

RESPIRASI DAN BIOMASSA KARBON MIKROORGANISME (C-MIK) TANAH AKIBAT SISTEM OLAH TANAH DAN PEMUPUKAN PADA TANAMAN KACANG HIJAU (*Vigna radiata* L.) MUSIM TANAM KE-8

RESPIRATION AND BIOMASS OF MICROORGANISM CARBON (C-MIC) OF SOIL AFFECTED BY TILLAGE AND FERTILIZATION UNDER MUNG BEAN (*Vigna radiata* L.) CULTIVATION ON 8TH PLANTING SEASON

Nuki Aisah¹, Septi Nurul Aini¹, Dermiyati², M.A. Syamsul Arif¹, Astriana Rahmi Setiawati¹, Dedy Prasetyo¹, dan Jamal Lumbaraja²

¹ Jurusan Ilmu Tanah, ² Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Kota Bandar Lampung, Indonesia

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

PERKEMBANGAN ARTIKEL:

Diterima: 28 Februari 2023

Direvisi: 8 Maret 2023

Disetujui: 9 April 2023

KEYWORDS:

Fertilization, mung beans, respiration, soil carbon, microorganism biomass (C-mic), tillage.

KATA KUNCI:

Biomassa karbon mikroorganisme tanah (C-mik), kacang hijau, olah tanah, pemupukan, respirasi

ABSTRACT

The aim of this research was to study the effect of tillage and fertilization systems on the respiration and carbon biomass of soil microorganisms (C-mic). The research was conducted in a Randomized Block Design (RBD) consisting of factorially arranged (2×2) with 4 block. The first factor was soil tillage system that consist of minimum tillage (T₁) and intensive tillage (T₂). The second factor in this research was fertilization (P) consisting of no fertilization (P₀) and chicken manure (1.000 kg ha⁻¹) with Compound NPK (16:16:16) 200 kg ha⁻¹ fertilizer (P₁). Observation was made 4 times that is 0, 7, 30, and 60 DAP (Day After Planting). The data obtained were further analyzed with a variance at the 5% level that was first tested for the variance homogeneity using the Bartlett Test and additivity was tested by the Tukey Test. The data will be further tested using the BNT 5% level and correlation test. The results showed that soil respiration was higher in the T₂ than in T₁ treatment at 7 and 30 DAP. Likewise, biomass of C-mic was higher in T₂ than in T₁ at 30 and 60 DAP. Fertilization had no effect on increasing soil respiration and biomass of C-mic. The interaction of intensive tillage + no fertilization had a significant effect in increasing the C-mic biomass at 7 DAP observations. There was a positive correlation between organic C with soil respiration at 30 DAP and soil pH with soil C-mic biomass at 0 DAP.

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh sistem olah tanah dan pemupukan terhadap respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah (C-mik). Penelitian ini dirancang dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial (2×2) dengan 4 kelompok. Faktor pertama adalah perlakuan sistem olah tanah (T) yaitu T₁ = olah tanah minimum, dan T₂ = olah tanah intensif. Faktor kedua dalam penelitian ini adalah pemupukan (P) yaitu P₀ = tanpa pemupukan dan P₁ = Pemupukan kotoran ayam 1.000 kg ha⁻¹ + NPK majemuk (16:16:16) 200 kg ha⁻¹. Pengamatan dilakukan sebanyak 4 kali pengamatan yaitu 0, 7, 30, dan 60 HST (hari setelah tanam). Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis ragam pada taraf 5% yang terlebih dahulu diuji homogenitas ragamnya dengan menggunakan Uji Bartlett dan additivitasnya diuji dengan Uji Tukey. Data diuji lanjut menggunakan uji BNT taraf 5 % dan uji korelasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa respirasi tanah lebih tinggi pada perlakuan T₂ daripada perlakuan T₁ pada pengamatan 7 dan 30 HST. Begitu juga biomassa C-mik tanah lebih tinggi pada perlakuan T₂ daripada perlakuan T₁ pada pengamatan 30 dan 60 HST. Perlakuan pemupukan tidak berpengaruh terhadap peningkatan respirasi tanah dan biomassa C-mik. Interaksi perlakuan olah tanah intensif + tanpa pemupukan berpengaruh nyata dalam meningkatkan biomassa C-mik pada pengamatan 7 HST. Terdapat korelasi positif antara C-organik dengan respirasi tanah pada pengamatan 30 HST dan pH tanah dengan biomassa C-mik tanah pada pengamatan 0 HST.

1. PENDAHULUAN

Produksi kacang hijau di Provinsi Lampung mengalami penurunan sejak tahun 2014 sampai dengan tahun 2019. Hal ini dapat dilihat pada data Kementerian Pertanian (2019) pada tahun 2014 sebesar 2.352 ton, tahun 2015 sebesar 1.445 ton lalu pada tahun 2016 produksinya sebesar 1.347 ton, tahun 2017 sebesar 1.265 ton, tahun 2018 sebesar 1.265 ton dan tahun 2019 produksinya hanya sebesar 1.178 ton. Penurunan produksi kacang hijau ini disebabkan karena kacang hijau banyak di tanam di lahan kering yang memiliki tingkat kesuburan tanah yang rendah (Suwahyono, 2011).

Upaya untuk meningkatkan kesuburan tanah yang rendah dapat dilakukan dengan cara mengkombinasikan pengolahan tanah dan pemupukan. Pengolahan tanah terbagi menjadi dua, yaitu olah tanah minimum dan olah tanah intensif. Pengolahan tanah minimum, tanah diolah seperlunya saja disekitar lubang tanam dan pengendalian gulma dilakukan dengan cara manual (dibesik) dan sisa tanaman sebelumnya dapat dijadikan bahan organik tanah. Bahan organik ini akan menciptakan ruang pori sehingga kemampuan tanah menahan air akan meningkat. Namun, pada olah tanah minimum ini memiliki kelemahan, yaitu pertumbuhan akar tanaman terbatas akibat tidak diolah secara sempurna sehingga struktur tanah menjadi keras. Hal ini mampu mempengaruhi respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah menjadi rendah karena respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme yang dihasilkan hanya berasal dari mikroorganisme saja (Wahyuningtyas, 2010).

Pengolahan tanah intensif dilakukan dengan membalik tanah dan membuka tanah sehingga akan memacu oksidasi dan aliran gas CO₂, kondisi lingkungan tersebut mendukung aktivitas mikroba dalam merombak bahan organik. Semakin tinggi aktivitas mikroba tanah semakin cepat proses dekomposisi bahan organik berlangsung, sehingga mineralisasi unsur berlangsung cepat, termasuk pelepasan emisi CO₂ ke udara (Shipitalo dan Korucu, 2002). Hal ini didukung oleh penelitian Shela dkk. (2014) bahwa rata-rata emisi CO₂ perhari tertinggi terjadi pada perlakuan sistem olah tanah intensif. Pada olah tanah intensif, tanah dibajak dan sisa gulma serta tanaman tidak dikembalikan ke lahan sehingga kadar oksigen dalam tanah akan meningkat, dapat memperbaiki aerasi tanah, serta respirasi dan C-mik tanah akan meningkat.

