

HUBUNGAN ANTARA STATUS C-ORGANIK DAN STABILITAS AGGREGAT TANAH KEBUN PERCOBAAN LIMAU MANIS PADANG PADA BEBERAPA PENGGUNAAN LAHAN

Yulnafatmawita

Laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang

Abstract

Organic matter is one of soil bonding agent in formation and stabilization of soil aggregates or soil structure. Since it affects several other soil properties, soil structure is considered as a determinant for soil quality. Therefore, depletion of organic matter content in a soil will cause soil degradation and consequently environmental pollution. This research was aimed to determine org-C status of Ultisols Limau Manis and the relationship to aggregate stability, as affected by land use change. The results showed that soil organic-C decreased by approximately 42% (from 9.86% to 5.75%) and by 55% (from 9.86% to 4.42%) at 0-10 cm depth and by 45% (from 3.79% to 2.09%) and 18% (from 3.79% to 3.10%) at 10-20 cm depth as land use was changed from forested ecosystem to perennial and annual crops, respectively, in Ultisols Limau Manis Padang. There was a tendency of positive correlation between soil org-C status and the aggregate stability, or negative correlation between org-C status and the dispersion ratio (DR). Between both depths, 10-20 cm depth showed a stronger correlation than that of 0-10 cm depth.

Key words: org-C, land use change, dispersion ratio, aggregate stability

PENDAHULUAN

Perubahan penggunaan lahan atau pengalih-fungsian lahan yang disertai dengan perbedaan perlakuan yang diberikan, khususnya cara pengelolaan tanahnya. Aktifitas tersebut sangat besar pengaruhnya terhadap status bahan organik dan kondisi struktur tanah suatu lahan. Hal ini disebabkan karena bahan organik bersifat dinamis, yaitu berubah dengan waktu, lokasi (iklim), dan kondisi lingkungan. Pada ekosistem alami, laju kehilangan bahan organik akibat oksidasi biologi akan terimbangi oleh bahan organik yang terakumulasi dari sisa tanaman dan makhluk hidup di atasnya. Akan tetapi, pada tanah yang diolah untuk praktek pertanian sangat mungkin terjadi kesenjangan antara input dan output bahan organik tanah. Hal ini dipengaruhi oleh jenis tanah, iklim daerah setempat dan tipe pengolahan yang berkaitan dengan jumlah energi input yang diterima lahan.

Ultisols pada umumnya mempunyai sifat fisik tanah yang kurang menguntungkan, seperti agregat kurang stabil, distribusi pori tidak seimbang,

infiltrasi dan permeabilitas rendah. Hal ini disebabkan karena secara umum tekstur tanahnya berliat tinggi, bahan organik rendah, sehingga granulasi butir dalam pembentukan agregat hanya didominasi oleh koloid liat. Oleh sebab itu, penggunaan tanah Ultisol untuk usaha pertanian tanpa mengelola bahan organik dan tanahnya dengan tepat akan menyebabkan penurunan kualitas dan produktifitas lahan. Kerusakan lahan akan dipercepat pada daerah berlereng curam dan bercurah hujan tinggi, seperti Ultisol Limau Manis. Hal ini disebabkan karena pada laju curah hujan yang lebih tinggi dari laju infiltrasi akan menyebabkan runoff dan akhirnya erosi.

Bahan organik, sebagai bahan padatan penyusun tanah disamping bahan mineral, merupakan salah satu agen pengikat butir dan pemantap agregat tanah. Baik bahan organik yang berasal dari sisa tumbuhan atau binatang, maupun bahan organik dari hasil sintesis mikroba tanah dan dari sekresi akar berfungsi menyemen butir tanah atau mikro-agregat menjadi agregat tanah (Lynch, 1983). Disamping itu, bahan organik yang masih hidup seperti akar tanaman ataupun miselium jamur mampu

merajut butir tunggal pada tanah pasir atau mikroagregat menjadi agregat yang lebih besar (McLaren and Cameron, 1996). Agregat tanah yang terbentuk dengan bantuan bahan organik biasanya lebih tahan atau stabil terhadap pengaruh air atau pembasahan lahan secara tiba-tiba dibanding dengan bantuan koloid liat. Oleh sebab itu, mempertahankan kandungan bahan organik tanah diatas batas kritis penting untuk mencegah terjadinya degradasi agregat/struktur tanah, yang pada akhirnya berakibat pada erosi dan pencemaran lingkungan perairan dan udara. Apalagi daerah penelitian merupakan daerah penerima curah tertinggi di dunia, \pm 5950 mm/tahun (Wakatsuki et al, 1986) sampai 6500 mm/tahun (Rasyidin, 1994) serta merupakan hulu dari 2 sungai utama, Batang Arau dan Batang Kuranji, yang melintasi kota Padang.

