Dermiyati, 1997). Berdasarkan kenyataan tersebut mikroorganisme tanah memegang peranan penting dalam berbagai proses di dalam tanah, dan untuk mengetahui jumlah biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah untuk pendugaan biomassa mikroorganisme dalam tanah dengan sistem olah tanah serta pemberian mulsa.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan April 2012 sampai dengan bulan Juli 2012. Percobaan dilakukan di lahan pertanaman tebu PT GMP dengan perlakuan sistem olah tanah dan aplikasi limbah pabrik gula jangka panjang dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2020. Analisis biomassa karbon mikroorganisme dan analisis contoh tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah,

Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Alat yang digunakan adalah bor belgi, kantong plastik, alat tulis, timbangan, lakban, toples, desikator dan alat-alat laboratorium lainnya untuk analisis tanah. Bahan-bahan kimia yang digunakan untuk analisis C-mik dengan metode fumigasi-inkubasi (Jenkinson dan Powlson, 1976), C-organik tanah (metode Walkley dan Black), N-total (metode Kjeldahl) dan pH tanah (metode elektrometrik).

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rancangan petak terbagi dan disusun secara split plot dengan 5 ulangan. Sebagai petak utama adalah perlakuan sistem olah tanah (T) yaitu: T_0 = tanpa olah tanah; T_1 = olah tanah intensif dan anak petak dalam penelitian ini adalah penggunaan limbah pabrik gula (M) yaitu: M_0 = tanpa mulsa ; M_1 = mulsa bagas 80 ton ha⁻¹. Pengambilan contoh tanah diambil dua kali yaitu pada bulan April dan Juli. Contoh tanah diambil dari 12 titik pada masing-masing plot percobaan dengan titik tengah plot sebagai titik pusatnya. Data yang diperoleh diuji homogenitas ragamnya dengan Uji Bartlett dan aditifitasnya dengan Uji Tukey. Setelah asumsi dipenuhi, yaitu ragam homogen dan aditif dilakukan analisis ragam pada taraf 1% dan 5%. Untuk membedakan antar nilai tengah diuji dengan uji BNT pada taraf 5%, kemudian untuk mengetahui hubungan antara C-mik dengan pH tanah, C-organik dan N-total tanah dilakukan uji korelasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian (Tabel 1) menunjukkan bahwa perlakuan olah tanah serta pemberian mulsa bagas tidak berpengaruh nyata terhadap biomassa karbon mikroorganisme tanah (C-mik).

Hal ini sejalan dengan penelitian Kasno *et al.*, (1998) dalam Sucipto (2011) menyatakan bahwa dalam kurun waktu yang singkat penerapan perlakuan sistem olah tanah belum memperlihatkan pengaruh yang nyata terhadap kandungan bahan organik tanah. Perbedaan lamanya waktu penelitian diduga menjadi faktor utama belum adanya pengaruh terhadap penelitian ini. Waktu

penelitian yang digunakan selama 2 tahun diduga masih belum memungkinkan terjadinya perubahan signifikan pada lahan percobaan, sehingga pengaruh perlakuan olah tanah serta pemberian mulsa belum terlihat.

Gambar 1 dan 2 menunjukkan bahwa C-mik untuk perlakuan pengolahan tanah tanpa olah tanah dan adanya pemberian mulsa (T_0M_1) cenderung lebih tinggi, baik pada pengamatan sembilan bulan setelah tanam ataupun 12 bulan setelah tanam (panen). Perlakuan tanpa olah tanah dan pemberian mulsa bagas meningkatkan C-mik meskipun secara statistik tidak memiliki pengaruh secara nyata. Peningkatan C-mik ini diduga disebabkan karena bagas, blotong dan abu (BBA) yang ditambahkan ke dalam setiap plot pada lahan penelitian.