Penggunaan kotoran ayam dapat memperbaiki sifat biologi dengan meningkatnya aktivitas dan populasi mikroorganisme dalam tanah, terutama yang berkaitan dengan dekomposisi dan mineralisasi bahan organik. Proses dekomposisi bahan organik menghasilkan unsur hara dan akan melepaskan CO₂ sebagai hasil dari aktivitas mikroorganisme. Oleh karena itu, peningkatan dekomposisi bahan organik dapat menyebabkan aktivitas mikroorganisme tanah, respirasi tanah, serta biomassa karbon mikroorganisme tanah meningkat (Bahriana, 2017). Menurut Wahyunindyawati dkk. (2012) bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah akan meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang juga akan meningkatkan respirasi tanah dan biomassa karbon mikroorganisme tanah karena bahan organik merupakan sumber energi bagi mikroorganisme. Semakin banyak CO₂ yang dikeluarkan maka semakin tinggi juga aktivitas mikroorganisme tanah, hal ini mengakibatkan semakin tinggi respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah.

Selain kotoran ayam, pupuk NPK majemuk (16:16:16) sangat penting bagi pertumbuhan dan hasil tanaman karena mampu memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah, sehingga mampu meningkatkan produktivitas tanaman (Alabi dan Alausa, 2006). Pupuk NPK majemuk (16:16:16) ini mudah larut sehingga dalam waktu singkat mampu menyediakan unsur hara untuk pertumbuhan tanaman. Ketersediaan unsur hara yang berasal dari aplikasi pupuk NPK majemuk (16:16:16) dapat memacu pertumbuhan dan sistem perakaran yang baik. Hal ini dikarenakan pada akar tanaman akan mengeluarkan berbagai macam senyawa yang disebut eksudat akar yang digunakan mikroorganisme sebagai sumber makanan sehingga aktivitas mikroorganisme akan meningkat yang ditandai dengan meningkatnya respirasi dan C-mik tanah (Widyati, 2017).

Sifat biologi tanah yang dijadikan sebagai indikator kesuburan tanah ini dapat dilihat dari respirasi tanah dan C-mik tanah. Respirasi tanah adalah proses pernafasan mikroorganisme tanah

dan akar tanaman yang mengeluarkan CO₂ dari tanah ke atmosfer (Nasahi, 2010). Selain respirasi tanah, biomassa karbon mikroorganisme merupakan salah satu indikator kesuburan tanah. Biomassa karbon mikroorganisme merupakan total karbon dari mikroorganisme tanah yang selalu berkaitan dengan kesuburan tanah. Total mikroorganisme yang tinggi dikarenakan adanya akumulasi bahan organik. Bahan organik merupakan sumber energi bagi mikroorganisme. Lahan dengan kandungan bahan organik yang tinggi jumlah mikroorganisme yang terkandung dalam tanah tersebut juga tinggi (Susilawati dkk., 2013).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh perlakuan sistem olah tanah dan pemupukan, serta interaksi antara keduanya terhadap respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah (C-mik) pada tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.)

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada Maret sampai dengan Desember 2022 di Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD), Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Analisis respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah (C-mik) dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu benih kacang hijau Vima 1, pupuk NPK majemuk (16:16:16), kotoran ayam, KOH 0,1 N, HCL 0,1 N, indikator *penolphthalein*, indikator *metil orange*, dan aquades. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tembilang, toples penyungkup, plastik, seperangkat biuret, erlenmeyer 250 ml, gelas beaker, botol film, labu ukur, gelas ukur, alat tulis, isolasi, dan kertas label.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial dengan dua faktor perlakuan. Faktor pertama yaitu sistem olah tanah (T) yang terdiri dari pengolahan tanah minimum (T₁) dan pengolahan tanah intensif (T₂). Faktor kedua yaitu perlakuan pemupukan (P) yang terdiri dari tanpa pemupukan (P₀) dan pemupukan (P₁). Setiap perlakuan diulang sebanyak empat kali sehingga diperoleh 16 petak satuan percobaan.

Data yang diperoleh diuji homogenitas ragamnya dengan Uji Bartlett dan aditivitas datanya dengan Uji Tukey. Apabila asumsi terpenuhi, maka dilakukan analisis ragam. Rata-rata nilai tengah diuji dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Untuk mengetahui hubungan antara suhu, kadar air, C-organik, dan pH tanah dengan respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah (C-mik) maka dilakukan Uji korelasi.

Variabel Utama yang diamati adalah respirasi tanah dan biomassa karbon mikroorganisme tanah (C-mik). Pengamatan respirasi tanah dilakukan sebanyak 4 kali, yaitu sebelum olah tanah (0 HST), 7 HST, 30 HST (masa vegetatif), dan 60 HST (pasca panen) Respirasi tanah diukur dengan metode modifikasi Verstraete (Anas, 1989) yaitu dengan menutup permukaan tanah menggunakan toples yang didalamnya telah diberikan botol film yang berisi 10 ml KOH dan 10 ml aquades, untuk kontrol dilakukan hal yang sama, tetapi tanah ditutup dengan plastik terlebih dahulu sehingga KOH tidak dapat menangkap CO₂ yang keluar dari tanah, dan pengukuran ini dilakukan selama 2 jam. Perhitungan respirasi tanah dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 C - CO_2 &= \frac{(a-b) \times t \times 12}{T \times \pi \times r^2} \\
 &= \frac{(a-b) (\text{ml}) \times t \left(\frac{\text{mol}}{\text{l}} \right) \times (12) \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)}{T (\text{jam}) \times \pi \times r^2 (\text{m}^2)} \\
 &= \text{mg jam}^{-1} \text{m}^{-2} \qquad (1)
 \end{aligned}$$

Keterangan : C - CO₂ = mg jam⁻¹ m⁻², a = ml HCl sampel (setelah ditambahkan *methyl orange*), b= ml HCl blanko (setelah ditambahkan *methyl orange*), T = waktu (jam), t = normalitas HCl (N), r = jari-jari tabung toples (m), 12 = massa atom C.

Pada penetapan C-mik dilakukan dengan menggunakan metode fumigasi-inkubasi (Jenkinson dan Powlson, 1976) yang telah disempurnakan oleh Franzluebbbers dkk (1995). Proses pelaksanaan analisis tanah dilakukan dengan menimbang tanah seberat 100 g tanah sebanyak 2 kali penimbangan. Pada 100 g tanah yang pertama digunakan untuk fumigasi dan 100 g tanah yang kedua digunakan sebagai tanah non-fumigasi. Kemudian ditimbang juga 10 g tanah segar yang digunakan sebagai tanah inokulan. Setelah ditimbang, sampel tanah non-fumigasi dimasukkan kembali kedalam kulkas selama 2x24 jam.

Pada tanah fumigasi 100 g tanah ditempatkan dalam botol film berukuran besar. Tanah tersebut kemudian difumigasi menggunakan kloroform (CHCl_3) sebanyak 30 ml dalam desikator yang telah diberi tekanan 50 cm Hg selama 60 menit. Setelah itu, tanah tersebut dibebaskan dari kloroform dengan menginkubasi di dalam desikator selama 48 jam. Tanah yang telah dibebaskan dari kloroform dimasukkan ke dalam toples 1,5 L kemudian ditambahkan 10 g tanah inokulan dan diaduk secara merata. Setelah tanah tercampur rata dimasukkan 2 botol film. Botol film yang pertama berisi 10 ml KOH 0,5 N dan botol film yang kedua berisi 10 ml aquades. Toples tersebut lalu ditutup rapat menggunakan lakban sampai kedap udara dan diinkubasi pada suhu 25°C ditempat gelap selama 10 hari.