Beberapa penelitian sudah dilakukan di daerah Limau Manis seperti sebaran bahan organik dan kepadatan tanah (Ultisol) (Yulnafatmawita, 1995) serta ketersediaan air tanah PMK (=Ultisol) kebun percobaan Faperta Unand Limau Manis (Rusman et al, 1993). Akan tetapi, perubahan status C-organik tanah Ultisol dari sistem ekosistem alami ke berbagai penggunaan lahan dan kaitannya dengan stabilitas agregat belum dilaporkan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan status C-org tanah dan hubungannya dengan stabilitas agregat tanah akibat perubahan penggunaan lahan dari ekosistem alami ke beberapa sistem pertanian pada Ultisols Limau Manis.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Andalas Limau Manis Padang. Contoh tanah utuh (ring sampel), tanah beragregat utuh, dan tanah terganggu yang digunakan diambil di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian dari 3 macam penggunaan lahan, lahan dengan ekosistem hutan (HU), tanaman tua yaitu kebun salak (KS), dan tanaman semusim (TS) pada tanah lapisan atas (0-10 dan 10-20 cm) dari semua tipe penggunaan lahan.

Kandungan C-organik tanah dianalisis dengan menggunakan metoda Walkley and Black, dan penentuan stabilitas agregat dilakukan dengan metoda Ratio Dispersi (Kirchhof and So, 1994). Lalu dikaji hubungan antara kandungan C-organik tanah dengan stabilitas agregat tanah dengan regresi sederhana. Sifat fisika tanah lainnya seperti BV, TRP dan kadar air lapangan ditentukan dengan metoda gravimetri.

Metoda Ratio Dispersi (DR)

Prinsip dari metoda ini yaitu membandingkan jumlah tanah yang terdispersi secara lemah (mild) akibat energi yang diberikan ke tanah tersebut dalam keadaan jenuh baik yang berukuran < 2 μm (DR-2) atau < 20 μm (DR-20) dengan jumlah fraksi tanah yang sama setelah mengalami pendispersian sempurna. Tanah yang didispersi sempurna diberi sodium hexametaphosphate + akuades lalu dikocok dengan menggunakan milkshaker selama 10 menit atau sampai seluruh agregat tanah pecah dan terdispersi. Sedangkan yang untuk dispersi mild jumlah tanah yang sama hanya diberi akuades dan ditempatkan pada end-over shaker untuk dikocok selama 30 menit. Kemudian, baik yang dispersi sempurna maupun yang dispersi mild, dimasukkan ke dalam silinder 1 L dan dicukupkan volumenya. Setelah sama-sama dikocok, lalu dibiarkan selama 4 menit 48 detik sebelum diambil sampel tanah untuk fraksi tanah berukuran < 20 μm dan 8 jam untuk fraksi < 2 μm pada ke dalaman 10 cm bila suhu air 20°C. Tanah dikeringkan di oven dan ditimbang berat keringnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lahan Pengambilan Sampel

Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Unand Padang didominasi oleh tanah ordo Ultisols (Imbang et al, 1994) disampel pada tiga (3) penggunaan lahan, yaitu vegetasi alami).

Perhitungan:

$$DR-20 = \frac{\% \text{ fraksi } < 2 \text{ um dari dispersi lemah}}{\% \text{ fraksi } < 20 \text{ um dari dispersi kuat}} \quad DR-2 = \frac{\% \text{ fraksi } < 20 \text{ um dari dispersi}}{\% \text{ fraksi } < 2 \text{ um dari dispersi}}$$

.....atau bisa juga dinyatakan sebagai

$$DC = \frac{\text{berat fraksi } < 2 \text{ um dari dispersi lemah}}{\text{berat total sampel tanah}} \times 100 \quad DS = \frac{\text{berat fraksi } < 20 \text{ um dari dispersi lemah}}{\text{berat total sampel tanah}} \times 100$$

(hutan = HU), tanaman tua (kebun salak = KS), dan tanaman semusim (TS).

