

## **Studi Sifat Biologi, Fisika dan Kimia Tanah pada Pertanaman Kulit Manis Dataran Tinggi**

**Weni Wilia\*, Yulia Morsa Said Rambe, Agus Kurniawan<sup>1</sup>**

Jurusan Agroekoteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Jambi

Jl. Raya Jambi – Ma. Bulian KM. 15 Kampus Pinang Masak, Mendalo Darat, 36361

email : [weni.wilia@unja.ac.id](mailto:weni.wilia@unja.ac.id) (\*Penulis untuk korespondensi)

### **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sifat fisika, biologi dan kimia tanah serta stok karbon organik pada pertanaman kulit manis dataran tinggi. Hal ini diperlukan untuk melihat potensi simpan stok karbon pada tanah dan faktor-faktor yang mempengaruhinya dalam hal ini dikaitkan dengan mikroba rizosfer yang berada di sekitar tanaman khususnya cendawan tanah. Eksplorasi mikroba rizosfer yang berada pada sekitar tanaman kayu manis yang berpotensi untuk dikembangkan. Didapatkan cendawan rizosfer yang berpotensi sebagai agens biologi sehingga bisa dimanfaatkan untuk pertanian ramah lingkungan. Hasil isolasi mikroba rizosfer pada tanah sampel, didapatkan cendawan *Aspergillus* spp., *Rhizopus* spp., *Trichoderma* sp., *Penicillium* sp. Nilai C organik lokasi penelitian tergolong tinggi sampai sangat tinggi berkisar berkisar dari 3,47 % hingga 10,27, sedangkan N total berkisar antara 0,314 hingga 0,882%. yang tergolong sedang-tinggi. Nilai C:N rasio berkisar antara 7,99 hingga 13,27, dimana nilai ini tergolong rendah hingga tinggi. Kadar P pada lokasi penelitian berkisar antara 13,01 hingga 169,11 ppm yang tergolong sangat rendah hingga sangat tinggi. Sedangkan kadar K berkisar dari rendah hingga sangat tinggi, yakni berkisar dari 8,45 me/100g hingga 59,55 me/100g. Nilai kapasitas tukar kation (KTK) tanah-tanah dari wilayah pengamatan secara umum tergolong rendah, berkisar dari 25,49 me/100g hingga 47,50 me/100g dan pH tanah umumnya tergolong agak masam berkisar dari 5,87 hingga 6,39. Bobot isi (BV) tanah dilokasi penelitian berkisar dari 0,43 g/cc hingga 1,01 g/cc yang sesuai dengan kondisi tanah Andosol di lokasi penelitian. Pola hubungan antara nilai C organik terhadap pH (X1), N total (X2), P total (X3), K total (X4), KTK (X5), C/N rasio (X6), dan BV (X7) mempunyai model hubungan sebagai berikut :  $Y = -12,99 + 0,99 X1 + 11,01 X2 - 0,004 X3 + 0,005 X4 - 0,004 X5 + 0,695 X6 - 0,03 X7$  dengan  $R^2 = 0,99$ . N total merupakan variabel terpenting terkait keberadaan C organik di dalam tanah. Cadangan karbon bawah permukaan pada areal kayu manis dilokasi penelitian berkisar dari 4471,522 Mg C ha<sup>-1</sup> hingga 31059,67 Mg C ha<sup>-1</sup>.

*Kata kunci : Mikroba rizosfer, C organik tanah, sifat kimia tanah, sifat fisika tanah, kayu manis, dataran tinggi*

### **PENDAHULUAN**

Tanah merupakan penyimpan karbon terbesar dan memegang peranan penting dalam siklus karbon global. Berdasarkan penelitian Gardner dan Engelman (1999) sekitar 60% atau 500 milyar ton, tersimpan dalam tanah hutan dan akar-akar tumbuhan di dalam tanah,

sedangkan sisanya sekitar 40 % atau 330 milyar ton karbon tersimpan dalam bagian pohon dan bagian tumbuhan hutan lainnya diatas permukaan tanah.

