

## Pengaruh Sistem Olah Tanah Dan Pemupukan Terhadap Respirasi Tanah Pada Pertanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) Di Laboratorium Lapang Terpadu, Universitas Lampung

*Effect of Soil Tillage and Fertilization on Soil Respiration under Mung Bean (*Vigna radiata* L.) Planting in Integrated Field Laboratory, University of Lampung*

Puja Andelia<sup>1</sup>, Sri Yusnaini<sup>1</sup>, Henrie Buchorie<sup>2</sup> dan Ainin Niswati<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Lampung

<sup>2</sup>Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

\*Email: andeliapuja@yahoo.com , sriyusnaini@fp.unila.ac.id

Disubmit: 11 September 2019 Direvisi: 30 Desember 2019 Diterima: 29 September 2020

**Abstract:** Soil respiration is a process that occurs result of the activity of microorganisms in the soil. Soil treatment and fertilization given to the soil will affect the activity of soil microorganisms. This study aims to study the effect of tillage systems, fertilization and interactions between these two treatments on soil respiration. This research was conducted in September until December 2018 in the Integrated Field Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung, using a Randomized Block Design (RBD) arranged in factorial with two treatment. The first factor is the tillage system (T), which consists of minimum tillage (T0) and intensive tillage (T1). The second factor is the fertilizer (P) which consists of fertilization (P1) and without fertilization (P). Data were analyzed by analysis of variance and LSD test at the level of 5%. To find out the relationship between C organic, soil pH, soil water content and soil temperature, a correlation test was conducted. The results showed that the tillage system treatment had a significant effect on soil respiration the observations of 10 HST, but fertilization treatment and interaction between the two treatment did not significantly on soil respiration. There is no correlation between soil organic matter, soil pH, soil temperature, and soil moisture content with soil respiration.

**Keywords:** Fertilization, Soil Respiration, Tillage System

**Abstrak:** Respirasi tanah merupakan proses yang terjadi karena adanya aktivitas mikroorganisme di dalam tanah. Perlakuan pengolahan tanah dan pemupukan yang diberikan ke dalam tanah akan mempengaruhi aktivitas mikroorganisme tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh sistem olah tanah, pemupukan dan interaksi antara dua perlakuan tersebut terhadap respirasi tanah. Penelitian ini dilaksanakan pada September sampai dengan Desember 2018 di Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara factorial dengan dua faktor perlakuan. Faktor pertama yaitu sistem olah tanah (T), yang terdiri dari olah tanah minimum (T0) dan olah tanah intensif (T1). Faktor kedua yaitu perlakuan pemupukan yang (P) yang terdiri dari pemupukan (P1) dan tanpa pemupukan (P0). Data yang diperoleh diuji homogenitas ragamnya dengan uji Bartlett dan aditivitas data dengan uji Tukey. Data dianalisis dengan analisis ragam dan uji nilai dengan diuji dengan uji BNT pada taraf 5%. Untuk mengetahui hubungan antara C-organik, pH tanah, kadar air tanah dan suhu tanah dilakukan uji korelasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan sistem olah tanah hanya berpengaruh nyata terhadap respirasi tanah pada pengamatan 10 HST, tetapi perlakuan pemupukan serta interaksi antara kedua perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap respirasi tanah. Tidak terdapat korelasi antara C-organik tanah, pH tanah, suhu tanah, dan kadar air tanah dengan respirasi tanah.

**Kata kunci:** Pemupukan, Respirasi Tanah, Sistem Olah Tanah.

## PENDAHULUAN

Tanah merupakan medium tempat tanaman dan mikroorganisme hidup dan saling berinteraksi. Tanah juga berfungsi sebagai media tumbuh tanaman, penyedia unsur hara dan air, dan lingkungan tempat akar dalam tanah melaksanakan aktivitas fisiologinya. Untuk dapat tumbuh dan menghasilkan produksi tinggi tanaman tidak hanya membutuhkan lingkungan yang baik untuk tumbuh, tetapi tanah juga memerlukan sifat tanah yang cocok agar akar tanaman dapat berkembang dengan bebas. Peningkatan produksi tanaman salah satunya dapat dilakukan melalui peningkatan produktivitas lahan dengan cara pengolahan tanah.

Pengolahan tanah merupakan suatu kegiatan manipulasi mekanik terhadap tanah untuk menciptakan kondisi tanah yang baik bagi media perakaran yang mampu mendukung pertumbuhan tanaman serta indikator kesuburan tanah. Berbagai sistem olah tanah akan berpengaruh terhadap kadar bahan organik. Bahan organik dapat berperan dalam memperbaiki sifat fisik tanah (Nita, 2015).

