

**PENGARUH SISTEM OLAH TANAH DAN PEMUPUKAN NITROGEN JANGKA PANJANG
TERHADAP RESPIRASI TANAH DI LAHAN POLITEKNIK NEGERI LAMPUNG
TAHUN TANAM KE-27**

**THE EFFECT OF TILLAGE SYSTEM AND LENGTH NITROGEN FERTILIZING SYSTEM
AGAINST SOIL RESPIRATION IN THE 27th YEAR
AT POLYTECHNIC STATE OF LAMPUNG**

Erdiana Damayanti*, Muhajir Utomo, Ainin Niswati dan Henrie Buchar

Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

Jalan Prof. Soemantri Brodjonegoro 1 Bandar Lampung 35145

*E-mail : herdianadamayanti123@gmail.com

ABSTRACT

Unsustainable cultivation techniques can cause carbon loss on farm. The cultivation technique that is often used by farmers today is intensive tillage. Intensive tillage can increase CO₂. Steps to reduce CO₂ gas emissions, while increasing carbon stored in the soil by implementing agricultural cultivation with conservation tillage system (Olah Tanah Konservasi). The conservation tillage system is able to reduce global warming through absorption of C in the soil, and reduce CO₂ emissions. In addition, fertilization can also affect CO₂ emissions. CO₂ emissions in the soil come from soil respiration. The purpose of this study was to determine the effect of long-term tillage systems on soil respiration, determine the effect of long-term N fertilization on soil respiration, and determine the effect of interactions between tillage systems and long-term N fertilization on soil respiration. The study was arranged in a randomized block design (RBD) consisting of two factors, namely the tillage system and nitrogen fertilization factors. The first factor is the treatment of tillage system (T) namely T0 = no tillage, and T1 = intensive tillage, while the second factor is without nitrogen fertilizer (N0) and high nitrogen fertilizer (N1). The data obtained will be tested for homogeneity by Bartlett Test and additives tested by Tukey Test. Furthermore, the data were analyzed by analysis of variance and continued with a BNJ test of 5% level. Observation of soil respiration was done 4 times, namely -1, 1, 2, 3 days after tillage. The results showed that soil respiration one day before to three days after the soil was treated in intensive tillage (OTI) was the same as the no tillage system (TOT), soil respiration -1 days after tillage to 3 days after tillage on nitrogen fertilization (100 N kg ha⁻¹) given in the previous planting season the same as without fertilization (0 kg N ha⁻¹), and there is no interaction between the tillage system and nitrogen fertilization on soil respiration.

Keywords: Nitrogen fertilization, soil respiration, tillage conservation

ABSTRAK

Teknik budidaya yang tidak berkelanjutan dapat menyebabkan kehilangan karbon di lahan pertanian. Teknik budidaya yang sering digunakan petani saat ini adalah olah tanah intensif. OTI dapat meningkatkan CO_2 . Langkah yang dilakukan sebagai upaya untuk mengurangi emisi gas CO_2 , sekaligus dapat meningkatkan karbon yang tersimpan di dalam tanah dengan menerapkan budidaya pertanian dengan sistem olah tanah konservasi (OTK). Sistem OTK mampu mengurangi pemanasan global melalui penyerapan C dalam tanah, dan mengurangi emisi CO_2 . Selain itu, pemupukan juga dapat mempengaruhi emisi CO_2 . Emisi CO_2 di dalam tanah berasal dari respirasi tanah. Tujuan dalam penelitian ini adalah mengetahui pengaruh sistem olah tanah jangka panjang terhadap respirasi tanah, mengetahui pengaruh pemupukan N jangka panjang terhadap respirasi tanah, dan mengetahui pengaruh interaksi antara sistem olah tanah dan pemupukan N jangka panjang terhadap respirasi tanah. Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari dua faktor yaitu faktor sistem olah tanah dan faktor pemupukan nitrogen. Faktor pertama adalah perlakuan sistem olah tanah (T) yaitu T_0 = tanpa olah tanah, dan T_1 = olah tanah intensif, sedangkan faktor kedua adalah tanpa pemupukan nitrogen (N_0) dan pemupukan nitrogen tinggi (N_1). Data yang diperoleh akan diuji homogenitasnya dengan Uji Bartlett dan aditifitasnya diuji dengan Uji Tukey. Selanjutnya data dianalisis dengan sidik ragam dan dilanjutkan dengan Uji BNJ taraf 5%. Pengamatan respirasi tanah dilakukan sebanyak 4 kali, yaitu -1, 1, 2, 3 HSO. Hasil penelitian menunjukkan bahwa respirasi tanah satu hari sebelum sampai tiga hari setelah tanah diolah pada olah tanah intensif (OTI) sama dengan sistem tanpa olah tanah (TOT), respirasi tanah -1 HSO sampai 3 HSO pada pemupukan nitrogen (100 N kg ha^{-1}) yang diberikan pada musim tanam sebelumnya sama dengan tanpa pemupukan (0 kg N ha^{-1}), dan tidak terjadi interaksi antara sistem olah tanah dan pemupukan nitrogen pada respirasi tanah..

Kata Kunci : Olah tanah konservasi, pemupukan nitrogen, respirasi tanah

PENDAHULUAN

Pada umumnya petani Indonesia membudidayakan tanaman dengan teknik budidaya konvensional tanpa memperhatikan keberlanjutan lahan pertanian. Teknik budidaya yang tidak berkelanjutan dapat menyebabkan kehilangan karbon di lahan pertanian. Teknik budidaya yang sering digunakan petani saat ini adalah olah tanah intensif. Pertanian lahan kering dengan menggunakan sistem OTI dapat merusak agregat tanah sehingga partikel-partikel tanah menjadi lepas dan karbon tanah hilang terbawa erosi, memacu oksidasi bahan organik, dan menurunkan karbon tanah, sehingga meningkatkan emisi CO_2 . Selain itu, OTI

jangka panjang dapat memacu pemanasan global pada lapisan dalam tanah (*sub soil*) (Utomo, 2012).