Pendugaan karbon tersimpan pada berbagai jenis penggunaan lahan adalah hal penting dalam menduga besarnya perubahan cadangan karbon ketika terjadi perubahan penggunaan lahan, misalnya dari areal berhutan menjadi kebun atau sebaliknya dari tanah kosong menjadi areal bertutupan vegetasi hutan. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menduga simpanan karbon pada setiap jenis lahan. Namun sampai saat ini sepengetahuan penulis di Provinsi Jambi penelitian lebih banyak dilakukan pada lahan gambut dan dataran rendah, sedangkan informasi tentang cadangan karbon yang berasal dari daerah dataran tinggi belum banyak dilaporkan.

Tanaman kayu manis merupakan salah satu produk unggulan Provinsi Jambi, 85% nilai ekspor produk kulit manis berasal dari daerah ini. Luas areal perkebunan kulit kayu manis di Provinsi Jambi mencapai 47.192 Ha meliputi daerah Kabupaten Kerinci 40.962 Ha, Kota Sungai Penuh 347 Ha, Merangin 5.017 Ha, Sarolangun 633 Ha, dan Bungo 233 Ha (BPS Jambi 2013). Di Kabupaten Kerinci sistem penanaman kayu manis masih dilakukan secara tradisional oleh rakyat, yaitu dengan memanfaatkan lahan hutan.

Menurut Paul *et al.* (1997) yang diacu dalam The GEFSOC Project Team (2006), aktifitas konversi lahan seperti dari hutan ke penggunaan pertanian hampir selalu menyebabkan penurunan kapasitas resor (simpan) karbon, baik dalam bentuk biomassa maupun dalam kandungan bahan organik tanah. Penurunan cadangan karbon tanah gambut berarti terjadi pelepasan karbon tersebut ke udara salah satunya dalam bentuk gas CO<sub>2</sub> (Agus *et al.*, 2011). Terlepas ke atmosfer CO<sub>2</sub> ini akan menyumbang akan meningkatkan efek rumah kaca. Oleh karena itu maka penting sekali untuk mempertahankan kadar C (karbon) di dalam tanah, terutama terkait kemampuan vegetasi yang tumbuh diatasnya.

Jumlah karbon organik tanah antar lahan berbeda-beda, tergantung pada keanekaragaman dan kerapatan tumbuhan yang ada, jenis tanahnya serta cara pengelolaannya. Keanekaragaman mikroba rizosfer diduga juga berpengaruh terhadap jumlah karbon pada tanah. Penyimpanan karbon pada suatu lahan menjadi lebih besar bila kondisi kesuburan tanahnya baik, karena biomasa pohon meningkat, atau dengan kata lain di atas tanah (biomasa tanaman) ditentukan oleh besarnya di dalam tanah (bahan organik tanah) (Hairiah, *et al.* 2011).

Tanah di Indonesia, telah tereksplorasi dan terus berlangsung secara intensif untuk pertanian yang menghasilkan pengurangan signifikan stok karbon organik tanah dan mengurangi keanekaragaman mikroba. Namun, kecepatan perubahan fungsi baik pada lahan yang alami dan lahan yang berpotensi diubah belum dilakukan perhitungan secara sistematis.

Terutama pada lahan yang ditanam tanaman perkebunan. Oleh karena itu permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana kadar karbon organik tanah pada lahan yang ditanami kayu manis di daerah Kabupaten Kerinci. Selain itu apa saja sifat tanah (fisika maupun kimia) yang berperan dalam mempertahankan kadar karbon organik tanah yang ditanami kayu manis. Serta bagaimana model hubungan antara stok karbon organik tanah dan sifat fisika dan kimia tanah yang ditanami kayu manis.

## **METODE PENELITIAN**

### **Bahan dan Alat**

Bahan dan alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain peralatan lapangan untuk pengambilan sampel tanah utuh dan sampel tanah terganggu. Alat-alat isolasi sampel tanah untuk melihat keragaman mikroba tanah. Selain itu, bahan-bahan kimia dan alat laboratorium untuk keperluan analisis Carbon, media biakan (Martin Agar, Potato Dextrose Agar), alkohol, aquades, kaca objek dan penutup objek.