Pada tanah non fumigasi, tanah yang telah ditimbang dikeluarkan dari dalam lemari pendingin dan didiamkan pada suhu ruang 1-2 jam (proses aklimatisasi). Setelah itu tanah dimasukkan ke dalam toples 1,5 L kemudian diberi 2 botol film. Botol film yang pertama berisi 10 ml KOH 0,5 N dan botol film yang kedua berisi 10 ml aquades. Toples tersebut lalu ditutup rapat menggunakan lakban sampai kedap udara dan diinkubasi pada suhu 25°C ditempat gelap selama 10 hari. Biomassa karbon mikroorganisme tanah dihitung dengan rumus:

$$(\text{mg C} - \text{CO}_2 \text{ tanah kg}^{-1} \text{ 10 hari}) = \frac{(a-b) \times t \times 120}{n}$$

$$\text{C-mik} = \frac{(\text{mg C} - \text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ 10 hari})_{\text{fumigasi}} - (\text{mg C} - \text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ 10 hari})_{\text{non-fumigasi}}}{Kc} \quad (2)$$

Keterangan: C-mik = Biomassa karbon mikroorganisme tanah, a = ml HCl metil orange untuk sampel, b = ml HCl metil orange untuk blanko, n = Jumlah hari inkubasi, t = normalitas, Kc = 0,41.

Variabel pendukung yang diamati yaitu suhu tanah, kadar air tanah, C-organik tanah, dan Ph tanah yang dilakukan bersamaan dengan pengukuran respirasi dan biomassa karbon mikroorganisme tanah (C-mik) yaitu pada saat 0 HST (sebelum olah tanah), 7 HST, 30 HST (vegetatif maksimum), dan 60 HST (pasca panen).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis ragam pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap respirasi tanah (Tabel 1), menunjukkan bahwa olah tanah memberikan pengaruh nyata terhadap respirasi tanah pada pengamatan 7 HST dan memberikan pengaruh sangat nyata 30 HST. Sedangkan, aplikasi pemupukan dan interaksi antara olah tanah dengan pemupukan tidak berpengaruh terhadap respirasi tanah pada setiap waktu pengamatan. Hasil uji BNT pada taraf 5% (Tabel 2), menunjukkan bahwa respirasi tanah pada perlakuan T_2 (olah tanah intensif) mampu menghasilkan respirasi tanah yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan T_1 (olah tanah minimum) pada pengamatan 7 HST dan 30 HST.

Perlakuan olah tanah intensif nyata lebih tinggi dibandingkan sistem olah tanah minimum. Hal ini dikarenakan pada sistem olah tanah intensif pengolahan tanah dilakukan dengan membalik tanah dan membuka tanah sehingga akan memacu oksidasi dan aliran gas CO_2 , kondisi lingkungan tersebut mendukung aktivitas mikroba dalam merombak bahan organik. Semakin tinggi aktivitas mikroba

Tabel 1. Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap respirasi tanah pada tanaman kacang hijau pengamatan 0, 7, 30 dan 60 HST musim tanam ke-8

Sumber Keragaman	F Hitung dan Signifikasi			
	0 HST	7 HST	30 HST	60 HST
Olah Tanah (T)	1,40 ^{tn}	6,54*	14,62**	0,12 ^{tn}
Pemupukan (P)	0,00 ^{tn}	0,20 ^{tn}	0,06 ^{tn}	0,00 ^{tn}
Interaksi (T x P)	0,22 ^{tn}	0,00 ^{tn}	3,18 ^{tn}	1,11 ^{tn}

Keterangan : T₁ = olah tanah minimum; T₂ = olah tanah intensif ; P₀ = tanpa pemupukan; P₁ = pemupukan (NPK 200 kg ha⁻¹ + pupuk kandang 1.000 kg ha⁻¹); tn = tidak berbeda nyata taraf 5%; * = nyata taraf 5%; ** = sangat nyata taraf 1%.

Tabel 2. Pengaruh olah tanah terhadap respirasi tanah pada tanaman kacang hijau pada pengamatan 7 HST dan 30 HST musim tanam ke-8

Perlakuan	Respirasi Tanah (mg C-CO ₂ 100 g tanah ⁻¹ hari ⁻²)	
	7 HST	30 HST
T ₁ (Olah Tanah Minimum)	5,55 a	6,35 a
T ₂ (Olah Tanah Intensif)	5,87 b	7,48 b
BNT 5 %	0,19	0,47

Keterangan : Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%.

Tabel 3. Pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah pada tanaman kacang hijau pengamatan 0 HST, 7 HST, 30 HST dan 60 HST musim tanam ke-8

Sumber Keragaman	F Hitung dan Signifikasi			
	0 HST	7 HST	30 HST	60 HST
Olah Tanah (T)	0,01 ^{tn}	2,41 ^{tn}	5,45 *	5,87 *
Pemupukan (P)	0,21 ^{tn}	0,35 ^{tn}	0,11 ^{tn}	0,01 ^{tn}
Interaksi (T x P)	0,35 ^{tn}	7,47 *	0,11 ^{tn}	0,74 ^{tn}

Keterangan : T₁ = olah tanah minimum; T₂ = olah tanah intensif ; P₀ = tanpa pemupukan; P₁ = pemupukan (NPK 200 kg ha⁻¹ + pupuk kandang 1.000 kg ha⁻¹); tn = tidak berbeda nyata pada taraf 5%; * = nyata pada taraf 5%; ** = sangat nyata pada taraf 1%.

tanah semakin cepat proses dekomposisi bahan organik berlangsung, sehingga mineralisasi unsur berlangsung cepat, termasuk pelepasan emisi CO₂ ke udara. Sebaliknya pada olah tanah minimum permukaan tanah hanya diolah seperlunya saja yang mengakibatkan tanah mendapatkan oksigen tidak terlalu banyak, sehingga respirasi tanah tidak banyak terjadi (Reicosky, 2000). Hal ini didukung oleh penelitian Shela dkk. (2014), bahwa rata-rata emisi CO₂ perhari tertinggi terjadi pada perlakuan sistem olah tanah intensif. Pada olah tanah intensif, tanah dibajak dan sisa gulma serta tanaman tidak dikembalikan ke lahan sehingga kadar oksigen dalam tanah akan meningkat dan dapat memperbaiki aerasi tanah.

Hasil penelitian (Tabel 3) menunjukkan bahwa perlakuan sistem olah tanah berpengaruh nyata terhadap biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah pada pengamatan 30 dan 60 HST, serta interaksi antara olah tanah dan pemupukan berpengaruh nyata terhadap C-mik tanah pada pengamatan 7 HST. Sedangkan pemupukan tidak memberikan pengaruh nyata pada setiap waktu pengamatan.

Hasil uji BNT pada taraf 5% (Tabel 4), menunjukkan interaksi antara olah tanah dan pemupukan terhadap biomassa karbon mikroorganisme (C-mik). Biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) pada perlakuan T₂ (olah tanah intensif), perlakuan P₀ (tanpa pemupukan) menghasilkan biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) nyata lebih tinggi daripada perlakuan P₁ (pemupukan).