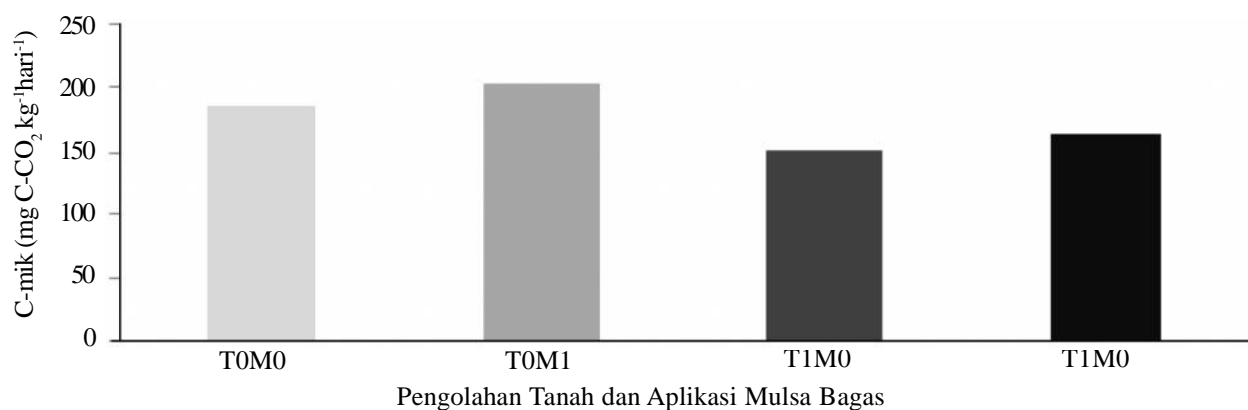
Pengolahan tanah intensif yang diterapkan PT GMP dalam jangka waktu lama mampu menyebabkan hilangnya ketersediaan bahan organik didalam tanah. Umar (2004) mengungkapkan bahwa beberapa dampak buruk dari pengolahan tanah intensif jangka panjang yakni dapat mengurangi kandungan bahan organik tanah, infiltrasi, meningkatkan erosi, memadatkan tanah, dan mengurangi biota tanah. Dengan adanya penambahan bahan organik tanah berupa BBA mampu meningkatkan aktivitas serta penambah energi bagi mikroorganisme tanah. Dari penelitian terdahulu (tahun pertama) juga menunjukkan hasil tidak berpengaruh nyata pengolahan tanah dan aplikasi mulsa bagas terhadap kandungan C-mik, namun dari setiap pengamatan (satu BST dan lima BST) kandungan C-mik juga meningkat pada perlakuan tanpa olah tanah dan aplikasi mulsa yaitu meningkatkan kandungan C-mik sebesar 4,44%.

Dari data hasil penelitian juga dapat diketahui bahwa penggunaan sistem TOT memberikan efek yang lebih baik dalam menjaga kandungan C-mik dibandingkan dengan OTI. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengukuran C-mik (Gambar 1 dan 2). Setelah 12 bulan setelah tanam sistem TOT meningkatkan C-mik sebesar 0,86% pada aplikasi mulsa dan 5,36% pada aplikasi tanpa mulsa. Sehingga dapat terlihat bahwa penerapan pengolahan tanah dengan cara tanpa olah tanah serta penambahan