Lahan hutan yang masih tertinggal di Kebun Percobaan sudah sangat minim, karena hampir semua sudah di ubah menjadi lahan pertanian atau untuk percobaan mahasiswa. Bagian yang masih hutan ini terdapat di bagian atas Kebun Percobaan (alt 350 m dpl). Sampel diambil pada elevasi 350 m dpl dengan slope kurang lebih 5%. Vegetasi yang terdapat pada lahan ini diantaranya: paku resam, paku-pakuan berdur, pandan, serta pohon -pohonan. Tanah bertekstur liat, dengan warna tanah permukaan (0-10 cm) coklat gelap.

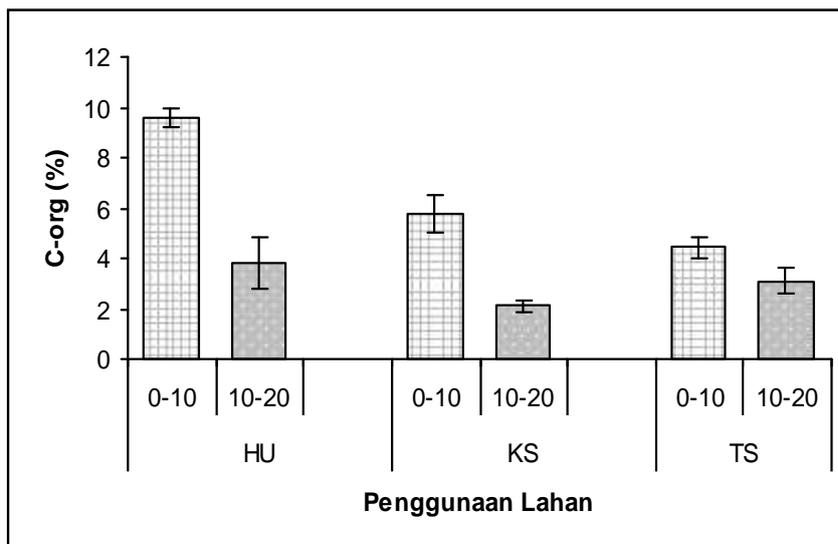
Sampel tanah dari lahan yang digunakan untuk tanaman tahunan diambil dari kebun salak (berumur 1.5 tahun). Lahan dibuka dengan membakar hutan lalu dibuat lobang untuk penanaman bibit salak tanpa pengolahan tanah. Kebun dibersihkan 1 x 3 bulan dengan memotong gulma dibawah kanopi tanaman. Vegetasi dominan diantara tanaman utama yaitu rumput pahit, melastoma, alang-alang, dan pegaga. Lahan terdapat pada elevasi 325 m dpl, lereng 0-3%, tekstur tanah liat, warna coklat pada lapisan 0-10 cm dan kuning pada 10-20 cm.

Pengambilan sampel dari penggunaan lahan untuk tanaman semusim dilakukan pada lahan yang sudah lama dibuka, yaitu kurang lebih 10 tahun yang lalu. Lahan tersebut sudah sering digunakan untuk penelitian mahasiswa, yang berlokasi dekat ke bangunan utama yang ada di Kebun Percobaan tersebut dengan elevasi 300 m

dpl dan slope 0-3%. Pada saat penyampelan, permukaan tanah bersih dari vegetasi (lahan siap ditanami), warna tanah kelihatan kuning kecoklatan.

Status Karbon Organik (C-org) Tanah

Kandungan C-organik tanah dari setiap penggunaan lahan ditampilkan pada Gambar 1 berikut. Dari Gambar 1 terlihat bahwa secara umum kandungan C-organik tanah lapisan 0-10 cm lebih tinggi dari lapisan 10-20 cm. Tingginya C-organik tanah lapisan atas disebabkan oleh sumber bahan organik berasal dari permukaan tanah, seperti serasah lebih tinggi dibanding yang berasal dari dalam tanah, seperti dari akar yang membusuk eksudat akar ataupun eksresi mikroorganisma. Hal yang senada juga ditemukan oleh Fitriisia (2004) bahwa C-org tanah kebun percobaan ini menurun dari kriteria tinggi-sangat tinggi pada 0-15 cm menjadi rendah sampai sedang pada 15-29 cm. Pembukaan hutan menjadi lahan pertanian tanaman tua (Kebun Salak) di limau Manis telah menurunkan sebanyak 42% kandungan bahan organik tanahnya (dari 9.86% menjadi 5.75%) dalam waktu 1.5 tahun dan sebanyak 55% untuk lahan pertanian tanaman semusim (dari 9.86% menjadi 4.42%) setelah ±10 tahun pada lapisan 0-10 cm. Penurunan C-org juga dijumpai pada lapisan 10-20 cm, yaitu