Langkah yang dilakukan sebagai upaya untuk mengurangi emisi CO_2 , sekaligus dapat meningkatkan karbon yang tersimpan di dalam tanah dengan menerapkan budidaya pertanian dengan sistem olah tanah konservasi (OTK). Sistem OTK merupakan teknik menejemen lahan berkelanjutan potensial yang dapat meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas lahan. Selain itu, OTK jangka panjang dapat memelihara dan memperbaiki struktur tanah dan bahan organik tanah (Utomo, 2012). Pemupukan adalah salah

satu kegiatan untuk meningkatkan produktivitas tanaman. Nitrogen adalah unsur hara makro yang dibutuhkan oleh tanaman untuk pertumbuhannya. Nitrogen juga sebagai unsur hara esensial yang bersifat sangat mobil baik di dalam tanah maupun di dalam tanaman (Mawardiana dkk., 2013). Pemupukan juga dapat mempengaruhi emisi CO_2 . Emisi CO_2 di dalam tanah berasal dari respirasi tanah. Emisi CO_2 tanah merupakan komponen penting dari siklus karbon global, yang dikendalikan oleh dua proses yakni CO_2 produksi dalam tanah dan transportasi dari tanah ke atmosfer (Ball dan Pretty, 2002 dalam Utomo, 2012). Faktor yang mempengaruhi respirasi tanah yakni suhu tanah dan kadar air tanah atau interaksi antara suhu tanah dan kadar air tanah (Syahrinuddin, 2005). Pengukuran respirasi tanah dilakukan hanya pada tanah.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengetahui pengaruh sistem olah tanah jangka panjang terhadap respirasi tanah, (2) mengetahui pengaruh pemupukan N jangka panjang terhadap respirasi tanah, (3) mengetahui pengaruh interaksi antara sistem olah tanah dan pemupukan N jangka panjang terhadap respirasi tanah.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dimulai pada tahun 1987 merupakan tahun tanam ke-27 pada musim ke-46 yang dilakukan pada lahan Kebun Percobaan Politeknik Negeri Lampung. Penelitian pada musim ke-46 ini dilakukan pada bulan November sampai dengan

Februari 2015. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Bahan dan Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bor tanah, cangkul, alat tulis, kertas label, timbangan, toples, stopwatch, botol vial ukuran 30 ml, termometer, alat ukur *soil moisture meter*, gelas ukur, oven, erlenmeyer, statip, pipet tetes, buret, corong, gelas beaker, dan drigen. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquades, KOH 0,1 N, HCl 0,1 N, fenolptalin, metil orange, herbisida berbahan aktif 2,4-D dimetil amina dan glifosat, bahan-bahan kimia untuk analisis C-organik tanah, respirasi tanah metode Verstraete.

Metode Penelitian

Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari dua faktor yaitu faktor sistem olah tanah dan faktor pemupukan nitrogen. Faktor pertama adalah perlakuan sistem olah tanah (T) yaitu T_0 = tanpa olah tanah, dan T_1 = olah tanah intensif, sedangkan faktor kedua adalah tanpa pemupukan nitrogen (N_0) dan pemupukan nitrogen tinggi (N_1). Data yang diperoleh diuji homogenitasnya dengan Uji Bartlett dan aditifitasnya diuji dengan Uji Tukey. Selanjutnya data dianalisis dengan sidik ragam dan dilanjutkan dengan Uji BNJ taraf 5%.

Pelaksanaan Penelitian Pembuatan Petak Percobaan

Lahan yang digunakan dibagi menjadi 16 petak dengan ukuran tiap petaknya 4m x 6m dengan jarak antar petak percobaan adalah 0,5 meter.

Pengolahan Tanah

Pada petak tanpa olah tanah (TOT) tanah tidak diolah sama sekali. Gulma pada TOT yang tumbuh dikendalikan dengan herbisida berbahan aktif 2,4-D dimetil amina 1 l/ha dan herbisida berbahan aktif glifosat 3-5 l/ha, kemudian sisa tanaman dan gulma digunakan sebagai mulsa. Pada petak olah tanah intensif (OTI) tanah diolah dengan menggunakan cangkul hingga kedalaman 0-20 cm, sisa gulma dan tanaman dibuang dari petak percobaan.

Pengamatan

Pengamatan respirasi tanah dilakukan sebanyak 4 kali, yaitu -1, 1, 2, 3 HSO. Pengamatan respirasi tanah diukur langsung di lapangan dengan menggunakan metode Verstraete (Anas, 1989). Pengamatan respirasi tanah -1, 1, 2, dan 3 HSO dilakukan dengan cara menyungkup permukaan tanah dengan toples dan di dalam toples tersebut terdapat botol 30 ml yang berisi 10 ml 0,1 N KOH. Pada pengukuran blanko, permukaan tanah dilapisi oleh plastik. Pengukuran respirasi tanah dilakukan selama 2 jam pada setiap plot perlakuan dan dilakukan pada waktu pagi pukul 10.00 – 12.00 WIB dan sore pukul 15.00 – 17.00 WIB. Setelah masing-masing sampel pada petak percobaan (botol berisi 10 ml 0,1 N KOH) diinkubasi selama 2 jam. Kemudian pada akhir masa inkubasi C-CO₂ yang dihasilkan pada respirasi tanah dapat ditentukan dengan cara titrasi. Selanjutnya titrasi dilakukan di laboratorium.

Setelah didapatkan hasil dari pengukuran titrasi, maka hasil pengukuran tersebut dapat langsung dihitung. Jumlah CO₂ dari respirasi tanah dapat dihitung dengan

menggunakan rumus sebagai berikut:

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

(Anas, 1989).

Keterangan:

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

a = ml HCl untuk respirasi tanah (pada permukaan tanah tanpa dilapisi dengan plastik)

b = ml HCl untuk blanko (pada permukaan tanah dilapisi dengan plastik)

t = normalitas HCl 0,1 N

T = waktu pengukuran (jam)

r² = jari-jari tabung toples (m)

π = 3,14

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respirasi Tanah

Hasil analisis ragam respirasi tanah akibat pengaruh sistem olah tanah dan pemupukan N serta interaksi antara sistem olah tanah dan pemupukan N secara ringkas tertera pada Tabel 1.

Perlakuan sistem olah tanah dan pemupukan N serta interaksi antara sistem olah tanah dan pemupukan N tidak berpengaruh nyata terhadap respirasi tanah pada semua pengamatan. Walaupun tidak dipengaruhi oleh perlakuan, tetapi kecenderungannya gambaran umum secara grafik respirasi tanah akibat pengaruh sistem olah tanah dan pemupukan nitrogen tertera pada Gambar 1.