Pada umumnya setiap tanah memiliki kandungan bahan organik yang berbeda-beda sesuai dengan karakteristik tanahnya dan penggunaannya. Tanah yang mengandung bahan organik yang tinggi juga mengandung jumlah mikroorganisme yang tinggi karena tanah tersebut mengandung substrat yang dapat menunjang kehidupan mikroorganisme.

Sistem olah tanah dibagi menjadi dua, yaitu pengolahan tanah konvensional atau dikenal juga dengan istilah Olah Tanah Intensif (OTI) dan pengolahan tanah konservasi yang di dalamnya mencakup olah tanah minimum (OTM) (Utomo, 2012), pada pengolahan tanah intensif, permukaan tanah dibuat menjadi bersih dari gulma serta lapisan atas tanah dibuat menjadi gembur sehingga perakaran tanaman dapat berkembang dengan baik. Pengolahan tanah intensif juga bertujuan untuk memperbaiki aerasi tanah, dan membuang gas-gas beracun dari dalam tanah.

Pengolahan tanah konservasi merupakan pengolahan tanah yang bertujuan untuk menyiapkan lahan agar tanaman dapat tumbuh dan berproduksi optimum, namun tetap memperhatikan konservasi tanah dan air. Salah satu pengolahan tanah konservasi adalah pengolahan tanah minimum, yaitu pengolahan tanah yang dilakukan secara terbatas atau seperlunya hanya di sekitar lubang tanam tanpa melakukan pengolahan tanah pada seluruh areal lahan. Olah tanah minimum akan menciptakan kualitas tanah yang lebih baik secara fisik maupun biologi.

Selain pengolahan tanah usaha untuk mempertahankan kualitas tanah dapat juga dilakukan dengan pemupukan. Pemupukan merupakan suatu tindakan untuk memberikan unsur hara kepada tanah atau tanaman sesuai dengan kebutuhannya dengan tujuan untuk memelihara atau memperbaiki kesuburan tanah sehingga tanaman dapat tumbuh lebih cepat dan subur. Penambahan unsur hara ke dalam tanah ultisol juga dapat memperbaiki sifat biologi tanah sehingga akan meningkatkan pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme tanah.

Perlakuan pengolahan tanah dan aplikasi pupuk yang diberikan ke tanah akan mempengaruhi kehidupan mikroorganisme tanah. Mikroorganisme tanah sangat berperan untuk memperbaiki kesuburan tanah secara biologi. Tingkat aktivitas mikroorganisme di dalam tanah dapat dilihat dari laju respirasi tanah. (Haney, 2008) menyatakan bahwa respirasi tanah merupakan aspek penting dari kualitas tanah dan indikator kesuburan tanah.

Respirasi tanah adalah proses pernafasan mikroorganisme tanah dan akar tanaman yang mengeluarkan CO<sub>2</sub> dari tanah ke atmosfer. Respirasi tanah dipengaruhi tidak hanya oleh faktor biologis (vegetasi dan mikroorganisme) dan

faktor lingkungan (suhu, pH dan kelembapan), tetapi juga lebih kuat oleh faktor buatan manusia seperti penerapan sistem olah tanah (Nasution, 2015)

Tujuan penelitian ini adalah (1) Mempelajari pengaruh sistem olah tanah terhadap respirasi tanah pada pertanaman kacang hijau. (2) Mempelajari pengaruh pemupukan terhadap respirasi tanah pada pertanaman kacang hijau (3) Mempelajari interaksi antara sistem olah tanah dan pemupukan terhadap respirasi tanah pada pertanaman kacang hijau. (4) Mempelajari korelasi antara respirasi tanah dengan suhu tanah, kadar air tanah, pH tanah, dan c-organik tanah.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada September sampai dengan Desember 2018 di Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Analisis respirasi tanah dan sampel tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cangkul, sabit, botol film, timbangan analitik, termometer tanah, *aluminium foil*, plastik, labu Erlenmeyer, gelas piala, oven, seperangkat buret, toples penyungkup, kertas label, dan alat tulis. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu benih kacang hijau, pupuk kandang yang berasal dari kotoran ayam  $1 \text{ ton ha}^{-1}$ , pupuk majemuk NPK (15:15:15)  $300 \text{ kg ha}^{-1}$ , larutan KOH  $0,1 \text{ N}$ , HCl  $0,1 \text{ N}$ , indikator *penolphthalein*, indikator *metil orange*, aquades, serta bahan lain untuk analisis C-organik dan pH tanah.