Gambar 1. Kandungan karbon (C) organik tanah dari beberapa tipe penggunaan lahan pada Ultisols Limau Manis Padang.

sebanyak 45% (dari 3.79% menjadi 2.09%) and 18% (dari 3.79% menjadi 3.10%) ketika lahan dengan ekosistem hutan dikonversi menjadi lahan tanaman tua dan tanaman semusim secara berturut-turut. Penurunan kandungan C-organik tanah disebabkan oleh terjadinya penurunan sumber bahan organik yang diterima tanah, yaitu dengan berkurangnya densitas tanaman yang tumbuh pada lahan akibat dibukanya hutan, seperti yang dilaporkan oleh Anderson et al. (1989), dan juga akibat dekomposisi bahan organik akibat pengolahan tanah yang intensif.

Penurunan C-org tanah akibat perubahan penggunaan lahan juga dilaporkan oleh Yulnafatmawita (2004b). Pembukaan hutan hujan tropis menjadi padang rumput dengan jenis tanah Oxisol di Lamington telah menurunkan 19% kandungan C-org tanahnya (dari 6.9% menjadi 5.6%) selama kurun waktu kurang lebih 100 tahun. Demikian juga pada daerah semi arid Goondiwindi dengan jenis tanah Vertisol, pembukaan hutan Brigalow menjadi lahan tanaman semusim (palawija) telah menurunkan kandungan C-org tanah sebanyak 40% (dari 2% menjadi 1.2%). Jenis pengolahan tanah juga memberikan efek yang berbeda terhadap kandungan C-org tanah. Pengolahan tanah konservasi terhadap lahan dengan vegetasi alami di daerah sedang Trangie telah menurunkan C-org tanah sekitar 15% (dari 2.0% menjadi

1.7%) dan 35% (dari 2.0% menjadi 1.3%) melalui pengolahan tanah konvensional setelah 3 tahun (Yulnafatmawita, 2004a).

Selanjutnya, dari Gambar 1 di atas terlihat sedikitnya perbedaan kandungan C-org tanah pada lapisan 0-10 dan 10-20 cm dari lahan yang digunakan untuk tanaman semusim dibanding penggunaan lahan lainnya. Kecilnya perbedaan kandungan C-organik antara ke dua lapisan tanah tersebut, diduga akibat pengolahan tanah yang dilakukan saat persiapan lahan. Pengolahan tanah bukan hanya telah mengurangi bahan organik tanah permukaan akibat oksidasi enzimatik, tapi pembalikan tanah juga telah menyebabkan tercampurnya tanah bagian atas dan bagian bawah. Dengan demikian, kandungan C-organik lapisan bawah pada lahan ini tidak banyak berbeda dari lapisan di atasnya.