### **Metodologi Penelitian**

#### **a. Mikroba rizosfer**

##### **1. Isolasi cendawan tanah**

Isolasi cendawan tanah dilakukan dengan mengambil sampel tanah dari sekitar perakaran tanaman kayu manis. Tanah yang didapat dilakukan pengenceran bertingkat yaitu dengan cara mensuspensikan 10 gram sampel tanah dengan 90 ml aquades steril. Pengenceran dilakukan sampai  $10^{-3}$ . Pengkulturan cendawan dilakukan pada media Martin Agar (MA) yang telah ditambahkan *Streptomycin*. Pengamatan dan penghitungan populasi dilakukan setelah 3-5 hari inkubasi. Pengkategorian koloni cendawan dilakukan terhadap warna, ukuran, tipe dan bentuk pertumbuhan koloni. Cendawan yang berhasil diisolasi dimurnikan pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) dan disimpan sebagai koleksi.

#### **b. Sifat fisika, kimia tanah dan cadangan karbon tanah**

##### **1. Pengambilan Sampel Tanah**

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan cara pengambilan sampel berdasarkan Hairiah dan Rahayu (2007) dengan modifikasi. Tiap petak perlakuan diambil sampel tanahnya. Untuk sampel tanah utuh diambil menggunakan metode ring sampel, dan tanah terganggu diambil menggunakan bor tanah hingga kedalaman 0-30 cm.

##### **2. Analisis Laboratorium**

Analisis yang dilakukan yaitu sifat fisika dan sifat kimia tanah. Untuk sifat fisika tanah yang dianalisis yaitu nilai BV (bulk density), kadar pasir, debu dan liat. Untuk sifat kimia tanah yang dianalisis yaitu kadar C organik, bahan organik, N total, P total, serta basa-basa dapat ditukar ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ).

Untuk stok karbon tanah dihitung dengan menggunakan rumus dari Spiota and Sarma (2013) yaitu:

$$\text{SOC}_{\text{st}} = \% \text{ SOC}/100 \times \text{BD} \times \text{D} \times 100$$

dimana :  $\text{SOC}_{\text{st}}$  = Cadangan karbon organik tanah ( $\text{Mg C ha}^{-1}$ )

SOC = konsentrasi karbon organik tanah (%)

BD = Bulk density ( $\text{g cm}^3$ )

D = kedalaman sampel (cm)

100 = faktor konversi stok karbon tanah dari  $\text{g cm}^{-2}$  ke  $\text{Mg ha}^{-1}$

Dalam penelitian ini stok karbon tanah yang dihitung hingga kedalaman 30 cm.

### **c. Analisis Data**

Analisis korelasi Person ( $r$ ) digunakan untuk mengukur hubungan linear antara kadar bahan organik (%) (variabel dependen, Y) dan variabel lain (variabel independen, Xn) dan memiliki nilai antara +1 dan -1. Nilai korelasi dari 1 total positif korelasi, 0 ada korelasi, dan -1 total negatif korelasi. Korelasi ini digunakan untuk mengukur tingkat ketergantungan linier dan kekuatan hubungan antara variabel.

Variabel yang berkorelasi dengan SOC akan digunakan di stepwise analisis regresi (*step wise multiple regresion analysis*) untuk memprediksi kadar SOC. juga digunakan matriks korelasi Pearson ketika memilah variabel prediktor cocok untuk analisis regresi, serta menemukan antar-berkorelasi variabel yang harus diperhatikan dalam analisis regresi.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Karakteristik Sifat-Sifat Biologi, Kimia, dan Fisika Lokasi Penelitian**