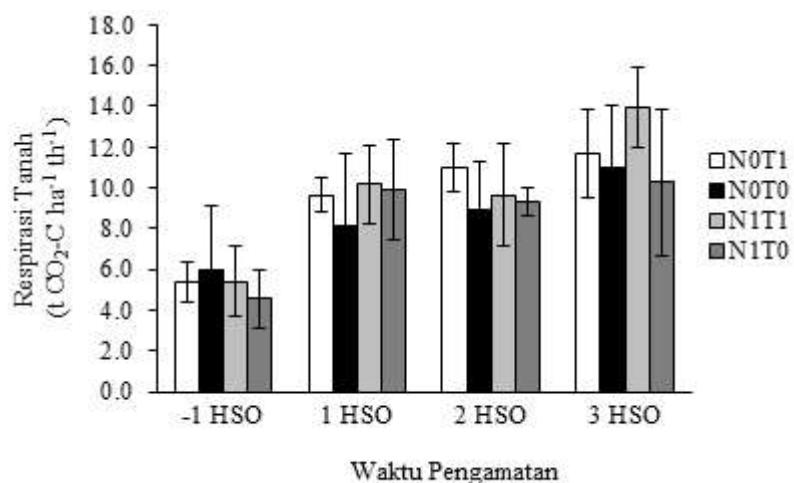
C Organik Tanah, N Organik Tanah, C/N Tanah, Kelembaban Tanah, Suhu Tanah dan pH Tanah

Hasil ringkasan analisis data C-organik tanah, N organik tanah, C/N tanah, kelembaban tanah, suhu tanah dan pH tanah akibat pengaruh sistem olah tanah

Tabel 1. Ringkasan Analisis respirasi tanah akibat pengaruh sistem olah tanah dan pemupukan N jangka panjang

Perlakuan	-1 HSO	1 HSO	2 HSO	3 HSO
.....Respirasi tanah ($t \text{ CO}_2\text{-C ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$).....				
$N_0 T_1$	5,4	9,7	11	11,7
$N_0 T_0$	6	8,1	9	11
$N_1 T_1$	5,4	10,2	9,7	13,9
$N_1 T_0$	4,6	9,9	9,4	10,3
Sumber Keragaman				
			F Hitung dan Signifikansi	
N	1,63 ^{tn}	1,80 ^{tn}	0,17 ^{tn}	0,42 ^{tn}
T	0,03 ^{tn}	1,09 ^{tn}	1,07 ^{tn}	3,46 ^{tn}
N x T	0,03 ^{tn}	0,56 ^{tn}	0,59 ^{tn}	1,68 ^{tn}

Keterangan : N_0 = Tanpa Pemupukan Nitrogen (0 kg N ha^{-1}), N_1 = Pemupukan Nitrogen (100 kg N ha^{-1}), T_1 = Olah Tanah Intensif, T_0 = Tanpa Olah Tanah, N = Pemupukan Nitrogen, T = Sistem Olah Tanah, N x T = Interaksi Pemupukan Nitrogen dan Sistem Olah Tanah, tn = Tidak Berbeda Nyata pada Taraf 5%, HSO = Hari Sebelum/Setelah Olah Tanah



Gambar 1. Grafik hasil pengamatan respirasi tanah pengamatan pada -1HSO sampai dengan pengamatan 3HSO ; N_0 = Tanpa Pemupukan Nitrogen (0 kg N ha^{-1}), N_1 = Pemupukan Nitrogen (100 kg N ha^{-1}), T_1 = Olah Tanah Intensif, T_0 = Tanpa Olah Tanah, HSO = Hari Sebelum/Setelah Olah Tanah, Bar = Standar Deviasi

dan pemupukan nitrogen jangka panjang dapat dilihat pada Tabel 2. Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pemupukan nitrogen memberikan pengaruh nyata terhadap C-organik tanah, pengolahan tanah memberikan pengaruh nyata terhadap C-organik tanah

dan N organik tanah. Sedangkan pemupukan nitrogen memberikan pengaruh tidak nyata terhadap N organik tanah, C/N tanah, kelembaban tanah, dan pH tanah. Pengolahan tanah memberikan pengaruh tidak nyata terhadap C/N tanah, kelembaban tanah dan pH

Tabel 2. Ringkasan Anara C-organik tanah, Nitrogen organik tanah, C/N tanah, Kelembaban tanah, dan pH tanah akibat pengaruh sistem olah tanah dan pemupukan nitrogen jangka panjang

Perlakuan	C-organik tanah (%)	N organik tanah (%)	C/N tanah (%)	Kelembaban tanah (%)	pH tanah
N ₀ T ₁	1,23	0,13	9,22	28,25	5,59
N ₀ T ₀	1,38	0,17	8,49	30,00	5,51
N ₁ T ₁	1,13	0,13	8,49	27,75	5,45
N ₁ T ₀	1,24	0,15	8,17	29,00	5,36
Sumber Keragaman			F Hitung dan Signifikansi		
N	9,88 *	0,62 ^{tn}	2,11 ^{tn}	0,92 ^{tn}	4,09 ^{tn}
T	11,58 *	10,99 *	2,18 ^{tn}	3,68 ^{tn}	1,34 ^{tn}
N x T	0,18 ^{tn}	0,62 ^{tn}	0,33 ^{tn}	0,10 ^{tn}	0,00 ^{tn}

Keterangan : N₀ = Tanpa Pemupukan Nitrogen (0 kg N ha⁻¹), N₁ = Pemupukan Nitrogen (100 kg N ha⁻¹), T₁ = Olah Tanah Intensif, T₀ = Tanpa Olah Tanah, N = Pemupukan Nitrogen, T = Sistem Olah Tanah, N x T = Interaksi Pemupukan Nitrogen dan Sistem Olah Tanah, * = Berbeda Nyata pada Taraf 5%, tn = Tidak Berbeda Nyata pada Taraf 5%

Tabel 3. Pengaruh sistem olah tanah jangka panjang terhadap C-organik tanah

Sistem Olah Tanah	C-Organik tanah (%)
Tanpa Olah Tanah (TOT)	1,31 a
Olah Tanah Intensif (OTI)	1,18 b
BNJ 0,05	0,09

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata dengan uji BNJ pada taraf nyata 5%

tanah. Sedangkan interaksi antara pemupukan nitrogen dan pengolahan tanah memberikan pengaruh yang tidak nyata terhadap C-organik tanah, N organik tanah, C/N tanah, kelembaban tanah dan pH tanah.