Penelitian ini dirancang menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial dengan dua faktor perlakuan. Faktor pertama yaitu sistem olah tanah yang terdiri dari olah tanah minimum ( $T_0$ ) dan olah tanah intensif ( $T_1$ ). Sedangkan faktor kedua yaitu aplikasi pemupukan terdiri dari tanpa pemupukan ( $P_0$ ) dan aplikasi pemupukan ( $P_1$ ) = pupuk kandang ayam  $1 \text{ ton ha}^{-1}$  + pupuk majemuk NPK  $300 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Setiap perlakuan diulang sebanyak empat kali, sehingga diperoleh 16 satuan percobaan. Data yang diperoleh diuji homogenitas ragamnya dengan Uji Bartlett dan aditivitas data dengan Uji Tukey. Apabila asumsi terpenuhi, maka dilakukan analisis ragam. Selanjutnya, rata-rata nilai tengah diuji dengan uji BNT pada taraf 5%. Kemudian untuk mengetahui hubungan antara kadar air tanah, suhu tanah, C-organik tanah dan pH tanah dengan populasi dan biomassa cacing tanah maka dilakukan Uji Korelasi.

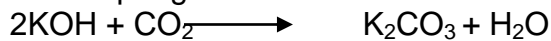
Pengukuran Respirasi Tanah. Pengukuran respirasi tanah dilakukan dengan Metode Modifikasi *Verstraete* (Anas, 1990). Respirasi tanah dilapang diukur pada saat sebelum olah tanah, setelah olah tanah, setelah pemupukan, dan fase vegetatif tanaman. Pengukuran respirasi tanah dilakukan di antara baris tanaman kacang hijau pada pagi dan sore hari. Langkah yang dilakukan dalam pengambilan sampel untuk pengukuran  $\text{CO}_2$  atau respirasi tanah yaitu botol film yang berisi 10 ml larutan KOH  $0,1 \text{ N}$  diletakkan di atas tanah dalam keadaan terbuka pada setiap petak percobaan. Selanjutnya ditutup dengan toples penyungkup. Toples tersebut ditanamkan ke dalam tanah sekitar 1 cm dan pinggirnya dibunbun dengan tanah agar tidak ada  $\text{CO}_2$  yang keluar. Langkah yang sama dilakukan untuk kontrol. Sampel larutan KOH yang telah mengikat  $\text{CO}_2$  dari lapangan, selanjutnya dianalisis di laboratorium.

Analisis Laboratorium, larutan KOH di dalam botol film dipindahkan ke dalam Erlenmeyer dan ditambahkan 2 tetes indikator *penolphthalein* (berubah warna menjadi

merah muda), kemudian dititrasi dengan HCl 0,1 N hingga warna merah muda hilang. Volume HCl yang digunakan dalam proses titrasi tersebut dicatat. Selanjutnya, ditambahkan kembali dengan 2 tetes indikator *metyl orange* (berubah warna menjadi kuning), dan dititrasi kembali dengan HCl 0,1N hingga warna kuning berubah menjadi merah muda kembali. Volume HCl yang digunakan dalam proses titrasi tersebut dicatat. Jumlah HCl yang digunakan pada tahap titrasi kedua ini berhubungan langsung dengan jumlah CO<sub>2</sub> yang difiksasi oleh KOH. Hal yang sama juga dilakukan untuk larutan KOH dari sampel kontrol.

Reaksi yang terjadi yaitu sebagai berikut:

Reaksi pengikatan CO



Perubahan warna merah muda menjadi tidak berwarna (menggunakan indikator *penolphthalein*)



Perubahan warna kuning menjadi merah muda kembali (menggunakan indikator *metyl orange*)



Perhitungan Respirasi Tana, Respirasi tanah dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C - \text{CO}_2 = \frac{(a-b) \times t \times 12}{T \times \pi \times r^2} \quad (1)$$

Keterangan:

$$C - \text{CO}_2 = \text{mg jam}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

a = ml HCl sampel                      b = ml HCl blanko

t = normalitas (M) HCl              T = waktu ( jam)

r = jari-jari tabung toples (m)

12 = massa atom C

Variabel pengamatan. Variabel pengamatan pada penelitian ini meliputi :