Karakterisasi dilakukan terhadap beberapa sifat lahan, terutama yang dianggap mempunyai hubungan dengan kondisi karbon organik tanah. Karakterisasi ini dilakukan melalui pengukuran data dilapangan dan analisis laboratorium. Pengambilan contoh tanah dilakukan sampai kedalaman 30 cm dibawah permukaan tanah (dpt). Contoh-contoh tanah yang diukur adalah yang menggambarkan tingkatan produksi yang bervariasi rendah sampai tinggi di setiap titik sampel. Beberapa karakteristik lahan tersebut akan dinilai secara kualitatif berdasarkan kriteria PPT (1983). Gambaran karakteristik lahan di daerah penelitian ini selengkapnya akan diuraikan sebagai berikut:

## Sifat Biologi Tanah

Hasil pengamatan sampel tanah diperoleh berbagai mikroba rizosfer yang hidup disekitar akar tanaman kayu manis. Hasil isolasi mikroba rizosfer pada tanah sampel, didapatkan cendawan *Aspergillus* spp., *Rhizopus* spp., *Trichoderma* sp., *Penicillium* sp. Isolasi dilakukan pada beberapa konsentrasi pengenceran, 3 ulangan dan dilakukan 3 kali pengulangan isolasi didapatkan cendawan rizosfer yang tidak begitu beragam, hasil isolasi didominasi *Aspergillus* spp.



Gambar 1. . Hasil isolasi cendawan rizosfer pada lokasi penelitian

## Sifat Kimia Tanah

### *C-Organik, N-Total, C/N Ratio dan Bahan Organik*

Pengambilan sampel dilakukan di beberapa titik pengamatan lokasi perkebunan kayu manis yang berbeda. Hasil analisis terhadap contoh-contoh yang diambil menunjukkan bahwa nilai C-organik bervariasi pada semua lokasi sampel, dimana nilai C organik berkisar dari 3,47 % hingga 10,27%. Menurut kriteria PPT (1983), secara kualitatif kadar C-organik pada tanah-tanah tergolong tinggi sampai sangat tinggi. Nilai C-organik yang tinggi ini sesuai dengan kenyataan bahwa lokasi tempat tumbuhnya kayu manis menyerupai kondisi hutan yang kaya akan sisa tanaman yang mengalami dekomposisi menyumbangkan C organik dalam tanah.

Nilai kadar N total juga menunjukkan pola yang sama dengan kadar C organik tanah, dengan kondisi sekitar sedang hingga tinggi. Hasil analisis tanah pada tiap lokasi sampel berkisar antara 0,314% hingga 0,882%. Hal ini diduga karena tanah lokasi penelitian kaya akan bahan organik serta kondisi yang relatif alami, sehingga sumbangan N total hasil dari pelapukan bahan organik menjadi signifikan. Selain itu, dalam budidaya kulit manis, pengolahan tanah yang minim, malah cenderung tanpa pengolahan tanah menyebabkan hilangnya N dari tanah berkurang.

Indeks yang sering digunakan untuk menentukan kualitas bahan organik yang berkaitan dengan laju dekomposisi adalah C:N rasio. Perbandingan C:N sangat menentukan apakah bahan organik akan termineralisasi atau sebaliknya nitrogen yang tersedia akan terimmobilisasi kedalam struktur sel mikroorganisme. Pada lokasi penelitian, nilai C:N rasio berkisar antara 7,99 hingga 13,27, dimana nilai ini tergolong rendah hingga tinggi. Hal ini sesuai dengan kondisi lokasi penelitian dimana lokasi penelitian kaya akan bahan organik yang telah terdekomposisi secara sempurna.

Kadar bahan organik (BO) tanah diperoleh dengan perhitungan C organik dikalikan dengan 1,724 sebagai faktor konstanta. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai kandungan bahan organik termasuk kriteria tinggi dengan nilai berkisar 5,98% hingga 17,71%. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, nilai kandungan bahan organik ini diduga karena lokasi penelitian yang kaya akan pelapukan bahan organik disebabkan kondisi lingkungannya yang hampir menyerupai hutan sekunder.