Berdasarkan uji BNJ taraf nyata 5% pengaruh sistem olah tanah jangka panjang mampu meningkatkan C-organik tanah secara ringkas tertera pada Tabel 3. Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa pengaruh sistem tanpa olah tanah (TOT) lebih tinggi dalam meningkatkan C-organik tanah dengan nilai 1,31 % dibandingkan pada sistem olah tanah intensif (OTI) dengan nilai 1,18%.

Berdasarkan uji BNJ taraf nyata 5% pengaruh

pemupukan nitrogen jangka panjang mampu meningkatkan C-organik tanah secara ringkas tertera pada Tabel 4. Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa pengaruh pemupukan nitrogen 0 kg N ha⁻¹ lebih tinggi dalam meningkatkan C-organik tanah dengan nilai 1,30 % dibandingkan pada pemupukan nitrogen 100 kg N ha⁻¹ dengan nilai 1,18%.

Berdasarkan uji BNJ taraf nyata 5% pengaruh sistem olah tanah jangka panjang mampu meningkatkan N organik tanah secara ringkas tertera pada Tabel 5.

Pada Tabel 5 menunjukkan bahwa pengaruh sistem tanpa olah tanah (TOT) lebih tinggi dalam meningkatkan N organik tanah dengan nilai 0,159 %

Tabel 4. Pengaruh pemupukan nitrogen jangka panjang terhadap C-organik tanah

Pemupukan Nitrogen	C-organik tanah (%)
Pemupukan Nitrogen 0 kg N ha ⁻¹ (N ₀)	1,30 a
Pemupukan Nitrogen 100 kg N ha ⁻¹ (N ₁)	1,18 b
BNJ 0,05	0,09

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata dengan uji BNJ pada taraf nyata 5%. N₀ = Pemupukan Nitrogen 0 kg N ha⁻¹; N₁ = Pemupukan Nitrogen 100 kg N ha⁻¹

Tabel 5. Pengaruh sistem olah tanah jangka panjang terhadap N organik tanah

Sistem Olah Tanah	N Organik tanah (%)
Tanpa Olah Tanah (TOT)	0,16 a
Olah Tanah Intensif (OTI)	0,13 b
BNJ 0,05	0,02

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata dengan uji BNJ pada taraf nyata 5%

dibandingkan pada sistem olah tanah intensif (OTI) dengan nilai 0,132 %.

Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa pemupukan nitrogen, pengolahan tanah dan interaksi antara pemupukan nitrogen dan pengolahan tanah memberikan pengaruh yang tidak nyata terhadap suhu tanah.

Hubungan C-Organik Tanah, N Organik Tanah, C/N Tanah, Kelembaban Tanah, Suhu Tanah dan pH Tanah dengan Respirasi Tanah

Berdasarkan uji korelasi (Tabel 7) menunjukkan bahwa C-organik tanah, N organik tanah, C/N tanah dan pH tanah tidak berkorelasi dengan respirasi tanah, sedangkan pada 3 HSO secara nyata berkorelasi dengan kelembaban tanah dan pada 1 HSO dan 2 HSO berkorelasi dengan suhu tanah.

Pembahasan

Pada pengambilan sampel hasil pengamatan satu hari sebelum olah tanah (-1 HSO) menunjukkan bahwa perlakuan sistem olah tanah (TOT dan OTI)

dan pemupukan nitrogen tidak berpengaruh nyata terhadap respirasi tanah. Hal ini diduga karena proses pemberaan lahan yang terlalu lama dan kondisi tanah yang kering akibat tidak adanya hujan, mengakibatkan kelembaban tanah pada plot TOT dan OTI sama (Tabel 2).

Salah satu faktor yang mempengaruhi respirasi tanah yaitu kelembaban tanah. Hal ini disebabkan karena kelembaban tanah yang kering (Tabel 2), walaupun pada sistem TOT tidak dilakukan pengolahan tanah sama sekali, memiliki mikroorganisme tanah yang banyak, akan tetapi kelembaban tanahnya kering, dapat menyebabkan mikroorganisme didalam tanah menjadi dorman dan sedikit yang beraktivitas. Menurut Utomo (2012), kelembaban tanah pada kondisi kering dapat menyebabkan mikroba tanah menjadi dorman atau mikroba membentuk spora sehingga respirasi tanah menurun tajam.

Tabel 6. Ringkasan Anara suhu tanah akibat pengaruh sistem olah tanah dan pemupukan nitrogen jangka panjang

Perlakuan	-1 HSO	Keterangan HSO* = berbeda nyata, HSO† tidak berbeda nyata, HSO‡ = hari sebelum	Suhu tanah (°C).....	
		
N ₀ T ₁	30,75	31,75	32,25	33,00
N ₀ T ₀	31,00	30,25	31,25	31,50
N ₁ T ₁	31,75	32,50	31,75	32,25
N ₁ T ₀	31,00	31,00	31,50	32,50
Sumber Keragaman		F Hitung dan Signifikansi		
N	1,21 ^{tn}	0,87 ^{tn}	0,04 ^{tn}	0,06 ^{tn}
T	0,33 ^{tn}	3,48 ^{tn}	0,93 ^{tn}	1,47 ^{tn}
N x T	1,25 ^{tn}	0,00 ^{tn}	0,34 ^{tn}	2,88 ^{tn}

Keterangan : N₀ = Tanpa Pemupukan Nitrogen (0 kg N ha⁻¹), N₁ = Pemupukan Nitrogen (100 kg N ha⁻¹), T₁ = Olah Tanah Intensif, T₀ = Tanpa Olah Tanah, N = Pemupukan Nitrogen, T = Sistem Olah Tanah, N x T = Interaksi Pemupukan Nitrogen dan Sistem Olah Tanah, tn = Tidak Berbeda Nyata pada Taraf 5%, HSO = Hari Sebelum/Setelah Olah Tanah