Tabel 4. Pengaruh interaksi olah tanah dan pemupukan terhadap biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah pada tanaman kacang hijau pengamatan 7 HST musim tanam ke-8

Perlakuan	Biomassa C-mik Tanah (mg C-CO ₂ kg tanah ⁻¹ 10 hari ⁻¹)	
	P ₀ (Tanpa Pemupukan)	P ₁ (Pemupukan)
T ₁ (Olah Tanah Minimum)	4,91 a A	5,95 a B
T ₂ (Olah Tanah Intensif)	6,22 b B	5,56 a A
BNT 5% : 0,49		

Keterangan : Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%, huruf kecil dibaca horizontal, dan huruf kapital dibaca vertikal.

Namun, perlakuan P₀ (tanpa pemupukan) menunjukkan nilai nyata lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan P₁ (pemupukan). Hal ini sejalan dengan Pengolahan tanah secara intensif akan membuat temperatur, aerasi dan drainase tanah menjadi lebih baik, sehingga mengakibatkan laju oksidasi bahan organik berlangsung cepat sehingga dapat meningkatkan biomassa karbon mikroorganisme tanah (Fuady, 2010).

Pada perlakuan P₀ (tanpa pemupukan), perlakuan T₂ (olah tanah intensif) menghasilkan biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) nyata lebih tinggi daripada perlakuan T₁ (olah tanah minimum). Sedangkan, pada perlakuan P₁ (pemupukan), perlakuan T₁ (olah tanah minimum) menghasilkan biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) nyata lebih tinggi daripada perlakuan T₂ (olah tanah intensif) pada pengamatan 7 HST. Hal ini diduga karena pemupukan dapat memengaruhi akumulasi bahan organik pada tanah. Akumulasi bahan organik seperti seresah tanaman dapat menjadi sumber bahan organik, sehingga dapat meningkatkan nilai C-mik di dalam tanah. Selain itu, adanya peningkatan CO₂ yang berasal dari lingkungan rhizosfer juga dapat menyebabkan mikroorganisme di dalam tanah ikut meningkat. Sejalan dengan Antonius, dkk. (2018), bahwa perlakuan pemupukan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan aktivitas mikroorganisme tanah dalam bentuk total populasi bakteri dan respirasi tanah. Hartatik dan Setyorini (2012), juga menjelaskan bahwa pemupukan berperan sebagai sumber energi dan makanan bagi mikro dan meso fauna tanah, sehingga apabila suatu tanah diberikan pupuk organik maka akan meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah. Sedangkan, tanpa aplikasi pupuk juga di duga mampu meningkatkan biomassa C-mik tanah saat kondisi lingkungan seperti suhu tanah, pH tanah, dan C-organik (tabel 6) yang sesuai akan mendukung pertumbuhan mikroorganisme dan dekomposisi bahan organik.

Hasil uji BNT pada taraf nyata 5% (Tabel 5) menunjukkan bahwa sistem olah tanah intensif (T₂) menghasilkan biomassa C-mik tanah lebih tinggi dibandingkan olah tanah minimum (T₁) pada pengamatan 30 dan 60 HST. Hal ini sesuai dengan pengamatan olah tanah pada 30 HST (Tabel 6) berpengaruh nyata C-organik (%). Tingginya bahan organik mampu meningkatkan keberadaan mikroorganisme. Hal ini karena mikroorganisme membutuhkan bahan organik sebagai sumber energi dan juga berperan dalam proses dekomposisi. Bahan organik merupakan sumber energi bagi mikroorganisme tanah maka dengan semakin tinggi bahan organik yang diberikan akan semakin tinggi pula C-mik yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan Wicaksono dkk. (2015) yang mengungkapkan bahwa bahan organik tanah menentukan total mikroorganisme di dalam tanah, semakin tinggi bahan organik di dalam tanah, maka total mikroorganisme tanah juga semakin tinggi. Susilawati ddk. (2013) juga menjelaskan bahwa bahan organik mempunyai pengaruh positif dengan semakin banyak bahan organik dalam tanah, maka tingkat kesuburan tanah akan meningkat. Peningkatan ini terjadi karena bahan organik merupakan sumber energi bagi mikroorganisme tanah

Tabel 5. Pengaruh olah tanah terhadap biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah pada tanaman kacang hijau pengamatan 30 HST dan 60 HST musim tanam ke-8

Perlakuan	Biomassa C-mik tanah mg C-CO ₂ kg tanah ⁻¹ 10 hari ⁻¹	
	30 HST	60 HST
T ₁ (Olah Tanah Minimum)	6,88 a	6,70 a
T ₂ (Olah Tanah Intensif)	7,90 b	7,83 b
BNT 5 %	0,70	0,74

Keterangan : Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%.

Tabel 6. Pengaruh olah tanah terhadap biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah pada tanaman kacang hijau pengamatan 30 HST dan 60 HST musim tanam ke-8

Perlakuan	Suhu Tanah (°C)				Kadar Air Tanah (%)				pH Tanah				C-organik (%)			
	0 HST	7 HST	30 HST	60 HST	0 HST	7 HST	30 HST	60 HST	0 HST	7 HST	30 HST	60 HST	0 HST	7 HST	30 HST	60 HST
T ₁ P ₀	26,88	27,00	27,00	27,63	25,10	25,18	21,43	25,75	6,40	6,29	6,38	6,24	1,16	1,00	1,06	1,06
T ₁ P ₁	27,13	27,25	27,13	27,50	24,83	24,90	25,75	24,40	6,33	6,85	6,42	6,76	1,35	1,23	1,26	1,26
T ₂ P ₀	27,13	27,50	27,75	27,38	24,63	24,00	24,40	24,48	6,51	6,42	6,45	6,55	1,30	1,31	1,34	1,34
T ₂ P ₁	27,25	27,38	27,38	27,75	24,90	24,48	22,13	24,00	6,27	6,70	6,28	6,80	1,21	1,23	1,48	1,48
Sumber Keragaman	F Hitung dan Signifikansi															
T	1,65 ^{tn}	3,95 ^{tn}	3,69 ^{tn}	0,01 ^{tn}	0,25 ^{tn}	2,01 ^{tn}	0,14 ^{tn}	0,96 ^{tn}	0,08 ^{tn}	0,01 ^{tn}	2,00 ^{tn}	0,83 ^{tn}	0,01 ^{tn}	1,52 ^{tn}	8,50*	1,72 ^{tn}
P	1,65 ^{tn}	0,16 ^{tn}	0,23 ^{tn}	0,29 ^{tn}	0,01 ^{tn}	0,03 ^{tn}	1,39 ^{tn}	1,13 ^{tn}	2,81 ^{tn}	8,11*	6,37*	3,73 ^{tn}	0,69 ^{tn}	0,33 ^{tn}	3,96 ^{tn}	0,43 ^{tn}
T x P	0,18 ^{tn}	1,42 ^{tn}	0,92 ^{tn}	1,16 ^{tn}	0,47 ^{tn}	0,44 ^{tn}	14,41**	0,26 ^{tn}	0,70 ^{tn}	0,87 ^{tn}	14,56**	0,45 ^{tn}	5,42*	1,40 ^{tn}	0,10 ^{tn}	1,22 ^{tn}

Keterangan : T₁ = olah tanah minimum; T₂ = olah tanah intensif ; P₀ = tanpa pemupukan; P₁ = pemupukan (NPK 200 kg ha⁻¹ + pupuk kandang 1.000 kg ha⁻¹); tn = tidak berbeda nyata pada taraf 5%; * = nyata pada taraf 5%; ** = sangat nyata pada taraf 1%.

untuk melakukan proses dekomposisi, siklus unsur hara dan penguraian senyawa organik maupun anorganik, sehingga menjadi faktor utama untuk meningkatkan tingkat kesuburan tanah.