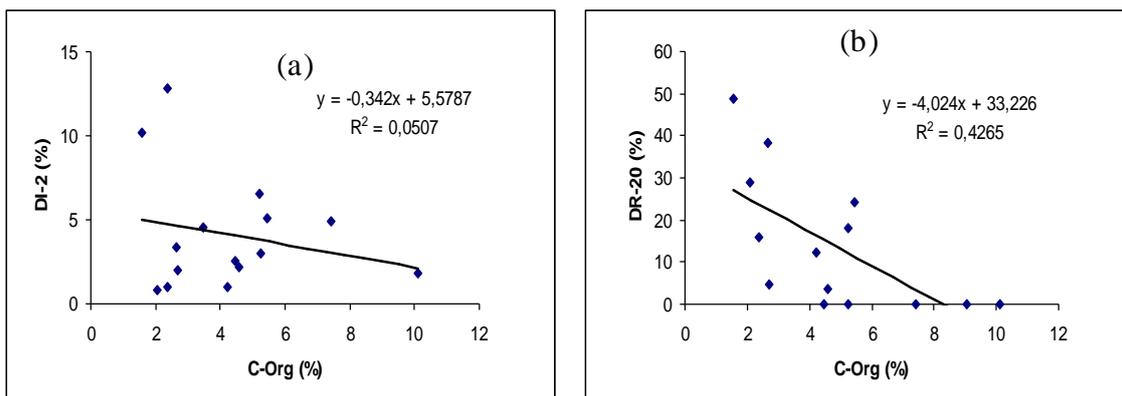
Menurut kriteria sifat kimia tanah (Hakim et al, 1986), kandungan bahan organik di lapisan 0-10 cm pada ekosistem hutan (HU) dan tanaman tua (KS) termasuk sangat tinggi (> 5%) kemudian turun menjadi tinggi (3.01-5.00 %) pada tanaman semusim (TS). Sedangkan pada lapisan 10-20 cm, kandungan C-organik lahan hutan dan tanaman semusim berada pada kriteria tinggi, dan lahan tanaman tahunan pada kriteria sedang (2.01-3.00%).

Hubungan antara C-organik dan Stabilitas Agregat Tanah

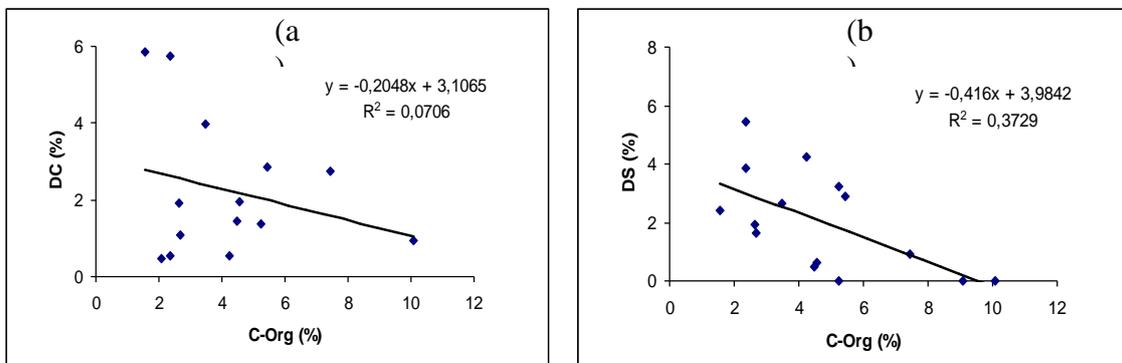
Stabilitas agregat tanah dinyatakan dalam % ratio dispersi. Semakin tinggi ratio dispersi berarti semakin mudah tanah tersebut mengalami degradasi. Sebagai salah satu agen pembentuk dan pemantap agregat tanah, C-organik akan mempengaruhi ratio dispersi tanah. Hubungan antara ratio dispersi dan status C-organik tanah dapat dilihat pada Gambar 2. Dari Gambar 2 tidak terlihat adanya korelasi negatif antara status C-organik tanah dan indeks dispersi atau korelasi positif antara C-organik dan stabilitas agregat tanah yang dianalisis dengan metoda Indek Dispersi. Hal ini disebabkan karena tanah dengan kandungan BO yang tinggi akan mempunyai struktur yang ideal dan agregat yang mantap atau stabil terhadap air, dan lebih tahan terhadap tekanan mekanis dari luar

(Emerson et al, 1986). Akan tetapi ada tendensi penurunan ratio dispersi liat (DR-2) dan dispersi debu (DR-20) pada lapisan 0-10 cm dibanding lapisan 10-20 cm. Lemahnya korelasi antara C-org dan stabilitas agregat tanah diduga disebabkan oleh kadar bahan organik tanah yang masih termasuk kriteria, yang pada umumnya berada pada kisaran tinggi dan sangat tinggi pada lapisan permukaan (0-10 cm).