Sebaliknya pada sistem olah tanah intensif (OTI) dilakukan pengolahan tanah dengan pencangkuluan dua kali atau lebih sedalam 0-20 cm dan permukaan tanah bersih dari gulma dan mulsa, lapisan olah tanah diusahakan cukup gembur agar perakaran tanaman dapat berkembang dengan baik, memudahkan penanaman benih. Kelembaban kering pada sistem olah tanah intensif (OTI) menyebabkan permukaan tanah tidak mampu menahan laju aliran air permukaan yang mengalir deras, sehingga banyak mikroorganisme tanah yang hilang terbawa aliran air permukaan yang dapat menyebabkan mikroorganisme tanah menjadi sedikit. Utomo (2012), menyatakan bahwa olah tanah intensif memiliki permukaan tanah yang bersih dan gembur tetapi tidak mampu menahan laju aliran permukaan yang mengalir deras, sehingga partikel tanah yang mengandung humus dan hara serta banyak biota tanah tergerus dan terbawa oleh air ke hilir. Dengan demikian respirasi tanah yang dihasilkan pada perlakuan

sistem tanpa olah tanah (TOT) dan olah tanah intensif (OTI) adalah sama.

Sebelum olah tanah, pada plot OTI dilakukan pembersihan gulma, namun hal ini tidak memberikan pengaruh nyata pada respirasi tanah. Pembersihan gulma dilakukan dengan menyemprotkan herbisida berbahan aktif glifosat. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Anas (1989), penggunaan herbisida berbahan aktif glifosat tidak berpengaruh terhadap aktivitas maupun jumlah mikroorganisme tanah. Pada plot OTI gulma dibersihkan secara maksimal tanpa meninggalkan gulma di lahan sedangkan pada plot TOT gulma tidak dibersihkan dan dibiarkan di lahan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan nitrogen 100kg N ha⁻¹ yang dilakukan pemupukan pada musim tanam sebelumnya, tidak berpengaruh nyata pada respirasi tanah terhadap semua pengamatan. Hal ini karena pemupukan dilakukan pada musim sebelumnya sehingga

menyebabkan unsur nitrogen di dalam tanah hilang sebelum/setelah olah tanah. Karena pupuk nitrogen memiliki sifat yang sangat mudah larut dan mudah hilang melalui pencucian. Menurut Mawardiana dkk., (2013) hilangnya nitrogen dapat terjadi karena diabsorpsi tanaman, pencucian, erosi, dan hilang bersama panen.

Setelah olah tanah (1, 2, dan 3 HSO) hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan sistem olah tanah (TOT dan OTI) dan pemupukan nitrogen juga tidak berpengaruh nyata terhadap respirasi tanah. Hal ini diduga karena pada sistem olah tanah intensif memiliki kandungan bahan organik yang rendah (Tabel 2), sehingga mikroorganisme di dalam tanah pada OTI lebih sedikit dibandingkan dengan TOT.

Selain itu, pengolahan lahan OTI di lakukan secara maksimal sehingga pori-pori tanah menjadi terbuka. Menurut Widiyono (2005), bahwa tanah pada OTI diolah secara intensif dan memiliki bongkahan yang kecil sehingga luas permukaan tanah menjadi lebih tinggi dan pori makro tanah lebih banyak. Meskipun OTI memiliki pori-pori tanah yang lebih luas atau terbuka dan meningkatkan O_2 di dalam tanah, akan tetapi karena

jumlah bahan organik tanah dan mikroorganisme di dalam rendah sehingga proses perombakan bahan organik tanah juga rendah.

Sebaliknya sistem TOT juga tidak berpengaruh nyata terhadap respirasi tanah (setelah olah tanah 1, 2, dan 3 HSO) karena pada lahan TOT tidak dilakukan pengolahan tanah, sehingga berbeda dengan OTI, kontak tanah dengan oksigen rendah. TOT memiliki residu tanaman yang tinggi akibat periode pemberaan lahan yang cukup lama (27 tahun). Residu tanaman digunakan sebagai mulsa yang dibiarkan untuk menutupi permukaan tanah, sehingga memiliki bahan organik yang tinggi. Bahan organik dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai sumber energi dalam proses dekomposisi. Menurut Foth (1991) bahwa proses dekomposisi bahan organik tanah mampu menghasilkan unsur hara dan akan melepaskan CO_2 ke udara akibat dari aktivitas mikroorganisme tanah. Walaupun bahan organik tanah tinggi dan mikroorganisme tinggi pada TOT tetapi mikroorganisme tanah menjadi dorman atau sedikit yang beraktivitas dapat menyebabkan respirasi tanah

Tabel 7. Uji korelasi C-organik tanah, N organik tanah, C/N tanah, kelembaban tanah, suhu tanah dan pH tanah terhadap respirasi tanah pada -1HSO, 1HSO, 2HSO dan 3HSO

Respirasi tanah	C-organik tanah	N organik tanah	C/N tanah	Kelembaban tanah	Suhu tanah	pH tanah
.....Koefisien Korelasi (r)						
-1 HSO	0,13 ^{tn}	-0,16 ^{tn}	0,42 ^{tn}	-0,11 ^{tn}	-0,09 ^{tn}	0,26 ^{tn}
1 HSO	0,11 ^{tn}	0,05 ^{tn}	0,07 ^{tn}	-0,37 ^{tn}	0,51 [*]	-0,25 ^{tn}
2 HSO	-0,24 ^{tn}	-0,25 ^{tn}	0,09 ^{tn}	0,01 ^{tn}	0,53 [*]	0,12 ^{tn}
3 HSO	-0,11 ^{tn}	-0,31 ^{tn}	0,35 ^{tn}	-0,55 [*]	0,13 ^{tn}	0,11 ^{tn}

Keterangan: * = berbeda nyata, tn = tidak berbeda nyata, HSO = hari sebelum/setelah olah tanah

menurun. Menurut Utomo (2012), TOT memiliki residu tanaman yang tinggi untuk menutupi permukaan tanah, akan tetapi hanya sedikit yang berkontak dengan tanah dan mikroorganisme tanah, sehingga menghambat laju kehilangan gas CO_2 dan kadar O_2 juga rendah menyebabkan proses dekomposisi bahan organik tanah yang dilakukan oleh mikroorganisme tanah menjadi lambat. Sehingga respirasi tanah yang dihasilkan juga rendah. Hal tersebut memungkinkan untuk menghasilkan respirasi tanah pada sistem TOT dan OTI sama.