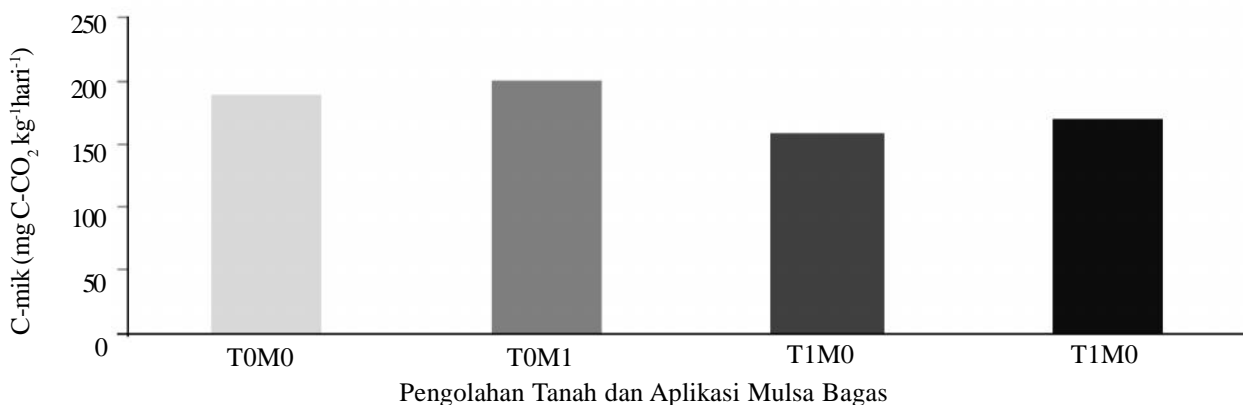
Tabel 1. Ringkasan uji signifikansi pengaruh olah tanah dan aplikasi mulsa terhadap C-mik pada sembilan dan 12 setelah tanam (bst).

Sumber Keragaman	Waktu Pengamatan	
	9 bst	12 bst
Kelompok	tn	tn
Olah Tanah (PU)	tn	tn
Mulsa (AP)	tn	tn
Interaksi	tn	tn

Keterangan: tn = tidak berbeda nyata pada _{0,05}. PU = Petak utama, AP = Anak petak.



Gambar 1. Pengaruh sistem olah tanah dan aplikasi mulsa terhadap C-mik (mg C-CO₂ kg⁻¹ hari⁻¹) pada sembilan bulan setelah tanam (T₀ = Tanpa olah tanah; T₁ = Olah tanah intensif; M₀ = Tanpa mulsa; M₁ = Mulsa bagas 80 t ha⁻¹; tongkat pada grafik batang menunjukkan standar deviasi).



Gambar 2. Pengaruh sistem olah tanah dan aplikasi mulsa terhadap C-mik (mg C-CO₂ kg⁻¹ hari⁻¹) pada duabelas bulan setelah tanam (T₀ = Tanpa olah tanah; T₁ = Olah tanah intensif; M₀ = Tanpa mulsa; M₁ = Mulsa bagas 80 t ha⁻¹; tongkat pada grafik batang menunjukkan standar deviasi).

mulsa bagas mampu meningkatkan kandungan C-mik di dalam tanah.

Sedangkan tidak terdapatnya pengaruh yang nyata terhadap setiap perlakuan diduga disebabkan karena mulsa bagas memiliki C/N rasio awal yang tinggi sehingga pada saat pengamatan mulsa belum terdekomposisi secara sempurna ataupun butuh waktu yang cukup lama untuk dapat terdekomposisi secara sempurna. Bahan organik berkualitas rendah ini bila dimasukkan ke dalam tanah akan menimbulkan immobilisasi N dalam tanah. Karena adanya immobilisasi N sehingga dapat mengurangi kehilangan N akibat pencucian dan penguapan. Ampas tebu mengandung 0,3 % N, 0,34 % P, 0,14 % K, 42,5 % C dan nisbah C : N sekitar 142 : 1 (Purnomo *et al.*, 1995 dalam Hairiyah *et al.*, 2000). Tingginya nisbah C:N pada bagas ini menyebabkan bahan tersebut lama dilapuk sehingga mungkin masih bermanfaat untuk mempertahankan kandungan BOT bila dikembalikan ke dalam tanah secara tepat.