Adanya peningkatan korelasi antara dispersi liat (DR2) dan dispersi debu (DR20) dengan kandungan bahan organik tanah di lapisan tanah 10-20 cm ($R^2=0.14$ untuk DR2 dan $R^2=0.34$ untuk DR20) dibanding lapisan 0-10 cm ($R^2=0.08$ untuk DR2 dan $R^2=0.14$ untuk DR20) diduga karena kandungan liat yang semakin tinggi pada lapisan tanah bawah, sehingga kehadiran C-organik sangat menentukan tingkat stabilitas agregatnya. Bahan organik bukan hanya berperan dalam



Gambar 2. Hubungan antara C-org tanah dengan ratio dispersi liat atau DR-2 (a) dan antara C-org tanah dengan ratio dispersi debu atau DR-20 (b) pada beberapa jenis penggunaan lahan Ultisols Limau Manis Padang.



Gambar 3. Hubungan antara C-org tanah dengan dispersi liat atau DC (a) dan antara C-org tanah dengan dispersi debu atau DS (b) pada berbagai jenis penggunaan lahan di Limau Manis Padang.

membentuk agregat tanah seperti liat juga bisa berperan, tetapi bahan organik mampu memantapkan agregat tanah dan tahan akan pembasahan (Oades, 1984; Dalal and Bridge, 1986; Chappel et al, 1999). Hal ini disebabkan karena bahan organik tidak mudah larut dalam air seperti yang dialami liat (Emerson, 1967).

Kecendrungan yang sama dengan ratio dispersi diperlihatkan oleh hubungan antara C-organik tanah dengan dispersi liat (DC) dan debu (DS) (Gambar 3). Tidak terlihatnya efek nyata dari pengaruh C-organik terhadap stabilitas agregat tanah juga dimungkinkan karena agregat tanah dengan kandungan C-org yang pada umumnya berkisar dari tinggi sampai sangat tinggi itu belum mampu didegradasi atau didispersi dalam jumlah yang cukup oleh air dengan kocokan sederhana selama 30 menit itu.

Dari kedua indek dispersi yang diukur, terlihat bahwa korelasi antara kandungan C-organik tanah dengan indek dispersi debu lebih kuat dari antara kandungan C-organik tanah dengan indek dispersi liat. Hal ini mengindikasikan bahwa BO lebih berperan dalam pengikatan domain-domain liat menjadi mikro dan makro agregat, bukan mengikat butir tunggal menjadi domain. Seperti yang didapatkan Yulnafatmawita et al (2003) bahwa agregat makro tanah yang terbentuk di bawah hutan hujan tropik diikat oleh bahan organik, tetapi tidak partikel tunggalnya. Dengan demikian, ketika agregat makronya terpecah akibat pengolahan, maka tanah akan mudah mengalami dispersi.

KESIMPULAN

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa perubahan penggunaan lahan pada Ultisol Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Unand Padang dari ekosistem alami (hutan) menjadi lahan pertanian dengan tanaman tua dan dari ekosistem alami (hutan) menjadi lahan pertanian tanaman semusim telah:

1. menurunkan status C-org tanah sekitar 42% (dari 9.86% menjadi 5.75%) dan 55% (dari 9.86% menjadi 4.42%) pada lapisan 0-10 cm dan sekitar 45% (dari

3.79% menjadi 2.09%) and 18% (from 3.79% menjadi 3.10%) pada lapisan 10-20 cm

2. Ada korelasi negatif antara kandungan C-org tanah dan indek dispersi atau korelasi positif antara C-org dan stabilitas agregat tanah. Korelasi pada lapisan 10-20 cm lebih kuat dibanding lapisan 0-10 cm. Selanjutnya, korelasi yang lebih kuat terlihat antara C-org dan indek dispersi debu dari pada C-org dan indek dispersi liat.
3. Perubahan bahan organik tanah mempengaruhi BV, TRP dan kadar air tanah

DAFTAR PUSTAKA

- Aase, J.K. and Pikul., J.L.Jr. (1995). Crop and soil response to long-term tillage practices in the northern Great Plains. *Agron. J.*, 87(4), p652-656.
- Anderson, J.M., Flanagan, P.W., Caswell, E., Coleman, D.C., Cuevas, E., Freckman, D.W., Jones, J.A., Lavelle, P., and Vitousek, P. (1989). Biological processes regulating organic matter dynamics in tropical soils. In "*Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems*", edited by D.C.Coleman, J.M.Oades, and G.Uehara., NifTAL Project, Univ. of Hawaii, Honolulu, p97-124.
- Bowman, R.A., Vigil, M.F., Nielsen, D.C., and Anderson, R.L. (1999). Soil organic matter changes in intensively cropped dryland systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63(1), p186-191.
- Chappel, N.A., Ternan, J.L., and Bidin, K. (1999). Correlation of physicochemical properties and sub-erosional landforms with aggregate stability variations in a tropical Ultisol disturbed by forestry operations. *Soil Till. Res.*, 50, 55-71.