Pada grafik hasil pengamatan respirasi tanah (Gambar 1), menunjukkan bahwa pengamatan pada -1 HSO sampai dengan pengamatan 3 HSO mempunyai pola respirasi yang berbeda. Pada pengamatan -1 HSO, sampai dengan pengamatan

3 HSO memiliki pola kecenderungan yang sangat signifikan yakni pada perlakuan N_1T_0 (pemupukan nitrogen 100 kg N ha^{-1} dan tanpa olah tanah) dan N_1T_1 (pemupukan nitrogen 100 kg N ha^{-1} dan olah tanah intensif). Pada perlakuan N_1T_1 (pemupukan nitrogen 100 kg N ha^{-1} dan olah tanah intensif) mengikat atau memiliki respirasi lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan N_1T_0 (pemupukan nitrogen 100 kg N ha^{-1} dan tanpa olah tanah), N_0T_1 (pemupukan nitrogen 0 kg N ha^{-1} dan olah tanah intensif), dan N_0T_0 (pemupukan nitrogen 0 kg N ha^{-1} dan tanpa olah tanah).

Pada kombinasi perlakuan N_1T_1 (pemupukan nitrogen 100 kg N ha^{-1} dan olah tanah intensif) respirasi tanah yang dihasilkan memiliki pola kecenderungan yang meningkat pada pengamatan -1 HSO sampai 3

HSO. Hal ini diduga karena adanya pengaruh pengolahan tanah. Pengolahan tanah yang dilakukan secara intensif yakni mengolah tanah dengan cara pencangkulan sebanyak dua kali atau lebih dengan kedalaman 0-20 cm, permukaan tanah diusahakan bersih dari serasah dan gulma, dan lapisan tanah diusahakan cukup gembur, akan tetapi tidak mampu menahan laju aliran air permukaan yang mengalir deras, sehingga banyak pertikel tanah yang mengandung humus dan hara tergerus dan terbawa oleh air. Oleh karena laju evaporasi cukup tinggi maka lapisan olah tanah yang tanpa ditutupi dengan mulsa tersebut tidak mampu menahan aliran uap air ke atas (atmosfer) mengakibatkan O_2 (oksigen) masuk kedalam tanah sehingga banyak mikroorganisme tanah kontak terhadap partikel tanah, dan mengakibatkan aerasi meningkat sehingga pelupukan bahan organik tanah menghasilkan gas CO_2 meningkat dan respirasi yang dihasilkan pun meningkat. Utomo (2012), menyatakan bahwa olah tanah intensif (OTI) berperan dalam memasok gas CO_2 ke atmosfer. Pengolahan tanah OTI membalik tanah dan membuka tanah dapat memacu oksidasi dan aliran gas CO_2 dan dapat mempercepat pelepasan gas CO_2 . Dengan demikian respirasi yang dihasilkan pun akan meningkat.

Peningkatan oksigen (O_2) di dalam tanah dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah dalam mendekomposisi bahan organik tanah dan keadaan aerasi tanah yang baik lebih memudahkan oksigen (O_2) masuk ke dalam tanah. Hal ini sesuai lingkungan yang dikehendaki oleh organisme tanah untuk dapat mendekomposisi bahan organik tanah (Sarief, 1985

dalam Fernando, 2010). Pada saat terjadi penguraian bahan organik tanah, banyak unsur karbon (CO_2) yang hilang ke udara (Aksi Agraris Konisius, 1992), karena tidak adanya mulsa. Luo dan Zhou, 2006 dalam Utomo (2012) menyatakan bahwa dengan tidak adanya serasah pada permukaan tanah mempermudah aliran gas CO_2 ke atmosfer. Suhu dan kelembaban juga mempengaruhi respirasi tanah pada pengamatan -1, 1, 2, dan 3 HSO. Pada pengamatan tersebut memiliki rata-rata suhu dengan nilai $31,75^{\circ}\text{C}$. Menurut Sumarsih (2003), suhu optimal yang dikehendaki oleh mikroba sebesar $25-37^{\circ}\text{C}$. Dan memiliki rata-rata kelembaban dengan nilai 27,75%. Kelembaban tersebut belum optimal untuk pertumbuhan mikroba. Sumarsih (2003), menyatakan bahwa lingkungan yang cocok untuk pertumbuhan mikroba dengan memiliki nilai kelembaban sebesar 9,0-9,7%.

Sebaliknya pada kombinasi perlakuan N_1T_0 (pemupukan nitrogen 100 kg N ha^{-1} dan tanpa olah tanah) respirasi tanah yang dihasilkan memiliki pola kecenderungan yang menurun pada pengamatan -1 HSO sampai 3 HSO. Hal ini diduga tidak adanya pengaruh pengolahan tanah. Pada TOT tanah tidak diolah sama sekali, dibiarkan tidak terganggu kecuali alur kecil atau lubang tugal untuk penempatan benih, semua serasah dan gulma digunakan sebagai mulsa. Oleh karena pada lahan TOT tidak dilakukan pengolahan tanah dan bahan organik tanah pada perlakuan TOT lebih tinggi dibandingkan dengan OTI dapat meningkatkan dekomposisi bahan organik tanah oleh mikroorganisme tanah. Dengan adanya mulsa pada TOT dapat mengakibatkan dekomposisi bahan

organik tanah yang dilakukan mikroorganisme tanah menjadi tinggi. Akan tetapi karena tanah TOT tidak diolah, walaupun BOT tinggi, mikroorganisme tanah tinggi, banyak mikroorganisme tanah menjadi dorman atau sedikit yang beraktivitas, oksigen (O_2) yang masuk ke dalam tanah menjadi sedikit sehingga respirasi tanah yang dihasilkan pun rendah.