1. Suhu Tanah (°C) (Termometer tanah)
2. Kadar air tanah (Metode Gravimetrik)
3. C-organik (%) (Metode *Walkley and Black*)
4. pH tanah (Metode Elektrometrik)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian (Tabel 1) menunjukkan bahwa pada pengamatan 10 HST perlakuan sistem olah tanah berpengaruh nyata terhadap respirasi tanah, tetapi perlakuan pemupukan serta interaksinya tidak berpengaruh nyata. Perlakuan sistem olah tanah pengaruhnya baru terlihat pada pengamatan 10 HST, hal ini diduga karena kondisi tanah masih gembur atau kerapatannya berkurang sedangkan porositas tanah meningkat sehingga mampu memperbaiki drainase dan aerasi tanah yang sangat diperlukan untuk mikroorganisme dalam menjalankan aktivitasnya agar proses respirasi tanah berjalan dengan baik. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Rusli, 2004) pengolahan tanah memacu aktivitas mikroba di dalam tanah, karena pembalikan tanah dapat menciptakan zona baik bagi mikroba dilapisan tanah.

**Tabel 1.** Ringkasan Analisis Ragam Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Pemupukan terhadap Respirasi Tanah pada Pengamatan Sebelum Olah Tanah, Setelah Olah Tanah, 10 HST, 41 HST, 90 HST pada tanaman kacang hijau.

Perlakuan	Sebelum olah tanah	Setelah olah tanah	10 HST	41 HST	90 HST
	.....C-CO <sub>2</sub> (mg jam <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> ).....				
T <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	68,05	25,04	25,04	36,59(6,01)	19,90(4,39)
T <sub>0</sub> P <sub>1</sub>	47,28	28,89	14,77	31,45(5,59)	26,32(4,94)
T <sub>1</sub> P <sub>0</sub>	48,78	31,45	37,23	36,59(6,03)	25,68(5,06)
T <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	46,22	29,56	51,35	41,72(6,23)	15,41(3,83)
Sumber Keragaman	F-hitung dan Signifikansi				
T	2,12tn	0,46tn	16,70*	0,44tn	0,32tn
P	2,79tn	0,04tn	0,10tn	0,00tn	0,05tn
T x P	1,7tn	0,30tn	4,18tn	0,44tn	1,85tn

**Keterangan :** T= sistem olah tanah; P= aplikasi pemupukan; T x P= interaksi antara sistem olah tanah dan aplikasi pemupukan; tn= tidak berpengaruh nyata pada taraf 5%;

**Tabel 2.** Pengaruh sistem pengolahan tanah dan pemupukan terhadap respirasi tanah pada pertanaman kacang hijau 10 HST.

Perlakuan	Respirasi tanah C-CO <sub>2</sub> (mg jam <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )
Sistem Olah Tanah	
T <sub>0</sub>	15,92 b
T <sub>1</sub>	35,43 a
BNT 5%	13,50

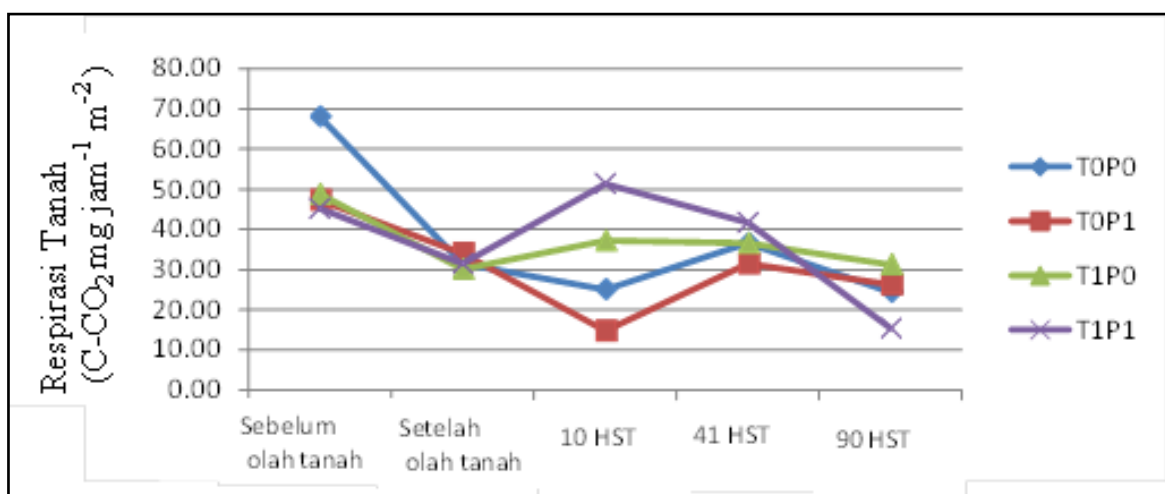
**Keterangan :**

Nilai tengah yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf 5%; T<sub>0</sub> = olah tanah minimum; T<sub>1</sub>= olah tanah intensif.