Hasil analisis ragam (Tabel 6) menunjukkan bahwa biomassa C-mik tanah pada perlakuan olah tanah (T) berpengaruh nyata terhadap C-organik (%) pada pengamatan 30 HST. Perlakuan pemupukan (P) berpengaruh nyata terhadap pH tanah pada pengamatan 7 dan 30 HST. Sedangkan, biomassa C-mik tanah pada perlakuan interaksi antara olah tanah dan pemupukan (TxP) berpengaruh sangat nyata terhadap kadar air tanah dan pH tanah pada pengamatan 30 HST, serta berpengaruh nyata terhadap C-organik pada pengamatan 0 HST.

Hasil uji BNT pada taraf 5% (Tabel 7), menunjukkan interaksi antara Olah tanah dan pemupukan terhadap kadar air tanah. Kadar air tanah pada perlakuan T₁ (olah tanah minimum), perlakuan P₁ (pemupukan) menghasilkan kadar air tanah yang lebih tinggi daripada perlakuan P₀ (tanpa pemupukan). Pada perlakuan T₂ (olah tanah intensif), perlakuan P₀ (tanpa pemupukan) menghasilkan kadar air tanah yang lebih tinggi daripada perlakuan P₁ (pemupukan). Pada perlakuan P₀ (tanpa pemupukan), perlakuan T₂ (olah tanah intensif) menghasilkan kadar air tanah yang lebih tinggi daripada perlakuan T₁ (olah tanah minimum). Sedangkan, pada perlakuan P₁ (pemupukan), perlakuan T₁ (olah tanah minimum) menghasilkan kadar air tanah yang lebih tinggi daripada perlakuan T₂ (olah tanah intensif) pada pengamatan 30 HST. Menurut Liptzin and Silver (2015) bahwa kadar air yang tinggi akibat curah hujan yang tinggi dapat menjenuhkan tanah dengan memenuhi pori-pori tanah, mengurangi laju dekomposisi karena adanya pembatasan aktivitas mikroorganisme dan metabolisme akar. Kemudian menurut Posada and Schuur (2011) menyatakan bahwa curah hujan yang tinggi yang mengakibatkan kelebihan air dalam tanah dapat menyebabkan

Tabel 7. Pengaruh interaksi olah tanah dan pemupukan terhadap kadar air tanah (%) pada tanaman kacang hijau pengamatan 30 HST musim tanam ke-8

Perlakuan	Kadar Air Tanah (%)	
	P ₀ (Tanpa Pemupukan)	P ₁ (Pemupukan)
T ₁ (Olah Tanah Minimum)	21,43 a A	25,75 b B
T ₂ (Olah Tanah Intensif)	24,40 b B	22,13 a A
BNT 5% : 1,39		

Keterangan : Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%, huruf kecil dibaca horizontal, dan huruf kapital dibaca vertikal.

Tabel 8. Pengaruh pemupukan terhadap pH tanah pada tanaman kacang hijau pengamatan 7 HST dan 30 HST musim tanam ke-8

Perlakuan	pH Tanah	
	7 HST	30 HST
P ₀ (Tanpa Pemupukan)	6,35 a	6,42 b
P ₁ (Pemupukan)	6,77 b	6,35 a
BNT 5%		

Keterangan : Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%.

fluktuasi kondisi anaerobik dengan membatasi difusi oksigen. Ketersediaan oksigen tanah yang rendah ini secara langsung dapat mengurangi metabolisme akar dan mengurangi aktivitas pengurai tanah. Hal ini memiliki efek penting pada dekomposisi dan tingkat mineralisasi yang menyebabkan peningkatan C-organik tanah dan sirkulasi C yang lebih lambat dalam ekosistem. Hasil penelitian Posada and Schurr (2011) menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara C-organik dengan kadar air yang berlebih akibat curah hujan tinggi. Peningkatan C-organik tanah ini disebabkan oleh akumulasi horizon organik yang semakin tebal secara bertahap di lokasi yang lebih basah, yang dapat disebabkan oleh tingkat dekomposisi bahan organik tanah yang lebih lambat. Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya kejenuhan tanah karena ruang pori tanah terisi oleh air. Hal ini dapat menghambat pergerakan atau aktivitas mikroorganisme dalam tanah yaitu dalam proses dekomposisi bahan organik. Jika proses dekomposisi berlangsung lambat maka akan mempengaruhi ketersediaan C-organik tanah.

Hasil uji BNT pada taraf 5% (Tabel 8), menunjukkan bahwa pH tanah pada perlakuan P₁ (pemupukan) pH tanah yang lebih tinggi dan memberikan perbedaan nyata dibandingkan dengan perlakuan P₀ (tanpa pemupukan) pada pengamatan 7 HST. Sedangkan, pada pengamatan 30 HST menunjukkan bahwa pada perlakuan P₀ (tanpa pemupukan) menunjukkan pH tanah yang lebih tinggi dan memberikan perbedaan nyata dibandingkan dengan perlakuan P₀ (tanpa pemupukan).

Hasil uji BNT pada taraf 5% (Tabel 9), menunjukkan interaksi antara Olah tanah dan pemupukan terhadap pH tanah. pH tanah pada perlakuan T₁ (olah tanah minimum), perlakuan P₁ (pemupukan) menghasilkan pH tanah yang lebih tinggi daripada perlakuan P₀ (tanpa pemupukan). Pada perlakuan T₂ (olah tanah intensif), perlakuan P₀ (tanpa pemupukan) menghasilkan pH tanah yang lebih tinggi daripada perlakuan P₁ (pemupukan). Banuwa (1991), menyatakan bahwa dengan adanya pengolahan tanah dapat menyebabkan penurunan pH tanah. Tetapi pengolahan tanah yang intensif dan disertai adanya pemberian dosis pupuk kompos tinggi maka penurunan pH tanah dapat dihindari. Pada perlakuan P₀ (tanpa pemupukan), perlakuan T₂ (olah tanah intensif) menghasilkan pH tanah yang lebih tinggi daripada perlakuan T₁ (olah tanah minimum). Sedangkan, pada perlakuan

P₁ (pemupukan), perlakuan T₁ (olah tanah minimum) menghasilkan pH tanah yang lebih tinggi daripada perlakuan T₂ (olah tanah intensif) pada pengamatan 30 HST. Dharmayanti *et al.* (2013)

Tabel 9. Pengaruh interaksi olah tanah dan pemupukan terhadap pH tanah pada tanaman kacang hijau pengamatan 30 HST musim tanam ke-8

Perlakuan	pH Tanah	
	P ₀ (Tanpa Pemupukan)	P ₁ (Pemupukan)
T ₁ (Olah Tanah Minimum)	6,38 a A	6,42 b B
T ₂ (Olah Tanah Intensif)	6,45 b B	6,28 a A
BNT 5% : 0,04		

Keterangan : Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%, huruf kecil dibaca horizontal, dan huruf kapital dibaca vertikal.