Menurut Utomo (2012), TOT memiliki residu tanaman yang tinggi untuk menutupi permukaan tanah, akan tetapi hanya sedikit yang berkontak dengan tanah dan mikroorganisme tanah, sehingga menghambat laju kehilangan gas CO_2 dan kadar O_2 juga rendah menyebabkan proses dekomposisi bahan organik tanah yang dilakukan oleh mikroorganisme tanah menjadi lambat. Sehingga respirasi tanah yang dihasilkan juga rendah. Suhu dan kelembaban juga mempengaruhi respirasi tanah pada pengamatan -1, 1, 2 dan 3HSO memiliki rata-rata suhu dengan nilai $31,00^{\circ}\text{C}$, suhu tersebut cocok untuk aktivitas mikroba. Menurut Sumarsih (2003), suhu optimal yang dikehendaki oleh mikroba sebesar $25-37^{\circ}\text{C}$ dan memiliki nilai rata-rata kelembaban sebesar 29,00%, kelembaban tersebut belum optimal untuk pertumbuhan mikroba. Sumarsih (2003), menyatakan bahwa lingkungan yang cocok untuk pertumbuhan mikroba dengan memiliki nilai kelembaban sebesar 9,0-9,7%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Utomo (2012), menunjukkan bahwa emisi gas CO_2 dari perlakuan sistem OTI sepanjang musim secara konsisten lebih tinggi dibanding olah tanah lainnya, dan sebaliknya emisi CO_2 dari TOT adalah yang terendah, dilihat dari penelitian pengukuran sepanjang musim tanam jagung,

rerata emisi gas CO_2 -OTI, OTM dan TOT berturut-turut adalah 11,0, 4,2 dan 2,6 kg C- CO_2 /ha/hari, dengan nisbah IT/MT 2,6 dan IT/TOT 4,1.

Hasil ringkasan uji korelasi (Tabel 7) menunjukkan bahwa respirasi (emisi CO_2 tanah) tidak berkorelasi dengan C-organik tanah, N organik tanah, C/N tanah dan pH tanah. Namun berkorelasi dengan kelembaban tanah dan suhu tanah. Pada respirasi tanah secara nyata berkorelasi dengan kelembaban tanah dan suhu tanah.

Kelembaban tanah dan suhu tanah merupakan dua faktor penentu yang penting pada proses respirasi tanah (Irawan dan June, 2011). Irawan, (2009) menyatakan kelembaban dan suhu tanah sangat berpengaruh terhadap produksi CO_2 , dan peningkatan suhu tanah akan meningkatkan CO_2 . Meningkatnya suhu tanah dapat meningkatkan respirasi tanah. Hal ini diduga karena respirasi tanah berkorelasi terhadap perubahan suhu. Hakim dkk., (1986) mengatakan bahwa respirasi dipengaruhi oleh suhu, umumnya laju respirasi akan menjadi rendah pada suhu yang rendah pula dan meningkat pada suhu yang tinggi.

Tabel 3 menunjukkan bahwa sistem olah tanah jangka panjang berpengaruh terhadap C-organik tanah. Pada sistem tanpa olah tanah (TOT) lebih tinggi dalam meningkatkan C-organik tanah dengan nilai 1,31 % dibandingkan pada sistem olah tanah intensif (OTI) dengan nilai 1,18% dijelaskan pada uji BNJ taraf nyata 5% pengaruh sistem olah tanah jangka panjang mampu meningkatkan C-organik tanah secara ringkas tertera pada Tabel 3. Hal ini diduga karena adanya peningkatan C-organik tanah disebabkan oleh kandungan

bahan organik tanah yang semakin tinggi akibat serasah pada TOT mengalami dekomposisi sehingga menghasilkan senyawa-senyawa organik (Antari dkk., 2012). Dengan adanya residu tanaman (mulsa) pada TOT dapat menekan aliran permukaan dan erosi tanah, meningkatkan siklus hara, meningkatkan keanekaragaman hayati tanah, meningkatkan ketersediaan air, meningkatkan agregasi tanah dan meningkatkan penyimpanan karbon tanah (Utomo, 2004). Residu tanaman (mulsa) pada TOT dibiarkan menutupi permukaan tanah, dan hanya sedikit yang berkontak dengan tanah dan mikroorganisme tanah, sehingga menghambat laju kehilangan gas CO_2 (Utomo, 2012). Sedangkan pada OTI dilakukan pengolahan tanah yang dapat memperluas permukaan tanah, meningkatkan porositas tanah, sehingga banyak O_2 yang masuk ke dalam tanah sehingga dapat meningkatkan proses dekomposisi BOT dan residu tanaman oleh mikroba tanah serta tidak adanya mulsa serasah akan mempermudah lepasnya gas CO_2 (Luo dan Zhou, 2006).

Tabel 4 menunjukkan bahwa pemupukan nitrogen jangka panjang berpengaruh terhadap C-organik tanah. Pengaruh pemupukan nitrogen 0 kg N ha^{-1} lebih tinggi dalam meningkatkan C-organik tanah dengan nilai 1,30 % dibandingkan pada pemupukan nitrogen 100 kg N ha^{-1} dengan nilai 1,18% dijelaskan pada uji BNJ taraf nyata 5% pengaruh pemupukan nitrogen jangka panjang mampu meningkatkan

C-organik tanah secara ringkas tertera pada Tabel 4. Hal ini diduga karena pada pemupukan nitrogen 100 kg N ha^{-1} terjadi *leaching* (pencucian) yang

diakibatkan pengolahan tanah secara intensif sehingga partikel tanah yang mengandung humus dan hara hilang (tergerus) terbawa air, kemudian pada musim kemarau terjadi evaporasi yang cukup tinggi maka lapisan olah tanah yang tanpa ditutupi mulsa tidak mampu menahan aliran uap air ke atas sehingga tanaman mengalami kekeringan dan produktivitas lahan menurun, serta dapat memacu erosi dan mempercepat pelapukan bahan organik tanah (BOT), akibatnya kesuburan tanah dapat terkuras dan produktivitas lahan untuk jangka panjang dapat menurun dan dapat mengakibatkan berkurangnya kemampuan tanah untuk menahan air, berkurangnya ketersediaan hara, berkurangnya biodiversitas tanah dan bertambahnya kehilangan pupuk sehingga akan mengurangi produktivitas tanah (Utomo, 2012). Sedangkan pada pemupukan nitrogen 0 kg N ha^{-1} masih mempertahankan bahan organik tanah yang ada di dalam tanah pada sistem TOT. Oleh karena pada TOT tidak dilakukan pengolahan tanah sama sekali dan menggunakan residu tanaman sebagai mulsa sehingga pori-pori tanah tidak terbuka sehingga dapat menekan terjadinya *leaching*, dapat menekan aliran permukaan dan erosi tanah, meningkatkan siklus hara, meningkatkan keanekaragaman hayati tanah, meningkatkan ketersediaan air, meningkatkan agregasi tanah dan meningkatkan penyimpanan karbon tanah (Utomo, 2004).