Selanjutnya dari Tabel 2, dapat dilihat bahwa perlakuan olah tanah berpengaruh nyata terhadap kadar C-organik serta N-total pada 12 bulan setelah tanam. Kemudian dapat dilihat juga bahwa suhu memiliki interaksi positif terhadap pengolahan tanah serta pemberian mulsa bagas pada bulan kesembilan setelah tanam. Hasil uji BNT 5% (Tabel 4) menunjukkan bahwa perlakuan olah tanah serta aplikasi mulsa bagas lebih baik dalam menstabilkan suhu pada sembilan bulan setelah tanam. Perlu diketahui bahwa pengukuran suhu tidak dilakukan serentak pada waktu yang sama dikarenakan luasnya lahan yang digunakan sehingga pengukuran suhu dari plot pertama sampai dengan plot 20 dilakukan pada pukul 08.00-11.00 WIB. Hal ini diduga menjadi salah satu sebab bahwa perlakuan T₁M₁ memiliki suhu yang lebih besar dibandingkan dengan T₀M₀. Karena pengukuran suhu dilakukan perulangan sehingga memungkinkan di beberapa plot terakhir suhu lebih tinggi dibandingkan suhu pada plot-plot pertama. Bahan yang dapat digunakan sebagai mulsa di antaranya

Tabel 2. Ringkasan uji signifikansi pengaruh sistem olah tanah dan aplikasi mulsa bagas terhadap beberapa sifat tanah sembilan bulan dan duabelas bulan setelah tanam (bst).

Perlakuan	Variabel pengamatan										
	C-organik (%)		N-total (%)		pH (H ₂ O)		Kelembaban (%)		Suhu (°C)		
	9bst	12bst	9bst	12 bst	9 bst	12 bst	9 bst	12 bst	9 bst	12 bst	
Kelompok	tn	*	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	*	tn
Pengolahan tanah (PU)	tn	*	tn	*	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn
Mulsa (AP)	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn
Interaksi	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	*	tn

Keterangan : tn = Tidak berbeda nyata pada pada _{0,05} dan pada _{0,01}. PU = Petak utama; AP = Anak petak.

Tabel 3. Uji BNT perlakuan olah tanah terhadap kadar C-organik dan N-total 12 bulan setelah tanam (bst).

Perlakuan olah tanah	Kadar C-organik (%)	Kadar N-total (%)
Olah tanah intensif (OTI)	1,087a	0,17 a
Tanpa olah tanah (TOT)	1,168b	0,19b
BNT 5%	0,02	0,005

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berpengaruh nyata berdasarkan uji BNT pada _{0,05}.

Tabel 4. Uji BNT perlakuan olah tanah dan pemberian mulsa bagas terhadap suhu tanah (°C) pada pengamatan sembilan bulan setelah tanam (bst).

Mulsa	Suhu tanah (°C)	
	T ₀	T ₁
M ₀	27,90 b A	27,34 a A
M ₁	27,64 a A	28,36 b B
BNT 5%	0,42	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada _{0,05}. T₀ = tanpa olah tanah; T₁ = olah tanah intensif, M₀ = tanpa mulsa, M₁ = mulsa bagas.

sisa-sisa tanaman (serasah dan jerami) atau bahan plastik. Menurut Mahmood *et al.* (2002) dalam Hamdani (2009), mulsa jerami atau mulsa yang berasal dari sisa tanaman lainnya mempunyai konduktivitas panas rendah sehingga panas yang sampai ke permukaan tanah akan lebih sedikit dibandingkan dengan tanpa mulsa atau mulsa dengan konduktivitas panas yang tinggi seperti plastik. Namun hal ini tidak ditunjukkan seperti pada pengamatan yang telah dilakukan.

Hasil pengamatan justru menunjukkan bahwa perlakuan yang diberi mulsa memiliki suhu yang lebih tinggi disbanding dengan yang tidak diberi mulsa. Hal ini diduga karena adanya efek lain yang ditimbulkan oleh mulsa, bukan sebagai penstabil suhu justru suhu yang diberi mulsa lebih tinggi yang terlihat seperti efek rumah kaca. Ketika sinar radiasi matahari menembus mulsa sebagai gelombang pendek sehingga panasnya diserap oleh tanaman yang untuk selanjutnya, panas tersebut

diradiasikan kembali namun dengan panjang gelombang yang panjang (panjang gelombang berbanding dengan energi) sehingga sinar radiasi tersebut tidak dapat menembus mulsa. Akibatnya, suhu di dalam tanah yang diberi mulsa lebih tinggi dibandingkan dengan suhu yang tidak diberi mulsa.