Hasil BNT pada taraf nyata 5% menunjukkan bahwa sistem olah tanah intensif menghasilkan laju respirasi tanah yang lebih tinggi dibandingkan olah tanah minimum. Pada sistem olah tanah intensif pengolahan tanah dilakukan dengan membalik tanah dan membuka tanah sehingga akan memacu oksidasi dan aliran gas CO<sub>2</sub>, 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 CO<sub>2</sub> 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, 2014), bahwa rata-rata emisi CO<sub>2</sub> 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.

Berdasarkan dinamika respirasi tanah, tingginya laju respirasi tanah pada pengamatan sebelum olah tanah diduga karena pada lahan penelitian masih terdapat bahan organik seperti gulma dan sisa tanaman sebelumnya sehingga

tingginya CO<sub>2</sub> yang dilepaskan dari tanah berasal dari mikroorganisme tanah dan respirasi akar. Hal ini juga sesuai pernyataan (Maysaroh, 2011) bahwa tanah yang mengandung bahan organik tinggi juga akan mengandung jumlah mikroorganisme yang tinggi karena tanah tersebut mengandung substrat yang dapat menunjang kehidupan mikroorganisme. Pada pengamatan setelah olah tanah yang dilakukan 1 hari setelah olah tanah laju respirasi menurun hal ini karena lahan baru saja diolah sehingga CO<sub>2</sub> yang dihasilkan hanya berasal dari mikroorganisme tanah. Pada pengamatan 10 HST yaitu pada saat 3 hari setelah dilakukan perlakuan pemupukan, pupuk yang digunakan yaitu pupuk kandang ayam yang di campur merata dengan pupuk majemuk NPK (15:15:15), laju respirasi meningkat dari pengamatan sebelumnya hal ini dikarenakan pada lahan penelitian sudah terdapat tanaman yang sudah di tanam selama 10 hari, akar tanaman ikut aktif menyumbang CO<sub>2</sub> di dalam tanah, sehingga CO<sub>2</sub> berasal dari akar tanaman dan mikroorganisme tanah. Pada pengamatan 41 HST yaitu saat vegetatif maksimum laju respirasi masih cenderung meningkat, hal ini juga dikarenakan respirasi berasal dari mikroorganisme tanah dan akar tanaman kacang hijau. Pada akar tanaman pada saat masa vegetatif maksimum terdapat eksudat akar yang membuat sumber energi untuk mikroorganisme lebih banyak sehingga menyebabkan aktivitas mikroorganisme lebih banyak yang akan meningkatkan CO<sub>2</sub> di dalam tanah penelitian. Namun pada pengamatan 90 HST yaitu pada saat setelah panen mengalami penurunan laju respirasi, hal ini karena akar tanaman tidak lagi berkembang aktif sehingga CO<sub>2</sub> hanya berasal dari mikroorganisme tanah. Selain itu, pengukuran respirasi tanah dilakukan pada musim kemarau menyebabkan aktivitas mikroorganisme menurun, hal ini sesuai dengan pengamatan kadar air 90 HST (Tabel 4) tidak berpengaruh nyata. Masalah ketersediaan air di dalam tanah berkaitan erat dengan dekomposisi bahan organik dan aktivitas mikroorganisme tanah. Menurut (Hakim, 1986) dekomposisi bahan organik yang dilakukan oleh mikroorganisme tanah dapat berlangsung baik bila cukup tersedia air dan udara di dalam tanah.



Gambar 1. Dinamika Respirasi Tanah

**Tabel 3.** Uji korelasi antara Suhu Tanah, Kadar Air Tanah, C-organik Tanah, dan pH Tanah, dengan Respirasi Tanah.

Pengamatan	Koefisien korelasi ( r )				
	Respirasi Tanah				
	Sebelum Olah Tanah	Setelah Olah Tanah	10 HST	41 HST	90 HST
Suhu Tanah ( <sup>0</sup> C)	0,29 tn	0,28 tn	0,25 tn	0,35 tn	0,04 tn
Kadar Air Tanah (%)	0,13 tn	0,17 tn	0,22 tn	0,10 tn	0,01 tn
C-organik (%)	0,09 tn	0,20 tn	0,01 tn	0,03 tn	0,04 tn
pH Tanah	0,40 tn	0,19 tn	0,06 tn	0,25 tn	0,03 tn