Tabel 5 menunjukkan bahwa sistem olah tanah jangka panjang berpengaruh terhadap N organik tanah. Pada Tabel 5 menunjukkan bahwa pengaruh sistem tanpa olah tanah (TOT) lebih tinggi dalam meningkatkan N organik tanah dengan nilai 0,16 % dibandingkan

pada sistem olah tanah intensif (OTI) dengan nilai 0,13 % dijelaskan pada uji BNJ taraf nyata 5% pengaruh sistem olah tanah jangka panjang mampu meningkatkan N organik tanah secara ringkas tertera pada Tabel 5. Hal ini diduga karena adanya pengolahan tanah dan tidak adanya serasah tanaman pada OTI yang berdampak memperluas permukaan tanah dan meningkatkan porositas tanah sehingga terjadi erosi pada tanah, dapat meningkatkan pelapukan BOT, akibatnya banyak O₂ yang masuk ke tanah dan memacu proses dekomposisi (respirasi) oleh mikroorganisme tanah dan meningkatkan gas CO₂. Meningkatkannya porositas tanah akibat erosi dapat mempermudah lepasnya gas CO₂ hasil dekomposisi ke udara. Sedangkan pada TOT tanah tidak terganggu dan tidak dilakukan pengolahan tanah sama sekali serta terdapat serasah tanaman yang digunakan sebagai mulsa, dapat meningkatkan BOT, sehingga O₂ yang masuk ke dalam tanah rendah yang berakibat pada rendahnya respirasi tanah (Rastogi dkk., 2002).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Respirasi tanah satu hari sebelum sampai tiga hari setelah tanah diolah pada olah tanah intensif (OTI) sama dengan sistem tanpa olah tanah (TOT).
2. Respirasi tanah -1 HSO sampai 3 HSO pada pemupukan nitrogen (100 N $kg\ ha^{-1}$) yang diberikan pada musim tanam sebelumnya sama dengan tanpa pemupukan (0 kg N ha^{-1}).
3. Tidak terjadi interaksi antara sistem olah tanah dan pemupukan nitrogen pada respirasi tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Aksi Agraris Konisius (AAK). 1992. *Dasar-Dasar Bercocok Tanam*. Yogyakarta: Kanisius. 218 hlm.
- Anas, I. 1989. *Biologi Tanah dalam Praktek*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor. 161 hlm.
- Antari, R., Wawan dan G. ME. Manurung. 2012. *Pengaruh Mulsa Organik Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Tanah serta Pertumbuhan Akar Kelapa Sawit*. Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian. Universitas Riau. 13 hlm.
- Foth, H.D., L.M. Turk. 1991. Fundamentals of Soil Science. Fifth Edition. New York: John Wiley & Son, Inc.
- Hakim, N., Y. Nyakpa, A.M Lubis, S.G. Nugroho, M.R Saul, M.A Dina, B.H. Go dan H.H Bailey. 1986. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung. 490 hlm.
- Handayani, E.P., K. Idris, S. Sabiham, S. Djuniwati, dan M.V. Noordwijk. 2009. Emisi CO₂ pada Kebun Kelapa Sawit di Lahan Gambut: Evaluasi Fluks CO₂ di Daerah Rizosfer dan Non Rizosfer. *Jurnal Tanah dan Lingkungan* 11(1): 8-13.
- Irawan, A. 2009. Hubungan Iklim Mikro dan Bahan Organik Tanah dengan Emisi CO₂ dari Permukaan Tanah Di Hutan Alam Babahaleke Taman Nasional Lore Lindu, Sulawesi Tengah. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Irawan, A dan June, T. 2011. Hubungan Iklim Mikro dan Bahan Organik Tanah dengan Emisi CO₂ dari Permukaan Tanah di Hutan Alam Babahaleke Taman Nasional Lore Lindu, Sulawesi Tengah. *Jurnal Agromet* 25(1): 1-8.
- Lal, R. 2006. No-Till Farming Offers a Quick Fix to Help Ward Off Host Global Problem. Ohio State Research News. USA.
- Luo, Y and X. Zhou. 2006. Soil Respiration and The Environment. Academic Press. Burlington, MA, USA/Elsevier, Inc. 316p.
- Mawardiana, Sufardi, dan E. Husen. 2013. Pengaruh Residu Biochar dan Pemupukan NPK Terhadap Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Serta Hasil Tanaman Padi Musim Tanam Ke Tiga. *Jurnal Konservasi Sumber Daya Lahan* 1(1): 16-23.
- Maysaroh. 2011. Hubungan Kualitas Bahan Organik Tanah dan Laju Respirasi Tanah di beberapa Lahan Budidaya. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Paul, E. 2007. Soil Microbiology, Ecology and biochemistry. Elsevier. Amsterdam. Third Edition.
- Rastogi M, S. Singh, and H. Pathak. 2002. Emission of carbon dioxide from soil. *Current Science* 82 (5): 510-517.
- Sarieff, E.S. 1985. *Ilmu Tanah Pertanian*. Pustaka Buana. Bandung. 157 hlm.

- Syahrinuddin. 2005. The Potential of Oil Palm and Forest Plantations for Carbon Sequestration on Degraded Land in Indonesia. *Ecology and Development Series No.28*. Cuvillier Verlag Gottingen.
- Utomo, M. 2004. *Olah Tanah Konservasi Untuk Budidaya Jagung Berkelanjutan*. Prosiding Seminar Nasional IX Budidaya Pertanian Olah Tanah Konservasi. Gorontalo, 6-7 Oktober, 2004, pp. 18-35.
- Utomo, M. 2012. Tanpa *Olah Tanah*. *Teknologi Pengelolaan Pertanian Lahan Kering*. Lembaga Penelitian Universitas Lampung.
- Widiyono, H. 2005. Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Pertanaman Terhadap Erosi Tanah. *Jurnal Akta-Agrosia*. 8(2): 74-79.