Penelitian lain juga menunjukkan bahwa dengan adanya pengolahan tanah akan menciptakan hubungan yang longgar diantara agregat-agregat tanah dan keadaan ini akan membatasi gerakan panas melalui permukaan tanah kelapisan yang lebih dalam. Baver *et al.* (1972) dalam Sumono (2011) juga menambahkan bahwa hantaran panas akan bertambah kecil apabila kontak antara permukaan partikel-partikel tanah semakin kecil. Dengan demikian tanah yang diolah memiliki suhu tanah yang lebih tinggi karena panas terakumulasi pada lapisan tersebut. Namun terhadap beberapa sifat tanah yang lainnya seperti pH dan kelembaban belum memiliki

pengaruh nyata terhadap C-mik. pH optimum pertumbuhan bagi kebanyakan mikroorganisme antara 6,5 dan 7,5. pH tanah dari data penelitian yang didapatkan adalah 4-5 dengan kelembaban 6-11% sehingga memungkinkan belum adanya pengaruh nyata pH dan kelembaban terhadap pengolahan tanah serta pemberian mulsa. Berdasarkan uji BNT pada taraf 5% (Tabel 3) dapat diketahui bahwa perlakuan pengolahan tanah mampu memberikan pengaruh nyata terhadap kadar C-organik serta N-total tanah 12 bst. Tabel 3 juga menunjukkan bahwa perlakuan tanpa olah tanah memiliki kandungan C-organik serta N-total lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan olah tanah intensif yaitu 1,168% dan 0,19%.

Hasil uji BNT 5% (Tabel 4) menunjukkan bahwa terdapat interaksi suhu dengan pengolahan tanah dan pemberian mulsa bagas pada saat sembilan bulan setelah tanam. Suhu tertinggi terdapat pada tanah dengan perlakuan olah tanah intensif dan aplikasi mulsa bagas (T_1M_1) yaitu 28,36°C, sedangkan suhu terendah terdapat pada tanah dengan perlakuan olah tanah intensif dan tanpa aplikasi mulsa bagas (T_1M_0) yaitu 27,34°C.

Hasil uji korelasi menunjukan bahwa C-mik tidak berkorelasi dengan kandungan C-organik tanah, N-total, kelembaban tanah, reaksi tanah (pH tanah), dan suhu tanah. Menurut Buchari (1999), karbon tanah merupakan variabel yang penting dalam memacu aktivitas mikroorganisme tanah. Hal ini dikarenakan karbon dalam tanah berfungsi sebagai sumber energi untuk memacu aktivitas mikroorganisme untuk melakukan proses dekomposisi bahan organik (Kirana, 2010). Zuberer (2012) menambahkan karbon digunakan untuk energi dan membangun kestabilan sel organik tubuh. Perubahan organik dapat dikontribusikan sebagai penghasil karbon. Beberapa karbon yang bisa digunakan seperti kompos, yang pada dasarnya mikroba yang mampu mendekomposisi bahan organik, tidak mengandung kadar yang tinggi terhadap karbon tersedia.