#### ***Kadar P, K, dan KTK***

Nilai kadar P pada contoh tanah pada tiap lokasi penelitian berkisar antara 13,01 hingga 169,11 ppm. Berdasarkan kriteria PPT (1983), kadar P (Analisis Metode Bray I) < 4 ppm tergolong sangat rendah, kadar 5–7 ppm tergolong rendah, kadar 8–10 ppm tergolong sedang, kadar 11–15 ppm tergolong tinggi, kadar >15 ppm tergolong sangat tinggi. Dengan demikian kadar P pada lokasi penelitian bervariasi dari sangat rendah hingga sangat tinggi. Kondisi ini menunjukkan adanya variasi kandungan P yang diduga akibat kadar bahan organik tanah yang juga bervariasi pada lokasi penelitian.

Beberapa karakteristik lahan yang terkait dengan kemampuan tanah dalam mensuplai hara diantaranya adalah kation-kation basa, dan nilai KTK tanah. Kation-kation basa yang banyak diukur dalam kompleks jerapan adalah K. Berdasarkan kriteria PPT (2003), contoh-contoh tanah dari daerah pengamatan memiliki kadar K pada tanah-tanah pada titik pengamatan berkisar dari rendah hingga sangat tinggi. Kadar terendah yakni sebesar 8,45 me/100g. Sementara nilai K kategori sangat tinggi yakni sebesar 59,55 me/100g.

Nilai kapasitas tukar kation (KTK) tanah-tanah dari wilayah pengamatan secara umum tergolong tinggi hingga sangat tinggi. Nilai KTK berkisar dari 25,49 me/100g hingga 47,50 me/100g. Nilai KTK sangat dipengaruhi oleh koloid dalam tanah. Baik koloid organik seperti humus, serta koloid anorganik seperti mineral liat. Dalam hal ini tingginya KTK tanah diduga karena tingginya bahan organik yang signifikan dalam tanah. Selain itu,

tanah lokasi penelitian yang merupakan tanah Andosol merupakan tanah dengan KTK tinggi karena mengandung mineral alofan.

### **Nilai pH (H<sub>2</sub>O)**

Kadar kemasaman tanah dinyatakan dengan nilai pH tanah. Hal ini berhubungan erat dengan kadar H dalam larutan tanah. Nilai pH tanah berkaitan dengan jerapan beberapa unsur beracun yang terlarut dalam tanah seperti Al dan Fe. Untuk tanah-tanah pada lokasi penelitian, pH tanah umumnya tergolong masam hingga agak masam berkisar dari 5,87 hingga 6,39. Nilai pH ini sesuai dengan kondisi tanah lokasi penelitian yang tergolong tanah order Andosol yang memang tanah yang tergolong agak masam.

### **Sifat Fisika Tanah**

Sifat fisika yang terkait penting dalam mengkaji cadangan karbon tanah adalah bulk density/ bobot isi (BV). Hasil analisis menunjukkan nilai bobot isi (BV) tanah dilokasi penelitian berkisar dari 0,43 g/cc hingga 1,01 g/cc. Nilai ini sesuai dengan kondisi tanah Andosol yang memang berkisar kurang dari 0,9 g/cc (Hardjowigeno, 1992). Bobot isi sangat dipengaruhi oleh kadar bahan organik dan pengolahan tanah. Tanah dilokasi penelitian mempunyai kadar bahan organik yang tinggi serta minim pengolahan tanah, sehingga pemadatan tanah tidak terjadi.

### **Hubungan C Organik dengan Sifat Tanah yang Diamati**

Hasil pengamatan karakteristik tanah pada lokasi penelitian menunjukkan hubungan yang bervariasi terhadap kadar karbon organik tanah. Dalam analisis regresi ini, nilai C organik sebagai variable dependen (Y) dan nilai sifat tanah yang lain sebagai variabel bebas/ independen.