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

Berdasarkan uji korelasi pada pengamatan sebelum olah tanah, setelah olah tanah, 10 HST, 41 HST dan 90 HST tidak menunjukkan korelasi yang nyata antara pH tanah, kadar air tanah, C-organik dan suhu tanah dengan respirasi tanah . Artinya pada perlakuan sistem olah tanah dan pemupukan, tinggi rendahnya laju respirasi tanah tidak tergantung pada pH tanah, kadar air tanah, C-organik tanah, dan suhu tanah. Tidak adanya korelasi nyata antara beberapa sifat tanah dengan respirasi tanah diduga kurun waktu penelitian masih singkat sehingga belum menunjukkan perubahan signifikan seperti terhadap sifat tanah tersebut (Utomo, 2012) menyatakan bahwa proses pengikatan karbon dalam tanah memerlukan waktu 20-30 tahun sehingga dapat diukur jika penelitian dilakukan jangka panjang. Perlakuan yang diterapkan juga belum mempengaruhi iklim mikro tanah sehingga belum mempengaruhi aktivitas mikroorganisme di dalam tanah. Menurut (Utomo, 2012) dekomposisi brangkasan jagung rata-rata 60%. Serasah jagung yang digunakan belum terdekomposisi sempurna karena C/N rasio tinggi yaitu 82, sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk dapat terdekomposisi secara sempurna

## SIMPULAN

Respirasi tanah lebih tinggi pada perlakuan sistem olah tanah intensif pada pertanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.) di 10 HST. Perlakuan pemupukan serta interaksi anantara perlakuan sistem olah tanah dan pemupukan tidak mempengaruhi respirasi tanah pada pengamatan sebelum olah tanah, setelah olah tanah, 10 HST, 41 HST, dan 90 HST. Tidak adanya korelasi antara suhu tanah, pH tanah, kadar air tanah, dan C-organik tanah dengan respirasi tanah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anas, I. 1990. *Biologi Tanah dalam Praktek*. Pusat antar Universitas Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 161 hlm.
- Hakim, N., M.Y. Nyakpa, A.M. Lubis, S.G Nugroho, M. R. Saul, M.A. Diha, G. B Hong dan H. H. Bailey. 1986. *Dasar-dasar ilmu tanah*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 488 hlm.
- Haney, R. L., W. H. Brinton, dan E. Evans. 2008. Estimating soil carbon, nitrogen dan phosphorus mineralization from short-term carbon dioxide respiration. *Communicationsin Soil Scinece and Plant Analysis* 39:2706-2720.

- Maysaroh. 2011. Hubungan Kulit Bahan Organik Tanah dan Laju Respirasi Tanah di Beberapa Lahan Budidaya. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. 17hlm.
- Nasution, N.A.P., S. Yusnaini., A. Niswati dan Dermiyati. 2015. Respirasi Tanah pada Sebagian Lokasi di Hutan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS). *Jurnal Agrotek Tropika* 3(3). 427- 433.
- Nita, C.E., B. Sidwanto dan W.H. Utomo. 2015. Pengaruh Pengolahan Tanah dan Pemberian Bahan Organik terhadap Porositas Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Tebu pada Ultisol. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 2(1). 119-127.
- 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.
- Rusli, N. Heryana, dan Rendriani, E. 2004. *Pengaruh Pengolahan Tanah terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Temu Ireng (Curcuma aeruginosa) di antara Tanaman Kelapa Genjah Kuning Nias*. Loka penelitian Tanaman Perkebunan. 66-67 hlm.
- Shela, T.,P. H. Buchari. M.A. Syamsul., A. dan Dermiyati. 2014. Pengaruh Sistem Olah Tanah terhadap Emisi Gas CO<sub>2</sub> Tanah Bekas Lahan Alang-alang yang ditanami Kedelai pada Musim Kedua. *Jurnal Agrotek Tropika* 2(3). 456-469.
- Utomo, M., H. Buchari, dan I. S. Banuwa. 2012. *Olah Tanah Konservasi: Teknologi Mitigasi Gas Rumah Kaca Pertanian Tanaman Pangan*. Lembaga Penelitian Universitas Lampung. Bandar Lampung. 94 hlm.
- Utomo, M. 2012. *Tanpa Olah Tanah: Teknologi Pengelolaan Pertanian Lahan Kering*. Lembaga Penelitian Universitas Lampung. Bandar Lampung. 110 hlm