Sebaliknya, mikroorganisme menyediakan substrat perlahan-lahan yang bisa digunakan dan memberikan kontribusi langsung ke tanah. Sekitar sepertiga dari karbon organik ditambahkan ke tanah beriklim tetap sebagai humus dan biomassa mikroba. Sedangkan sekitar dua pertiga dari karbon ini dikembalikan ke atmosfer sebagai CO₂ melalui respirasi mikroba. Semakin tinggi jumlah karbon didalam tanah maka akan tersedia banyak juga jumlah sumber makanan untuk mikroorganisme di dalam tanah.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa sistem pengolahan tanah serta pemberian mulsa bagas pada pertanaman tebu tidak mempengaruhi C-mik baik pada sembilan bulan dan 12 bulan setelah tanam. Tidak terdapat interaksi antara sistem pengolahan tanah dan pemberian mulsa bagas pada sembilan bulan dan 12 bulan setelah tanam terhadap C-mik. Tidak terdapat perbedaan yang nyata pada biomassa C-mik terhadap perlakuan aplikasi mulsa dan yang tanpa mulsa. Tidak terdapat korelasi antara C-organik, N-total, kelembaban, pH, serta suhu dengan C-mik.

SANWACANA

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT. GMP Lampung dan YNU Jepang yang telah memberikan dana dan izin untuk dapat melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Buchari, H. 1999. Penetapan Karbon Microbial (C-mik) pada Dua Tipe Penggunaan Lahan (Alang-alang dan Hutan) dengan Metode Fumigasi Ekstraksi sebagai Indikator Degradasi Tanah. *Makalah*

Tabel 5. Hasil uji korelasi antara C-mik (mg C-CO₂ kg⁻¹ hari⁻¹) dengan beberapa sifat tanah akibat pengaruh sistem olah tanah dan aplikasi mulsa bagas pada pertanaman tebu sembilan dan 12 bst.

Variabel	Biomassa karbon mikroorganisme (mg C-CO ₂ kg ⁻¹ hari ⁻¹)	
	Nilai r	
	9 bst	12 bst
C-organik	0,26 tn	0,00 tn
N-total	0,05 tn	0,13 tn
Reaksi tanah (pH)	0,16 tn	0,00 tn
Kelembaban	0,00 tn	0,01 tn
Suhu	0,04 tn	0,06 tn

Keterangan: tn = tidak nyata, * = nyata pada 0,05, ** = nyata pada 0,05.

- khusus Program Pascasarjana*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 29 hlm.
- Dermiyati. 1997. Pengaruh Mulsa terhadap Aktivitas Mikroorganisme Tanah dan Produksi Jagung Hibrida C-1. *J. Tanah Trop.* 5:63-68.
- Hamdani, J.S. 2009. Pengaruh Jenis Mulsa terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tiga Kultivar Kentang (*Solanum tuberosum* L.) yang Ditanam di Dataran Medium. *J. Agron. Indonesia* 37(1):14-20.
- Jenkinson, D.S. dan D.S. Powlson. 1976a. The Effect of Biocidal Treatments on Metabolism in Soil-V. Fumigation with Chloroform. *Soil. Biol. Biochem.* 8:209-213.
- Kirana, A. 2010. Pengaruh Sistem Olah Tanah Konservasi Jangka Panjang terhadap Biomassa Karbon Mikroorganisme Tanah (C-mik) dan Produktivitas Tanaman Jagung di Tanah Ultisol. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 63 hlm.
- PT GMP. 2009. *Pengolahan Tanah*. www.gunungmadu.co.id. Diakses pada tanggal 29 Oktober 2011.
- Sucipto. 2011. Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Aplikasi Mulsa Bagas terhadap Biomassa Karbon Mikroorganisme Tanah (C-Mik) pada Lahan Pertanaman Tebu PT Gunung Madu Plantation. *Skripsi*. Universitas Lampung. 58 hlm.
- Sumono. 2011. Pengaruh Kedalaman Pengolahan Tanah terhadap Besarnya Evaporasi pada Tanah Posdolik Merah Kuning pada Suhu dan Kelembaban Udara Tertentu. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Umar, I. 2004. Pengolahan Tanah sebagai Suatu Ilmu: Data, Teori dan Prinsip-Prinsip. *Makalah Pribadi Falsafah Sains*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Zuberer, D A. 2010. *Soil Microbiology*. <http://organiclifestyles.tamu.edu/soil/microbeindex.html>. Diakses pada tanggal 11 November 2012.