Secara umum, terlihat pola hubungan antara nilai C organik terhadap pH (X1), N total (X2), P total (X3), K total (X4), KTK (X5), C/N rasio (X6), dan BV (X7) mempunyai model hubungan sebagai berikut :  $Y = -12,99 + 0,99 X_1 + 11,01 X_2 - 0,004 X_3 + 0,005 X_4 - 0,004 X_5 + 0,695 X_6 - 0,03 X_7$  dengan  $R^2 = 0,99$ . Dari hasil analisis terlihat bahwa hasil analisis sangat signifikan dengan nilai R square lebih dari 75%. Hal ini menunjukkan bahwa 99 persen fenomena C organik dapat dijelaskan oleh ketujuh variabel yang diamati sedangkan sisanya diduga dipengaruhi oleh faktor lain.

Lebih lanjut, secara terpisah, hasil analisis memperoleh hubungan pengaruh terbesar dari ketujuh faktor variabel bebas terhadap variabel dependen (C organik) yaitu dimiliki oleh

nilai N total dengan R square sebesar 84%. Hal ini menunjukkan N total mempunyai peran penting terkait keberadaan C organic di dalam tanah. Persamaan hubungan antara C organic dan N total adalah  $Y = -1,002 + 11,5 N \text{ total}$ . Jelas terlihat dalam persamaan bahwa semakin tinggi nilai N total, maka C organic akan ikut bertambah kadarnya. Secara sederhana dapat dikatakan bahwa menjaga kadar N total dalam tanah akan berpengaruh nyata terhadap kadar cadangan karbon organik tanah.

### **KESIMPULAN**

Nilai C organic lokasi penelitian tergolong tinggi sampai sangat tinggi berkisar berkisar dari 3,47 % hingga 10,27, sedangkan N total berkisar antara 0,314 hingga 0,882% yang tergolong sedang-tinggi. Nilai C:N rasio berkisar antara 7,99 hingga 13,27, dimana nilai ini tergolong rendah hingga tinggi. Kadar P pada lokasi penelitian berkisar antara 13,01 hingga 169,11 ppm yang tergolong sangat rendah hingga sangat tinggi. Sedangkan kadar K berkisar dari rendah hingga sangat tinggi, yakni berkisar dari 8,45 me/100g hingga 59,55 me/100g. Nilai kapasitas tukar kation (KTK) tanah-tanah dari wilayah pengamatan secara umum tergolong rendah, berkisar dari 25,49 me/100g hingga 47,50 me/100g dan pH tanah umumnya tergolong agak masam berkisar dari 5,87 hingga 6,39. Bobot isi (BV) tanah dilokasi penelitian berkisar dari 0,43 g/cc hingga 1,01 g/cc yang sesuai dengan kondisi tanah Andosol di lokasi penelitian. Pola hubungan antara nilai C organic terhadap pH (X1), N total (X2), P total (X3), K total (X4), KTK (X5), C/N rasio (X6), dan BV (X7) mempunyai model hubungan sebagai berikut :  $Y = -12,99 + 0,99 X1 + 11,01 X2 - 0,004 X3 + 0,005 X4 - 0,004 X5 + 0,695 X6 - 0,03 X7$  dengan  $R^2 = 0,99$ . N total merupakan variabel terpenting terkait keberadaan C organic di dalam tanah

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Terima kasih diucapkan kepada Universitas Jambi yang telah membiayai penelitian kelompok ini melalui DIPA Universitas Jambi

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Aerts, R. and H. Caluwe. 1999 Nitrogen Deposition Effects on Carbon Dioxide and Methane Emissions Temperate Peatland Soils. *Oikos*. 84 (1): 44-54.
- Agus F, Hairiah K, Mulyani A. 2011. Pengukuran Cadangan Karbon Tanah Gambut. *Petunjuk Praktis*. World Agroforestry Centre-ICRAF, SEA Regional Office dan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Bogor, Indonesia. 58 p
- Bappenas. 2004. Sumberdaya Alam dan Lingkungan hidup Indonesia. Antara Krisis dan Peluang. Jakarta