Tabel 10. Pengaruh interaksi olah tanah dan pemupukan terhadap C-organik (%) pada tanaman kacang hijau pengamatan 0 HST musim tanam ke-8

Perlakuan	C-organik (%)	
	P ₀ (Tanpa Pemupukan)	P ₁ (Pemupukan)
T ₁ (Olah Tanah Minimum)	1,16 a A	1,35 b B
T ₂ (Olah Tanah Intensif)	1,30 b B	1,21 a A
BNT 5% : 0,09		

Keterangan : Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%; huruf kecil dibaca horizontal, dan huruf kapital dibaca vertikal.

menyatakan bahwa pemberian pupuk anorganik dengan dosis yang lebih tinggi khususnya Urea dapat menurunkan pH tanah. Penurunan pH tanah disebabkan karena urea mengalami oksidasi membentuk nitrat (NO₃⁻) bersamaan dengan itu akan terlepas ion hidrogen (H⁺) sehingga menyebabkan pH tanah menurun.

Hasil uji BNT pada taraf 5% (Tabel 10), menunjukkan interaksi antara Olah tanah dan pemupukan terhadap C-organik. C-organik pada perlakuan T₁ (olah tanah minimum), perlakuan P₁ (pemupukan) menghasilkan C-organik yang lebih tinggi daripada perlakuan P₀ (tanpa pemupukan). Pada perlakuan T₂ (olah tanah intensif), perlakuan P₀ (tanpa pemupukan) menghasilkan C-organik yang lebih tinggi daripada perlakuan P₁ (pemupukan) pada pengamatan 0 HST. Hal ini diduga karena sisa-sisa gulma yang dijadikan mulsa pada petak percobaan mengalami dekomposisi. Sisa gulma mengandung berbagai macam senyawa yang akan diuraikan oleh mikroorganisme dan lambat laun akan terdekomposisi sehingga semakin banyak bahan organik maka, semakin tinggi aktivitas mikroorganisme yang menyebabkan biomassa (C-mik) tanah juga meningkat (Suwardjo, 1981).

Hasil uji BNT pada taraf 5% (Tabel 11), menunjukkan bahwa pada perlakuan T₂ (olah tanah intensif) menunjukkan C-organik yang lebih tinggi dan memberikan perbedaan nyata dibandingkan dengan perlakuan T₁ (olah tanah minimum). Hal ini diduga karena pada olah tanah intensif terdapat pembalikan tanah yang menghasilkan oksigen (O₂) lebih banyak dibandingkan olah tanah minimum. Selain itu juga, saat pembalikan tanah terjadinya pencampuran antara mikroorganisme dengan bahan organik sehingga kondisi tersebut mampu mempercepat aktivitas mikroorganisme dalam merombak bahan organik. Semakin banyak bahan organik, maka aktivitas mikroorganisme meningkat yang mengakibatkan biomassa (C-mik) juga meningkat (Shipitalo dan Korucu, 2002).

Berdasarkan Tabel 12 menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara C-organik (%) dengan respirasi tanah pada pengamatan 30 HST dan terdapat korelasi antara pH tanah dengan biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah pada pengamatan 0 HST (sebelum olah tanah). Terdapat korelasi positif antara C-organik (%) dengan respirasi tanah (Gambar 1), dengan $r = 0,50$. Korelasi positif berarti semakin meningkat nilai C-organik (%) maka respirasi tanah juga meningkat. Hal ini diduga karena bahan organik akan mengalami proses dekomposisi secara bertahap, akibat penggunaan kandungan unsur hara karbon oleh mikroorganisme dalam mendapatkan energi untuk kehidupannya melalui proses respirasi. Hal ini memberikan dampak bahan organik tersebut akan mengalami peningkatan proses dekomposisi (Zimmerman, 1997).

Tabel 11. Pengaruh olah tanah terhadap C-organik (%) pada tanaman kacang hijau pengamatan 30 HST musim tanam ke-8

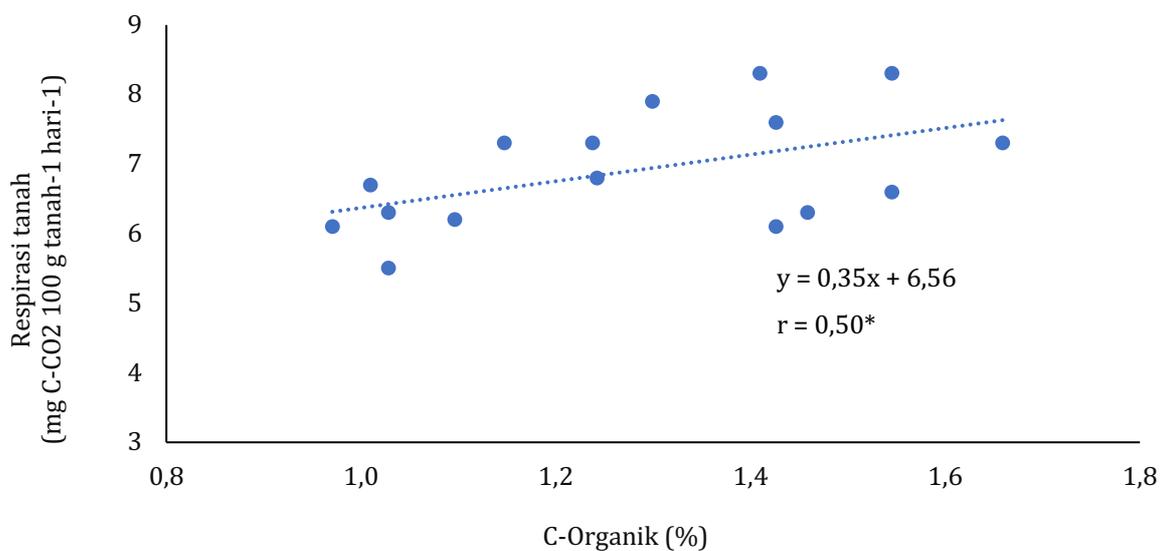
Perlakuan	C-organik (%)
T ₁ (Olah Tanah Minimum)	1,16 a
T ₂ (Olah Tanah Intensif)	1,41 b
BNT 5 % : 0,13	

Keterangan : Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%.