- Dalal, R. C. and Bridge, B. J. (1996). Aggregation and organic matter storage in sub-humid and semi-arid soils. In “*Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils*” edited by M.R.Carter and B.A.Stewart, Lewis Publisher, Boca Raton, 263-308.
- Dept. of Agriculture, Univ. of Queensland. 1999. Practical Manual: Soil physics. Departement of Agriculture University of Queensland, Australia. 44 hal
- Emerson, W.W. (1967). A classification of soil aggregates based on their coherence in water. *Aust. J. Soil Res.* 5, p47-57.
- Fitrisia, L. (2004). Klasifikasi tanah dan evaluasi kesesuaian lahan untuk tanaman kelapa sawit, gambir dan jati pada kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Skripsi Sarjana Pertanian, Padang, 103 hal.
- Hakim, N., Nyakpa, M.Y., Diha, M.A., Munawar, A., Hong, G.B., dan Bailey, B.B. (1986). Penuntun praktikum dasar-dasar ilmu tanah. BKS-PTN Barat
- Hillel, D. (1982). Introduction to soil physics. Academic Press, San Diego, 364pp.
- Imbang, I.N.Dt.R., A. Rasyidin, L.Maira, Adrinal, dan Hermansyah. (1994). Klasifikasi tanah kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Andalas di Limau Manis Kotamadya Padang. Lembaga Penelitian Universitas Andalas Padang. 51 hal.
- Jastrow, J. D. (1996). Soil aggregate formation and the accrual of particulate and mineral-associated organic matter. *Soil Biol. Biochem.*, 28(4/5): p665-676.
- Lynch, J.M. (1983). Effect of antibiotics on ethylene production by soil microorganisms. *Plant and Soil.*, 7(3), p415-420.
- Miller, B.J. 1983. Ultisols. In “Pedogenesis and Soil Taxonomy: II The Soil Orders” edited by L.P.Wilding, N.E.Smack, and G.F. Hall. Elsevier Science Publisher B.V. p283-323
- McLaren, R.G. and Cameron, K.C. (1996). Soil science, sustainable production and environmental protection. New Ed. Oxford Univ. Press, Inc., Auckland, 304 pp.
- Oades, J.M. 1984. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *J. Plant and Soil.*, 76, 319-337.
- Rasyidin, A. 1994. The method for measuring rates of weathering and soil formation in watershed. Tottery Univ., PhD Disertation, 110 pp.
- Rusman, B., Yulnafatmawita, and Adrinal (1993). Ketersediaan air tanah Podzolik Merah Kuning Kebun Percobaan Limau Manis Padang.
- Sanchez, P.A. (1976). Properties and management of soils in the tropics. John Wiley & Sons, Inc. New York, 618 pp
- Sharma, P.K. and De Datta, S.K. (1985). Effects of puddling on soil physical properties and processes. In “Soil Physics and rice” IRRI, Los Banos, p 217-234.
- Six, J., Elliott, E.T., Paustian, K., Doran, J.W. (1998). Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62(5), p1367-1377.
- Veldkamp, E. (1994). Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58 (1), p175-180.

Yulnafatmawita (1995). Sebaran bahan organik dan kepadatan tanah Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Andalas Limau Manis Padang. Lembaga Penelitian Universitas Andalas Padang.

Yulnafatmawita, So, H.B., Dalal, R.C., and Menzies, N.W. (2003). CO₂ Release from two contrasting soils under controlled (Glasshouse) condition. Proceedings The 16th Triennial International Soil Tillage Research Organisation (ISTRO) Conference, 13-

18 July 2003, Brisbane, Queensland, Australia. p1403-1407

Yulnafatmawita. (2004a). CO₂ emission following cultivation of two contrasting soils under natural condition. *Stigma Sci.J.* Vol.XII(2):p129-133

Yulnafatmawita. (2004b). Effects of land use change on soil organic matter status of bulk and fractionated soil aggregates. *Stigma Sci. J.* XII(2):417-421