- Erwina, I., H. Junedi., dan I.A.M. Mahbub. 2012. Aplikasi Kompos Ara Sunsang dan Kotoran Sapi untuk Memperbaiki Kepadatan Ultisol dan Hasil Kacang Tanah. *J. Hidrolitan.*, Vol 3 : 1 : 16 – 23. ISSN 2086 – 4825.
- Farni, Y. 2013. Pemanfaatan Biochar Sebagai Bahan Pembenh Tanah Untuk Memperbaiki Kesuburan Tanah Ultisol dan Responnya Terhadap Hasil Kedelai. *J. Hidrolitan.*, Vol 3 : 2 : 23 – 32. ISSN 2086 - 4825
- Gardner, T. And R . Engelman. 1999. *Forest Futures*. Population Action International Washington D.C.
- Hairiah K, dan S. Rahayu. 2007. Pengukuran ‘karbon tersimpan’ di berbagai macam penggunaan lahan. Bogor. World Agroforestry Centre - ICRAF, SEA Regional Office, University of Brawijaya, Unibraw, Indonesia. 77p.
- Hairiah K, Ekadinata A, Sari RR, Rahayu S. 2011. Pengukuran Cadangan Karbon: dari tingkat lahan ke bentang lahan. Petunjuk praktis. Edisi kedua. Bogor, World Agroforestry Centre, ICRAF SEA Regional Office, University of Brawijaya (UB), Malang, Indonesia xx p
- Jarecki, M.K and R. Lal. 2003. Crop management for soil carbon sequestration. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22(5):471–502 (2003). ISSN: 1040-8371.
- Kuswandora, V.D. 2011. Emisi Gas CO<sub>2</sub> dan Neraca Karbon pada Lahan Jagung, Kacang Tanah, dan Singkong di Kecamatan Ranca Bungur, Bogor. Skripsi. Insitut Pertanian Bogor. Tidak Dipublikasikan
- Mahbub, IA dan Margarettha. 2012. Penggunaan *Asystasia gangetica* (L.) T. Anderson Sebagai Pupuk Hijau Untuk Memperbaiki Beberapa Sifat Kimia Ultisol dan Hasil Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). *J. Hidrolitan.*, Vol 3 : 2 : 33 – 40. ISSN 2086 - 4825
- Murdiyarto, D., U. Rosalina., K. Hairiah., L. Muslihat., I.N.N. Suryadiputra., dan A. Jaya. 2004. Petunjuk Lapangan. Pendugaan Cadangan Karbon pada Lahan Gambut. Wetland International-Indonesia Programme
- Shelukindo H. B, Semu E., Msanya B. M., Singh B. R. and Munishi P. K. T. 2014. Predictor variables for soil organic carbon contents in the Miombo woodlands ecosystem of Kitonga forest reserve, Tanzania. *International Journal of Agricultural Sciences* ISSN: 2167-0447 Vol. 4 (7), pp. 222-231. Available online at [www.internationalscholarsjournals.org](http://www.internationalscholarsjournals.org) © International Scholars Journals.
- Sutaryo, D. 2009. Perhitungan Biomassa. Sebuah pengantar untuk studi karbon dan perdagangan karbon. Wetlands International Indonesia Programme. Bogor
- Syamani, Arfa A.R, Susilawati, dan Yusanto N. 2012. Cadangan Karbon di Atas Permukaan Pada Berbagai Sistem Penutupan Lahan di Sub Sub DAS Amandit. *Jurnal Hutan Tropis* Vol. 13 No 2. September 2012.
- Syaufina dan Ikhsan. 2013. Estimasi Simpanan Karbon di Atas Permukaan Lahan Reklamasi Bekas Tambang PT ANTAM UBPE Pongkor, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Silviculture Tropika*. Vol. 4 No. 2, Agustus 2013. Hal. 100-107
- The GEFSOC Project Team. 2006. Assesment of Soil Organic Carbon Stocks and Change at National Scale. Technical Report of The Global Environment Facility Co-Financed Project No. GFL-2740-02-4381. Coordinated by The University of Reading, UK and GEF Implementing Agency, The United Nation Environment Programme.