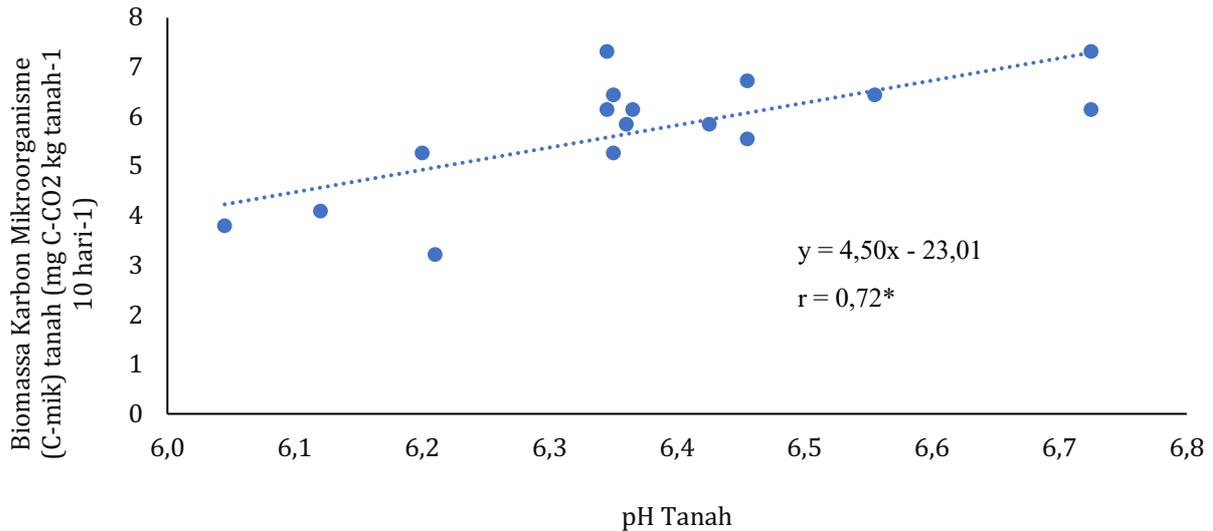
Tabel 12. Ringkasan uji korelasi antara suhu, kadar air, pH, dan C-organik dengan respirasi tanah dan biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah pada pengamatan 0, 7, 30, dan 60 HST musim tanam ke-8

Beberapa Sifat Tanah	Koefisien Korelasi (r)							
	Respirasi Tanah				Biomassa C-mik Tanah			
	0 HST	7 HST	30 HST	60 HST	0 HST	7 HST	30 HST	60 HST
Suhu Tanah (°C)	0,08 ^{tn}	0,13 ^{tn}	0,45 ^{tn}	0,27 ^{tn}	0,23 ^{tn}	0,10 ^{tn}	0,13 ^{tn}	0,01 ^{tn}
Kadar Air (%)	0,09 ^{tn}	0,13 ^{tn}	0,13 ^{tn}	0,33 ^{tn}	0,39 ^{tn}	0,31 ^{tn}	0,01 ^{tn}	0,13 ^{tn}
pH Tanah	0,30 ^{tn}	0,08 ^{tn}	0,33 ^{tn}	0,11 ^{tn}	0,71*	0,17 ^{tn}	0,43 ^{tn}	0,27 ^{tn}
C-organik (%)	0,10 ^{tn}	0,10 ^{tn}	0,51*	0,17 ^{tn}	0,10 ^{tn}	0,04 ^{tn}	0,04 ^{tn}	0,18 ^{tn}

Keterangan : tn = tidak berbeda nyata pada taraf 5%; * = nyata pada taraf 5%; 0 HST = hari setelah tanam.



Gambar 1. Grafik korelasi antara C-organik (%) dan respirasi tanah (mg C-CO₂ 100 g tanah⁻¹ hari⁻¹) pada pengamatan 30 HST musim tanam ke-8.



Gambar 2. Grafik korelasi antara pH tanah dan biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah (mg C-CO₂ kg tanah⁻¹ 10 hari⁻¹) pada pengamatan 0 HST (sebelum olah tanah) musim tanam ke-8.

Tabel 13. Ringkasan uji korelasi antara respirasi tanah dengan biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah pada pengamatan 0 HST, 7 HST, 30 HST dan 60 HST musim tanam ke-8

Parameter	Biomassa C-mik Tanah			
	Koefisien Korelasi (r)			
	0 HST	7 HST	30 HST	60 HST
Respirasi Tanah	0,46 ^{tn}	0,25 ^{tn}	0,19 ^{tn}	0,31 ^{tn}

Keterangan : tn = tidak berbeda nyata pada taraf 5%; * = nyata pada taraf 5%; HST = hari sebelum tanam.

Terdapat korelasi antara pH tanah dengan biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah (Gambar 2), dengan $r = 0,72$. Korelasi positif berarti semakin meningkat nilai pH tanah maka biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah juga meningkat. pH merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme tanah. Biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah akan meningkat apabila berada pada pH kisaran 5,57-6,32 atau mendekati netral. Firdausi dan Muslihatin (2016) bahwa pH optimum bagi pertumbuhan bakteri kisaran 6,5-7,2.

Berdasarkan uji korelasi (Tabel 13) pada pengamatan 0, 7, 30, dan 60 HST, respirasi tanah tidak berkorelasi nyata terhadap biomassa karbon mikroorganisme (C-mik). Hal ini diduga karena kurun waktu penelitian yang singkat sehingga belum menunjukkan perubahan yang cukup signifikan. Hasil penelitian Maysaroh (2011) menunjukkan bahwa respirasi tanah berkorelasi positif terhadap biomassa karbon mikroorganisme (C-mik), artinya semakin tinggi respirasi tanah maka semakin tinggi pula biomassa karbon mikroorganisme (C-mik) tanah.

4. KESIMPULAN

Perlakuan sistem olah tanah intensif dapat meningkatkan respirasi tanah dibandingkan dengan sistem olah tanah minimum pada pengamatan 7 dan 30 HST. Begitu juga biomassa C-mik tanah lebih tinggi pada perlakuan olah tanah intensif daripada perlakuan olah tanah minimum pada pengamatan 30 dan 60 HST. Namun, Perlakuan pemupukan NPK (16:16:16) dan kotoran ayam tidak meningkatkan respirasi dan biomassa C-mik tanah. Interaksi perlakuan olah tanah intensif + tanpa

pemupukan berpengaruh nyata dalam meningkatkan biomassa C-mik pada pengamatan 7 HST. Terdapat korelasi positif antara C-organik dengan respirasi tanah pada pengamatan 30 HST dan pH tanah dengan biomassa C-mik tanah pada pengamatan 0 HST.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Alabi D.A., A.A & Alausa. 2006. The Chemical Constituents of *L. leucocephal* Seeds. *World Journal of Agricultural Sciences*. 2(1): 115–118.
- Andelia P. 2019. Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Pemupukan terhadap Respirasi Tanah pada Pertanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) di Laboratorium Lapang Terpadu, Universitas Lampung. *Skripsi*. Unila. Bandar Lampung. 94 hal.
- Anisa. 2006. Pengaruh Jarak dari Pusat Perakaran Jagung (*Zea mays* L.) pada Beberapa Umur Tanaman terhadap Respirasi dan Biomassa Mikroorganisme Tanah pada Pertanaman Kedua. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 59 hal.
- Antonius, S., R.D. Sahputra, Y. Nuraini, & T.K. Dewi. 2018. Manfaat Pupuk Organik Hayati, Kompos dan Biochar pada Pertumbuhan Bawang Merah dan Pengaruhnya terhadap Biokimia Tanah Pada Percobaan Pot Menggunakan Tanah Ultisol. *Jurnal Biologi Indonesia*. 14(2): 243–250.
- Bahriana S. 2017. Pengaruh Pemberian Kotoran ayam Dan Pupuk Kcl Terhadap Produksi Dan Respirasi Tanah Pertanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt). *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 106 hal.
- Bertham Y.H. 2002. Potensi pupuk hayati dalam peningkatan produktivitas kacang tanah dan kedelai pada seri Kandang Limun Bengkulu. *JIPi*. 4(1): 18–26.
- Cahyono B., S. Yusnaini, A. Niswati, & M. Utomo. 2013. Pengaruh sistem olah tanah dan aplikasi mulsa bagas terhadap respirasi tanah pada lahan pertanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) PT gunung madu plantations. *Jurnal Agrotek Tropika*. 1(2): 209–212.
- Citra, A., S. Diana, & Novriani. 2020. Respon Pertumbuhan dan Produksi Kubis Bunga (*Brassica oleracea* I.) terhadap Pemberian Pupuk Kandang dan NPK Majemuk. *Jurnal Lansium*. 1(2): 41–51.
- Daniati, Y. 2018. Respirasi Tanah pada Pertanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) akibat Pemupukan dan Sistem Olah Tanah di Tanah Ultisol Gedung Meneng. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Lampung. 44 hal.
- Dewi L.F. 2020. Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Pemupukan terhadap Respirasi Tanah dan Produksi Tanaman Jagung (*Zea Mays* L.) Musim Ke-5. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Lampung. 60 hal.
- Firdausi, N. & W. Muslihatin. 2016. Pengaruh Kombinasi Media Pembawa Pupuk Hayati Bakteri Pelarut Fosfat terhadap pH dan Unsur Hara Fosfor dalam Tanah. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 5(2): 53–56.
- Franzluebbers A. J., F.M. Hons, & D.A. Zuberrerr. 1995. Soil Organic Carbon, Microbial Biomass, and Mineralizable Carbon and Nitrogen in Sorghum. *Soil Science Society of America Journal*. 59(2): 460–466.
- Giri I.G.A.I., S. Yusnaini, J. Lumbanraja, & H. Buchari. 2020. Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Aplikasi Herbisida terhadap Biomassa Karbon Mikroorganisme Tanah (C-mik) pada Pertanaman Jagung (*Zea mays* L.) Musim Tanam ke-5 di Gedung Meneng. *Jurnal Agrotek Tropika*. 8(1): 1–10.
- Hamdiyati, Y. 2011. *Pertumbuhan dan Pengendalian Mikroorganisme II (Bahan Ajar)*. Universitas Pendidikan Indonesia Press. Bandung. 9 hlm.

- Hartatik, W. & D. Setyorini. 2012. *Pemanfaatan Pupuk Organik untuk Meningkatkan Kesuburan Tanah dan Kualitas Tanaman*. Badan Penelitian Litbang Pertanian Balai Penelitian Tanah. Bogor. 571–582 hlm.
- Jarangga A. M., A. Ali, & A. Maruapey. 2018. Pengaruh Jenis Pupuk Kandang terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.). *Jurnal MEDIAN*. 10(2): 1–11.
- Jenkinson D.S., & D.S. Powlson. 1976. The Effect of Biocidal treatments on Metabolism in soilV. Fumigation with chloroform. *Soil Biology and Biochemistry*. 8(3): 209–213.
- Kementrian Pertanian. 2019. Laporan Perkembangan Neraca Bahan Makanan (NBM) Komoditas Kacang Hijau Tahun 2014–2019. https://aplikasi2.pertanian.go.id/konsumsi2017/ketersediaan/laporan_nbm. Diakses pada 12 Agustus 2022. Pukul 19.00 WIB.
- Marlina & H. Satriawan. 2014. Pengaruh Olah Tanah dan Pemberian Pupuk Kandang terhadap Sifat Fisik Tanah dan Produksi Tanaman Jagung. *Lentera*. 14(11): 3–11.
- Mayadewi. 2007. Pengaruh Jenis Pupuk Kandang dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan Gulma dan Hasil Jagung Manis. *Agritrop*. 26(4): 153–159.
- Nasahi C. 2010. *Peran Mikrobial Dalam Pertanian Organik*. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Padjajaran. Bandung. 73 hal.
- Omita, M.N. 2022. Perilaku Pertukaran Amonium (Q/I) Dalam Tanah, Produksi, N Dan C Terangkut Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) Akibat Olah Tanah dan Pemupukan di Gedung Meneng Pada Musim Tanam Ke-Enam. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 69 hal.
- Putri D.A., S. Yusnaini, M. Utomo, & A. Niswati. 2020. Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Pemupukan N Jangka Panjang terhadap Respirasi Tanah pada Pertanaman Kedelai (*Glycine max* L.) di Lahan Politeknik Negeri Lampung Tahun Ke-29. *Jurnal Agrotek Tropika*. 8(3): 587–595.
- Reicosky, D. 2000. *Conservation Tillage and Carbon Cycling : Soil as a Source or Sink for Carbon*. USDA-Agricultural Research Service, North Central Soil Conservation Research Laboratory, USA.
- Santoso, B., F. Haryanti, & S.A. Kadarsih. 2004. Pengaruh pemberian kotoran ayam terhadap pertumbuhan dan produksi serat tiga klon rami di lahan aluvial Malang. *Jurnal Pupuk*. 5(2): 14–18.
- Shela, T., H. Buchari, M.A.S. Arif, & Dermiyati. 2014. Pengaruh Sistem Olah Tanah terhadap Emisi Gas CO₂ Tanah Bekas Lahan Alang-alang yang ditanami Kedelai pada Musim Kedua. *Jurnal Agrotek Tropika*. 2(3): 456–469.
- Susilawati, M., E. Budhisurya, R.C.W. Anggoro, & B.H. Simanjuntak. 2013. Analisis Kesuburan Tanah dengan Indikator Mikroorganisme tanah Pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Plateuu Dieng. *Agric*. 25(1): 64–72.
- Suwahyono. 2011. *Petunjuk Praktis Penggunaan Pupuk Organik Secara Efektif dan Efisien*. Penebar Swadaya. Jakarta. 124 hal.
- Soil Survey Staff. 2003. *Keys to Soil Taxonomy Ninth Edition*. USDA Natural Research Conservation Service. Washington. 332 hal.
- Shipitalo, M.J. & T. Korucu. 2002. *Structure and earthworms*. Encyclopedia of Soil Science. Departement of Agriculture. Turkey. 2212–2215 hal.
- Wahyuningtyas R.S. 2010. Melestarikan Tanah dengan Olah Tanah Konservasi. *Jurnal Galam*. 4(2): 81–96.
- Wahyunindyawati, F., Kasijadi, & Abu. 2012. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Biogreen Granul t *Technology*. 1(1): 21–25.
- Wicaksono, T., S. Sagiman, & I. Umran. 2015. Kajian Aktivitas Mikroorganisme Tanah pada Beberapa Cara Penggunaan Lahan di Desa Pal IX Kecamatan Sungai Kakap Kabupaten Kuburaya. *Jurnal Sains Pertanian Equator*. 4 (1): 1–14.

- Widyati E. 2017. Memahami Komunikasi Tumbuhan-Tanah dalam Areal Rhizosfir untuk Optimasi Pengelolaan Lahan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 11(1): 33-43.
- Yusdian Y., Karya, & R. Vaisal. 2018. Pengaruh Dosis Kotoran ayam terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Varietas Granola. *Jurnal Ilmiah Pertanian Paspalum*. 6(2): 98-102.
- Zimmerman, C.F. 1997. *Determination of Carbon and Nitrogen in sediment and particular of Estuarine/coastal Water Using Element Analysis*. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio.