

Perubahan Fraksi Bahan Organik Tanah Akibat Perbedaan Cara Pemberian dan Sumber Bahan Organik pada Ultisols Jasinga

Changes of Soil Organic Matter Fraction on Ultisols Jasinga by Soil Tillage and Organic Matter Practices

N.L. NURIDA¹, O. HARIDJAJA², S. ARSYAD³, SUDARSONO³, U. KURNIA¹, DAN G. DJAJAKIRANA²

ABSTRAK

Sumber bahan organik berupa mukuna, flemingia, dan sisa tanaman mempunyai kualitas berbeda, terutama nisbah C/N, kandungan lignin, selulosa dan nisbah lignin/selulosa. Perbedaan kualitas bahan organik menentukan perubahan kadar bahan organik dalam tanah, khususnya fraksi labil sehingga memberikan pengaruh yang berbeda pula terhadap sifat-sifat tanah. Penelitian ini bertujuan: 1) memahami pengaruh sumber bahan organik dengan kualitas berbeda yang diberikan dengan cara berbeda terhadap fraksi-fraksi bahan organik, dan 2) mengetahui hubungan perubahan kadar bahan organik dalam bentuk C-organik, *particulate organic matter* (POM) dan biomassa mikroorganisme (C_{mic}) dengan indikator kualitas tanah berupa berat isi, porositas, permeabilitas tanah lapisan atas, indeks stabilitas agregat, P-tersedia, K-tersedia, dan N-total. Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor pada bulan Januari-Mei 2003. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial, dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah cara pemberian bahan organik: 1) disebar di permukaan tanah, dan 2) dicampur/diinkorporasi. Faktor kedua adalah sumber bahan organik (takaran setara C-organik 2%) yaitu: 1) *Mucuna* sp., 2) *Flemingia* sp., 3) sisa tanaman jagung, 4) campuran *Mucuna* sp. dan *Flemingia* sp., 5) campuran *Flemingia* sp. dan sisa tanaman jagung, 6) campuran *Mucuna* sp. dan sisa tanaman jagung, dan 7) campuran *Mucuna* sp., *Flemingia* sp., dan sisa tanaman jagung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pemberian bahan organik dengan cara dicampur, nisbah C/N dan kadar lignin bahan organik berkorelasi positif dengan C-organik, C_{mic} dan C_{mic}/C_{org} , namun berkorelasi negatif dengan POMp. Perubahan kualitas tanah akibat pemberian bahan organik dalam jangka pendek dapat dilihat dari perubahan fraksi bahan organik labil. Bila bahan organik dicampur dengan tanah, POMt dan POMt/ C_{org} berkorelasi positif dengan berat isi, tetapi berkorelasi negatif dengan RPT, PDC, K-tersedia, dan N-total. Bila bahan organik disebar di permukaan tanah, C_{mic} berkorelasi positif dengan kadar P-tersedia. Perubahan pada fraksi labil (C_{mic} dan POMt) mudah dideteksi dalam waktu singkat sehingga perubahan sifat fisik dan ketersediaan unsur hara makro tersebut lebih mudah diduga.

Kata kunci : *Fraksi bahan organik tanah, Sumber bahan organik, Cara pemberian, Ultisols*

ABSTRACT

In situ organic matters, such as *Mucuna* sp., *Flemingia* sp., and plant residues differ in quality (in terms of lignin, cellulose and nutrients contents). Such difference determines soil organic matter content especially labile fraction that could effect on soil properties. The aims of this research were to study: 1) the effects of various sources and quality of organic matters on soil

organic fraction, and 2) the relationships between the changes of particulate organic matter and C-microbes (POM and C_{mic}) and soil quality indicators. The experiments were conducted in greenhouse of the Center for Soil and Agroclimate Research and Development, Bogor, from January to May 2003. The factorial completely randomized design was used with three replications. The first factor was the method of organic matters application: 1) mulch on soil surface and 2) incorporated with soils. The second factor was the sources of organic matters (dosage in equivalent with 2% organic C), i.e: 1) *Mucuna* sp., 2) *Flemingia* sp., 3) maize residue, 4) mixture of *Mucuna* sp., and *Flemingia* sp., 5) mixture of *Flemingia* sp. and maize residue, 6) mixture of *Mucuna* sp. and maize residue, and 7) mixture of *Mucuna* sp., *Flemingia* sp., and maize residue. The results showed that on organic matter application with incorporated method, C/N ratio and lignin content of organic matter have positive correlation with organic C, C_{mic} and C_{mic}/C_{org} , but have negative correlation with POMp. The changes of soil qualities caused by short term organic matter application could be seen from the changes of labile fraction of organic matter. When organic matter was incorporated, POMt and POMt/ C_{org} have positive correlation with bulk density, but have negative correlation with RPT, PDC, available K, and total-N. When organic matter was spreaded on the soil surface, C_{mic} has positive correlation with available P. The changes on labile fraction (C_{mic} and POMt) was easy to be detected in short period, thus the changes of physical characteristics and the availability of macro nutrients is easy to be predicted.

Keywords : *Soil organic matter fraction, Organic matter sources, Method of organic matter application, Ultisols*

PENDAHULUAN

Ultisols termasuk tanah yang peka terhadap erosi dengan nilai erodibilitas berkisar antara 0,16 dan 0,33 (Kurnia dan Suwardjo, 1984; Kurnia *et al.*, 1986), dan kesuburan tanah rendah, sehingga dengan erosi, produktivitas tanahnya terus berkurang. Potensi terjadinya penurunan produktivitas Ultisols Jasinga cukup besar, karena selain terletak di wilayah beriklim basah dengan curah hujan tinggi,

1. Peneliti pada Balai Penelitian Tanah, Bogor.
2. Pengajar pada Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, IPB, Bogor.
3. Guru Besar pada Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, IPB, Bogor.

juga karena kurang tepatnya pengelolaan tanah seperti intensitas pengolahan tanah yang tinggi, rotasi tanaman yang rendah dan tidak melakukan pengelolaan residu tanaman. Salah satu usaha untuk memperbaiki Ultisols Jasinga dapat dilakukan melalui penambahan bahan organik, sehingga diharapkan terjadi peningkatan kadar bahan organik tanah. Bahan organik tanah erat kaitannya dengan kondisi ideal tanah, baik secara fisik, kimia dan biologi yang selanjutnya menentukan produktivitas suatu tanah (Wander *et al.*, 1994).

Salah satu cara yang paling tepat untuk mendapatkan sumber bahan organik *in situ* adalah melalui penerapan sistem pertanaman lorong. Penerapan sistem pertanaman lorong di Ultisols Jasinga yang terdegradasi selama delapan tahun (1993-2001) menghasilkan sumber bahan organik berupa flemingia yang dipangkas secara teratur dari tanaman pagar, mukuna, dan sisa tanaman (Kurnia, 1996) yang masing-masing mempunyai kualitas berbeda. Perbedaan kualitas bahan organik, terutama kandungan lignin, selulosa, dan unsur hara, sangat menentukan perubahan kadar bahan organik dalam tanah, khususnya fraksi labil sehingga memberikan pengaruh yang berbeda pula terhadap sifat-sifat tanah (Oyedele *et al.*, 1999).

Bahan organik merupakan sumber energi bagi aktivitas mikroorganisme tanah tertentu. Adanya bahan makanan (sumber C), baik dalam bentuk organik maupun anorganik sangat menentukan tingkat populasi, keragaman dan aktivitas mikroorganisme. Semakin besar peningkatan input residu tanaman, semakin besar peningkatan biomassa mikroorganisme tanah pada lapisan atas (Rasiah and Kay, 1999).

Bahan organik dapat diaplikasikan sebagai mulsa (disebar di permukaan tanah) atau diinkorporasikan dengan tanah. Perbedaan cara pemberian sangat menentukan proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme dan berdampak pada perubahan kadar bahan organik tanah. Pencampuran bahan organik dengan tanah terjadi pada saat dilakukan pengolahan tanah, sedangkan penyebaran bahan organik di permukaan tanah sebagai mulsa umumnya dikaitkan dengan penerapan pengolahan tanah minimum (Rachman *et al.*, 2004).

Hasil penelitian pada berbagai jenis tanah dan kondisi iklim menunjukkan bahwa pengolahan tanah kurang berpengaruh terhadap total bahan organik tanah atau C-organik total (Balesdent *et al.*, 2000). Kehilangan bahan organik akibat pengolahan tanah terutama terjadi pada fraksi ringan yang merupakan fraksi labil yang terdapat pada agregat makro (Gijsman, 1996). Bahan organik partikulat (*particulate organic matter*) merupakan fraksi bahan organik tanah yang paling mudah dipengaruhi pengelolaan (Cambardella dan Elliot, 1992; Balesdent *et al.*, 2000). Bahan organik yang terdapat pada agregat yang berukuran 53-250 μm ini terdiri dari POM total (POMt), dan POM yang terproteksi secara fisik dalam agregat (POMp) (Okalebo *et al.*, 1993)

Penelitian ini bertujuan untuk : 1) memahami pengaruh sumber bahan organik dengan kualitas berbeda yang diberikan dengan cara berbeda terhadap fraksi-fraksi bahan organik, dan 2) mengetahui hubungan perubahan kadar bahan organik dalam bentuk C-organik, *particulate organic matter* (POM), dan biomassa mikroorganisme (C_{mic}) dengan indikator kualitas tanah berupa berat isi, porositas, permeabilitas tanah lapisan atas, indeks stabilitas agregat, P-tersedia, K-tersedia, dan N-total.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Sindangbarang, Bogor pada bulan Januari-Mei 2003. Bahan organik yang digunakan adalah flemingia (*Flemingia congesta*), mukuna (*Mucuna* sp.), dan sisa tanaman jagung (*Zea mays* L.) yang dihasilkan dari sistem pertanaman lorong pada Ultisols Jasinga.

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL), dengan perlakuan disusun secara faktorial, dan tiga ulangan. Perlakuan terdiri atas: faktor pertama adalah cara pemberian bahan organik (A): disebar di permukaan tanah, sebagai gambaran tanpa pengolahan tanah (A_1), dan diinkorporasikan/dicampur dengan tanah, sebagai gambaran pengolahan tanah (A_2). Faktor kedua adalah sumber

bahan organik, yaitu: 1) mukuna, 2) flemingia, 3) sisa tanaman jagung, 4) campuran mukuna dan flemingia, 5) campuran flemingia dan sisa tanaman jagung, 6) campuran mukuna dan sisa tanaman jagung, dan 7) campuran mukuna, flemingia, dan sisa tanaman jagung. Takaran bahan organik yang diberikan adalah setara 2% C-organik tanah. Untuk mencapai setara 2% C-organik tanah, jumlah bahan organik segar yang diaplikasikan pada masing-masing perlakuan menjadi berbeda akibat adanya perbedaan kadar C-organik dan kadar air dari masing-masing bahan organik. Pada perlakuan campuran 2-3 bahan organik, untuk mencapai 2% C-organik tanah, masing-masing bahan organik diberikan dengan proporsi yang sama yaitu masing-masing setara 1% C-organik tanah (campuran dua jenis bahan organik) dan 0,67% C-organik tanah (campuran tiga jenis bahan organik).

Penelitian menggunakan tanah Typic Haplohymult yang berasal dari Jasinga, diambil dari bagian sub soil (kedalaman 5-20 cm). Tanah tersebut dikeringudarkan dan diayak sehingga lolos ukuran 2 mm, selanjutnya dicampur merata agar homogen. Tanah yang telah dicampur dimasukkan ke dalam pot (berupa ember plastik dengan kapasitas 15 kg), masing-masing pot diisi tanah seberat \pm 10 kg. Sebelum perlakuan diaplikasikan, dilakukan analisis sifat-sifat kimia dan biologi tanah menggunakan contoh tanah komposit, dan sifat-sifat fisik tanah menggunakan contoh tanah tidak terganggu, kesemuanya diambil pada kedalaman 5-20 cm. Analisis pendahuluan berupa analisis tanaman dilakukan untuk mengetahui kualitas bahan organik seperti kandungan senyawa organik (lignin dan selulosa) dan kadar unsur hara (C dan N).

Sebelum bahan organik diaplikasikan ke dalam pot, ketiga jenis sumber bahan organik tersebut dipotong-potong sepanjang \pm 1 cm dalam keadaan segar, lalu dimasukkan ke dalam pot sesuai dengan masing-masing perlakuan, diinkubasi selama empat minggu, kemudian dilakukan penanaman jagung. Pengamatan fraksi bahan organik berupa C-organik total, fraksi labil (POM) dan biomassa mikroorganisme (C_{mic}) dilakukan setelah panen jagung.

Analisis data dilakukan secara statistik menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) atau uji keragaman dengan selang kepercayaan 95%. Untuk melihat pengaruh beda nyata dari peubah akibat perlakuan serta interaksinya dilakukan uji jarak berganda Duncan (DMRT = *duncan multiple range test*), pada taraf nyata 5%. Analisis korelasi Pearson digunakan untuk melihat hubungan antara fraksi-fraksi bahan organik dengan sifat tanah lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas bahan organik

Hasil analisis tanaman menunjukkan bahwa ketiga sumber bahan organik tersebut mempunyai kandungan senyawa organik utama (kandungan lignin dan selulosa) dan kandungan unsur hara (C dan N) yang berbeda. Hasil analisis tanaman dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis tanaman yang digunakan sebagai sumber bahan organik

Table 1. Plant analyses result from applied organic matter resources

Peubah	Jagung	Mukuna	Flemingia
C (%)	40,86	46,99	48,08
N (%)	2,18	2,77	1,88
C/N	19	17	26
Selulosa (%)	45,03	31,14	34,37
Lignin (%)	4,13	12,08	19,65
Lignin/selulosa	0,09	0,39	0,57

Pada Tabel 1 terlihat bahwa flemingia mempunyai kadar lignin yang paling tinggi yaitu 19,65%, kadar selulosa sebesar 34,37%, sedangkan sisa tanaman jagung mempunyai kadar lignin tergolong paling rendah (4,13%) namun kadar selulosanya paling tinggi (45,03%). Mukuna mempunyai kadar selulosa paling rendah, namun kadar ligninnya cukup besar yaitu 12,08%. Lignin dan selulosa merupakan senyawa organik pada tanaman yang menghasilkan C-organik di mana lignin tergolong senyawa yang sukar didekomposisi, sedangkan selulosa lebih mudah didekomposisi

(Stevenson, 1982). Dengan demikian, ditinjau dari nisbah lignin/selulosa, flemingia akan lebih sulit didekomposisi, sedangkan sisa tanaman jagung akan lebih mudah didekomposisi.

Ditinjau dari kandungan hara C dan N ternyata flemingia mengandung kadar C paling tinggi (48,08%), tetapi mengandung N paling rendah (1,88%), akibatnya nisbah C/N flemingia tergolong paling tinggi (26). Kandungan C dalam mukuna dan sisa tanaman jagung lebih rendah dari flemingia, tetapi kadar N yang ada lebih tinggi yaitu sebesar 2,77% dan 2,18%. Rendahnya kadar N dalam flemingia mengakibatkan lebih sulit didekomposisi, dan peluang untuk terjadinya immobilisasi lebih besar.

Perbedaan kandungan senyawa organik maupun unsur hara dari bahan organik flemingia, mukuna dan sisa tanaman jagung menyebabkan terjadinya perbedaan kualitas bahan organik yang diberikan pada masing-masing perlakuan. Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 1, kandungan komponen organik utama dari masing-masing bahan organik yang diberikan pada setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 2.

Fraksi bahan organik

Fraksi bahan organik seperti C-organik, bio-massa mikroorganisme (C_{mic}), nisbah C_{mic}/C_{org} , *particulate organic matter* (POM) dipilih sebagai indikator

perbaikan kualitas tanah. Semakin besar kadar masing-masing fraksi bahan organik tersebut dalam tanah maka semakin baik kualitas tanah.

C-organik tanah

C-organik tanah menggambarkan kadar bahan organik secara keseluruhan yang ada dalam tanah, umumnya kurang sensitif terhadap pengelolaan lahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada cara pemberian disebar, kadar C-organik tidak dipengaruhi oleh kualitas bahan organik, kadar C-organik yang dihasilkan tidak berbeda di antara sumber bahan organik (Tabel 3). Pada cara pemberian bahan organik dicampur, kualitas bahan organik (kandungan lignin, selulosa, nisbah C/N) berpengaruh terhadap kadar C-organik. Lignin dan selulosa merupakan komponen organik utama yang menghasilkan C-organik, sehingga kadar kedua senyawa tersebut mempengaruhi kadar C-organik tanah. Blanco-Canqui dan Lal (2004) menyatakan bahwa kadar lignin dan nisbah C/N merupakan parameter yang mempengaruhi dekomposisi bahan organik, di mana pada tahap awal, dekomposisi bahan organik tergantung pada nisbah C/N, sedangkan dekomposisi tahap lanjut dikendalikan oleh kadar lignin. Itulah sebabnya dalam jangka waktu 4,5 bulan aplikasi bahan organik, nisbah C/N bahan organik nyata pengaruhnya.

Tabel 2. Kandungan unsur hara dan komponen organik utama bahan organik yang digunakan (setara 2% C-organik tanah)

Table 2. Nutrient content and main organic component applied (equivalent to 2% soil organic C)

Perlakuan	Kandungan komponen organik utama					
	C	N	C/N	Lignin	Selulosa	Lignin/selulosa
 t ha ⁻¹ t ha ⁻¹		
Mukuna	40	2,36	17	10,28	26,51	0,39
Flemingia	40	1,56	26	16,35	28,59	0,57
Jagung	40	2,13	19	4,04	44,08	0,09
Mukuna + flemingia	40	1,96	20	13,32	27,55	0,48
Flemingia + jagung	40	1,85	22	10,20	36,34	0,28
Mukuna + jagung	40	2,25	18	7,16	35,29	0,20
Mukuna + flemingia + jagung	40	2,02	20	10,23	33,06	0,31

Tabel 3. Pengaruh interaksi antara cara pemberian dengan sumber bahan organik terhadap C-organik tanah

Table 3. Interaction effect on soil organic application treatment and its sources on soil organic C

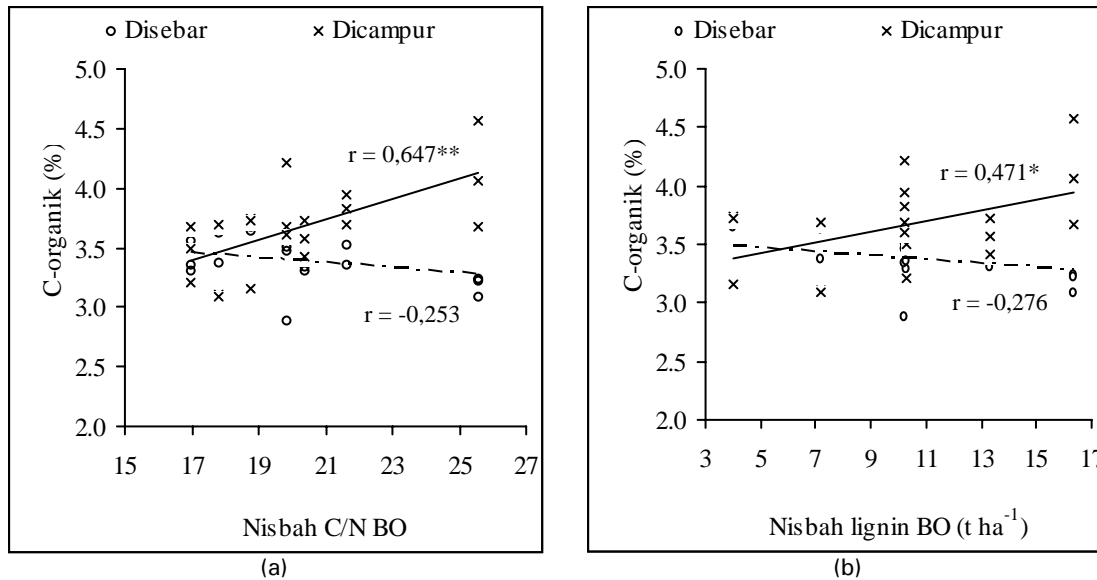
Sumber bahan organik	Cara pemberian	
	Disebar	Dicampur
 %	
Mukuna	3,41 Aa	3,46 Ab
Flemingia	3,19 Ba	4,19 Aa
Jagung	3,49 Aa	3,54 Aab
Mukuna + flemingia	3,46 Aa	3,57 Aab
Flemingia + jagung	3,51 Aa	3,82 Aab
Mukuna + jagung	3,37 Aa	3,29 Ab
Mukuna + flemingia + jagung	3,29 Aa	3,84 Aab

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil sama menurut kolom dan huruf besar sama menurut baris menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf nyata 5%

Flemingia mengandung lignin paling tinggi sebesar 16,35 t ha⁻¹ dan mengandung selulosa sebesar 28,58 t ha⁻¹ tergolong rendah (Tabel 2), sehingga laju dekomposisinya berjalan lambat. Pencampuran dengan tanah membantu mempercepat proses dekomposisi flemingia sehingga mineralisasi

unsur hara lebih cepat berlangsung dibandingkan bila flemingia disebar di permukaan tanah, karena lebih mudah dijangkau oleh mikroorganisme. Pada Tabel 3 terlihat bahwa kadar C-organik yang diberi flemingia dengan cara dicampur mencapai 4,19%, sedangkan bila diberikan dengan cara disebar hanya 3,19%.

Pada Gambar 1 diperlihatkan bahwa bila bahan organik disebar, nisbah C/N dan kadar lignin bahan organik tidak berkorelasi dengan C-organik tanah ($r = -0,253$ dan $r = -0,276$), artinya perbedaan C-organik tanah tidak berkaitan dengan perbedaan kualitas bahan organik yang diberikan. Pada pemberian dengan cara dicampur, nisbah C/N dan kadar lignin bahan organik yang diberikan berkorelasi dengan C-organik tanah, yaitu masing-masing dengan nilai $r = 0,647$ ($P \leq 0,01$) dan $r = 0,471$ ($P \leq 0,05$) sehingga pengaruhnya cukup besar. Interaksi nyata terlihat pada pemberian flemingia, nisbah C/N dan kadar lignin flemingia relatif tinggi yaitu 26 dan 16,35 t ha⁻¹ (Tabel 2), sehingga untuk menghasilkan C-organik yang lebih tinggi harus diberikan dengan cara dicampur. Nisbah C/N dan kadar lignin yang tinggi menyebabkan laju dekomposisi berjalan lambat, sehingga bila tidak dicampur untuk



Gambar 1. Pengaruh nisbah C/N (a) dan kadar lignin bahan organik (b) yang diberikan terhadap kadar C-organik tanah

Figure 1. Effect of C/N ration (a) and lignin organic applied content (b) on soil C-organic content

memineralisasi C dibutuhkan waktu yang lebih lama. Hasil penelitian Handayanto *et al.* (1997) pada Ultisols Lampung menunjukkan bahwa penggunaan tanaman legum dengan nisbah C/N tinggi menghasilkan efek residu pada musim tanam berikutnya, karena proses dekomposisinya berlangsung lambat. Bahan organik yang mempunyai nisbah C/N rendah seperti mukuna dan campuran mukuna+jagung laju dekomposisinya berjalan lebih cepat, sehingga dalam selang waktu 4,5 bulan dari aplikasi sebagian telah hilang dari tanah (respirasi mikroorganisme) akibatnya C-organik yang diperoleh lebih rendah.

Biomassa mikroorganisme (C_{mic})

Biomassa mikroorganisme (C_{mic}) dapat menggambarkan jumlah C-organik yang berasal dari mikroorganisme yang hidup dalam tanah. Jumlah bahan organik mikroorganisme dalam tanah (C_{mic}) dan proporsinya terhadap C-organik (C_{mic}/C_{org}) yang semakin besar menunjukkan bahwa kemampuan tanah tersebut dalam mendukung kehidupan mikroorganisme semakin baik, sehingga proses transformasi unsur hara dapat terus berlangsung (Islam dan Weil, 2000).

Bila bahan organik diberikan dengan cara disebar, maka tanah yang diberi flemingia mempunyai C_{mic} sebesar 39,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ tanah dan nisbah C_{mic}/C_{org}

sebesar 0,12% nyata lebih rendah dibandingkan dengan cara dicampur (165,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ tanah dan 0,41%). Sebaliknya, terjadi pada tanah yang diberi bahan organik campuran mukuna + jagung, bila bahan organik disebar C_{mic} yang dihasilkan sebesar 112,2 $\mu\text{g g}^{-1}$ tanah lebih tinggi dibandingkan bila bahan organik dicampur yaitu 46,2 $\mu\text{g g}^{-1}$ tanah (Tabel 4). Tingginya C_{mic} dan nisbah C_{mic}/C_{org} pada tanah yang diberi bahan organik dengan cara dicampur maupun disebar berkorelasi dengan nisbah C/N dan kadar lignin dari bahan organik yang diberikan (Gambar 2 dan 3).

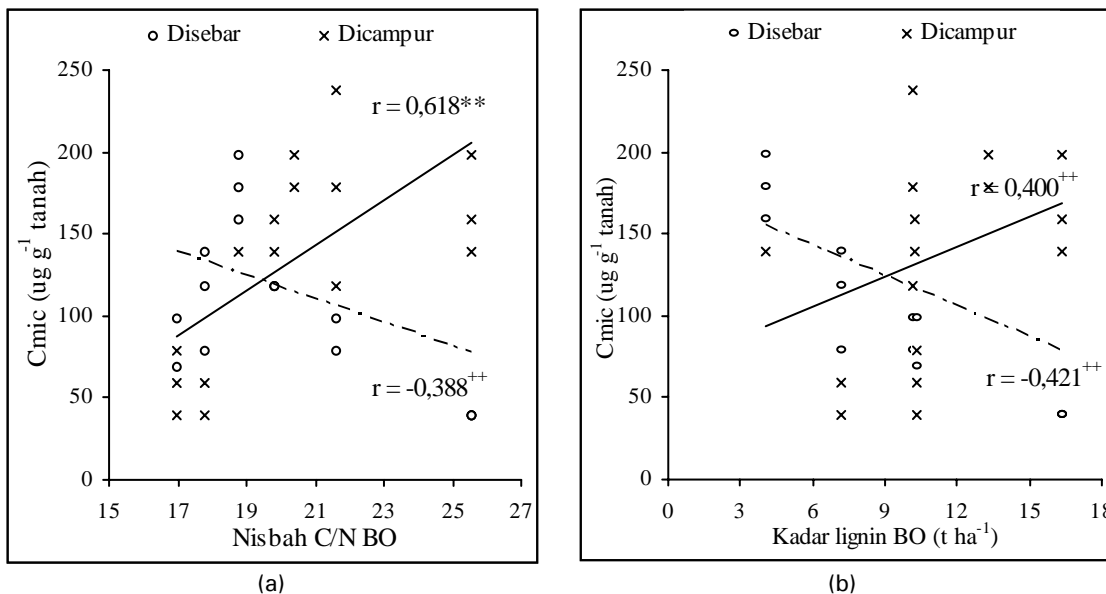
Pada cara pemberian bahan organik disebar, semakin tinggi kadar lignin bahan organik yang diberikan maka semakin kecil C_{mic} dan nisbah C_{mic}/C_{org} . Lignin merupakan bagian tanaman yang lebih resisten terhadap serangan mikroorganisme. Flemingia mempunyai kadar lignin tinggi sehingga bila tidak dicampur, karbon dalam bahan organik tersebut menjadi sulit dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai sumber energi. Keterbatasan sumber energi menghambat kelangsungan hidup mikroorganisme sehingga baik jumlah mikroorganisme yang hidup (C_{mic}) maupun proporsinya terhadap C-organik (nisbah C_{mic}/C_{org}) pada tanah yang diberi flemingia nyata lebih rendah.

Tabel 4. Pengaruh interaksi antara cara pemberian dengan sumber bahan organik terhadap C_{mic} dan nisbah C_{mic}/C_{org} tanah

Table 4. Interaction effect on soil organic application treatment and its sources on soil C_{mic} and soil C_{mic}/C_{org} ratio

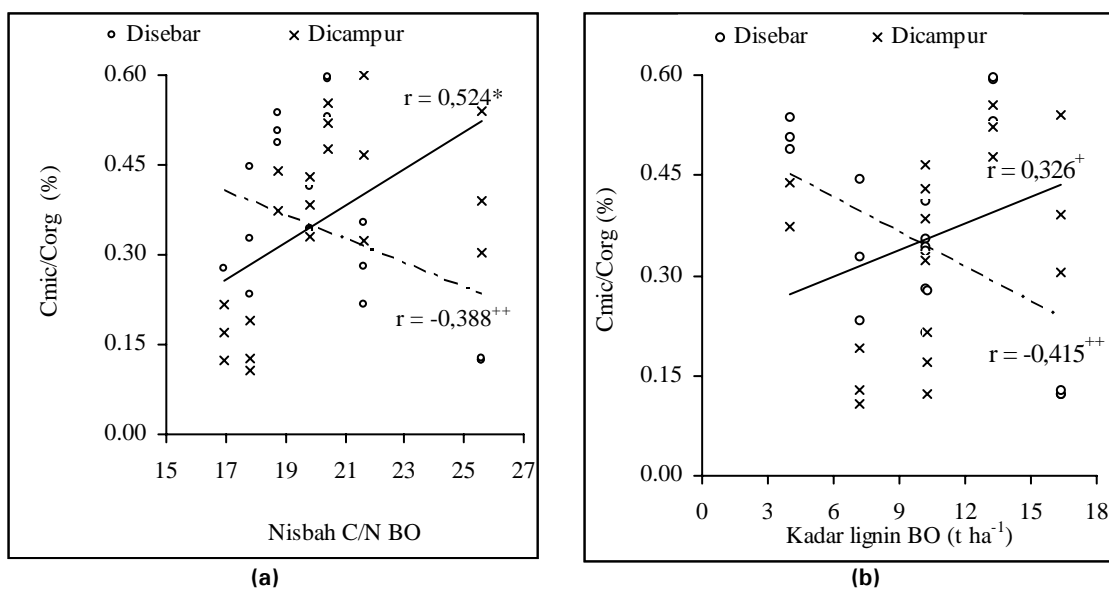
Sumber bahan organik	Cara pemberian			
	Disebar	Dicampur	Disebar	Dicampur
 C_{mic} ($\mu\text{g g}^{-1}$ tanah) C_{mic}/C_{org} (%)	
Mukuna	69,3 Acd	59,4 Ab	0,20 Acd	0,17 Ab
Flemingia	39,6 Bd	165,0 Aa	0,12 Bd	0,41 Aa
Jagung	178,2 Aa	138,6 Ba	0,51 Aa	0,39 Ba
Mukuna + flemingia	198,0 Aa	184,8 Aa	0,57 Aa	0,52 Aa
Flemingia + jagung	99,0 Abc	178,2 Aa	0,28 Abc	0,46 Aa
Mukuna + jagung	112,2 Ab	46,2 Bb	0,34 Ab	0,14 Bb
Mukuna + flemingia + jagung	118,8 Bb	145,2 Aa	0,36 Ab	0,38 Aa

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil sama menurut kolom dan huruf besar sama menurut baris menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf nyata 5%



Gambar 2. Pengaruh nisbah C/N (a) dan kadar lignin bahan organik (b) yang diberikan terhadap C_{mic} tanah

Figure 2. Effect of C/N ration (a) and lignin organic applied content (b) on soil C_{mic}



Gambar 3. Pengaruh (a) nisbah C/N dan (b) kadar lignin bahan organik yang diberikan terhadap nisbah C_{mic}/C_{org} tanah

Figure 3. Effect of C/N ration (a) and lignin organic applied content (b) on soil C_{mic}/C_{org} ratio

Bila flemingia diberikan dengan cara dicampur, karbon sebagai sumber energi lebih mudah dimanfaatkan oleh mikroorganismenya dan sampai 4,5 bulan sejak aplikasi masih dapat dimanfaatkan oleh mikroorganismenya, sehingga jumlah mikroorganismenya yang hidup lebih tinggi. Tingginya nilai C_{mic} berkontribusi terhadap besarnya C-organik tanah. Pada cara pemberian disebar, bahan organik sisa tanaman jagung dan campuran mukuna+sisa tanaman jagung dengan kadar lignin rendah ($4,04 t ha^{-1}$ dan $7,16 t ha^{-1}$) menghasilkan C_{mic} lebih tinggi karena mudah dimanfaatkan oleh mikroorganismenya sebagai sumber energi.

Particulate organic matter (POM)

Bentuk fraksi bahan organik yang bersifat labil atau mudah dipengaruhi pengelolaan tanah adalah POM yang terdiri atas POM total (POMt) dan POMp. Selain kedua fraksi bahan organik tanah tersebut, nisbah $POMt/C_{org}$ juga dapat menggambarkan perubahan kualitas bahan organik yang terjadi dalam tanah pada waktu yang relatif singkat.

Perbedaan cara pemberian bahan organik menghasilkan POMt, POMp, dan nisbah $POMt/C_{org}$ yang berbeda, di mana dengan cara disebar memberikan hasil lebih tinggi dibandingkan dengan cara dicampur (Tabel 5). Pemberian bahan organik tanpa pencampuran dapat melindungi C labil yang berada dalam mikroagregat dari serangan mikroorganismenya sehingga kehilangan C labil melalui respirasi mikroorganismenya dapat ditekan. Gijsman (1996) mengemukakan bahwa proses pencampuran bahan organik melalui pengolahan tanah menyebabkan hancurnya mikroagregat yang berukuran $50-250 \mu m$ sehingga C labil yang terlindungi secara fisik di dalam mikroagregat tersebut menjadi lebih terbuka terhadap serangan mikroba. Hal ini menunjukkan bahwa fraksi labil tersebut sangat rentan terhadap pengolahan tanah dan jumlah yang hilang melalui proses pencampuran nyata lebih tinggi.

Secara total POM tidak dipengaruhi oleh sumber bahan organik, tetapi bentuk C labil yang terproteksi secara fisik dalam agregat (POMp) dan

nisbah $POMt/C_{org}$ dipengaruhi oleh sumber bahan organik (Tabel 5). Pemberian campuran bahan organik mukuna+jagung menghasilkan POMp lebih tinggi ($429,83 g m^{-2}$) dan nisbah $POMt/C_{org}$ yang lebih tinggi (10,8%). Fakta tersebut menunjukkan bahwa meskipun POMt tidak berbeda nyata namun campuran mukuna+jagung mempunyai proporsi C labil yang terlindungi dalam agregat mikro nyata lebih tinggi.

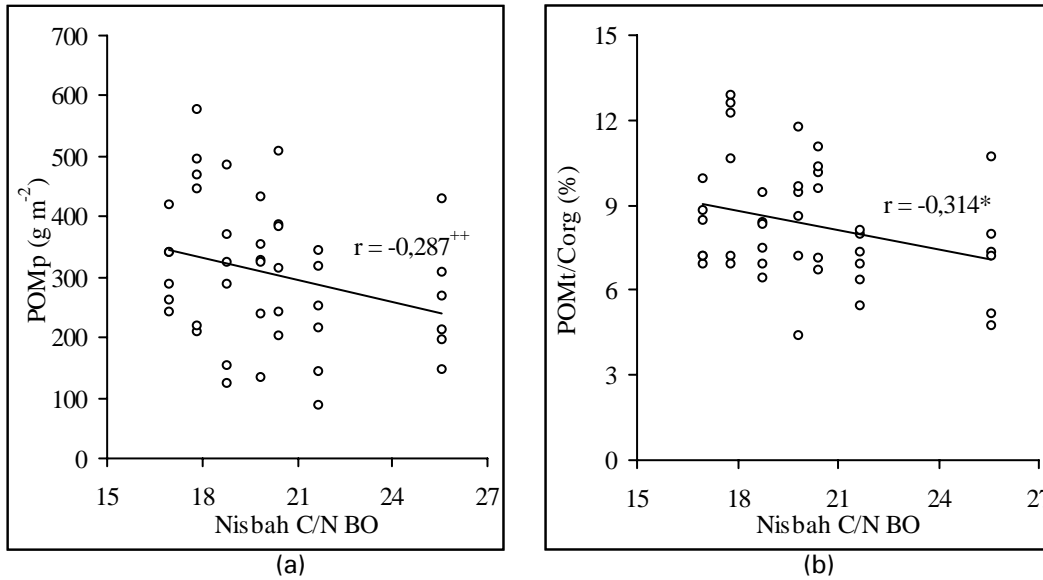
Tabel 5. Kadar *particulate organic matter* (POM) tanah pada kedalaman 0-20 cm

Table 5. Soil particulate organic matter (POM) content on 0-20 cm soil depth properties

Perlakuan	POMt g m ⁻²	POMp	POMt/C _{org} %
<i>Cara pemberian</i>			
Disebar	494,19 a	390,29 a	9,3 a
Dicampur	369,86 b	270,81 b	7,7 b
<i>Sumber bahan organik</i>			
Mukuna	422,67 a	338,67 ab	8,2 b
Flemingia	363,67 a	279,33 b	7,2 b
Jagung	419,17 a	318,67 ab	8,2 b
Mukuna + flemingia	489,33 a	371,17 ab	9,3 ab
Flemingia + jagung	381,17 a	254,67 b	7,2 b
Mukuna + jagung	520,33 a	429,83 a	10,8 a
Mukuna + flemingia + jagung	427,83 a	321,50 ab	8,7 ab

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf sama pada kolom yang sama dalam kelompok perlakuan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf nyata 5%.

Pada Gambar 4 diperlihatkan bahwa korelasi antara POMp dan $POMt/C_{org}$ dengan nisbah C/N bahan organik tidak terlalu besar terlihat dari koefisien korelasinya sebesar 0,287 ($P \leq 0,2$) dan 0,314 ($P \leq 0,1$). Hal ini berarti pengaruh nisbah C/N bahan organik terhadap POMp dan $POMt/C_{org}$ tidak terlalu besar. Pada Ultisols yang telah terdegradasi, laju mineralisasi C pada pemberian campuran mukuna + jagung berjalan lebih cepat sehingga lebih cepat berinteraksi dengan partikel tanah, akibatnya keberadaan C labil dalam mikroagregat lebih terlindungi dari serangan mikroorganismenya. Menurut Blanco-Canqui dan Lal (2004), pengaruh nisbah C/N bahan organik terhadap agregasi tanah dalam jangka panjang akan berbeda karena pengaruh bahan



Gambar 4. Pengaruh nisbah C/N bahan organik yang diberikan terhadap POMp (a) dan POMt/C_{org} tanah(b)

Figure 4. Effect of applied organic matter C/N ratio on POMp (a) and soil POMt/C_{org} (b)

organik dengan nisbah C/N rendah bersifat sementara (*transient*), sedangkan pengaruh bahan organik dengan nisbah C/N tinggi bersifat gradual dan bertahan lama dalam tanah.

Tingginya nilai POMp dan nisbah POMt/C_{org} menunjukkan bahwa fraksi bahan organik labil masih cukup banyak yang terlindungi dalam agregat dan proporsinya terhadap C-organik total masih cukup banyak. Campuran bahan organik dengan nisbah C/N yang rendah seperti mukuna+jagung merupakan bahan yang mudah terdekomposisi sehingga memungkinkan lebih cepat berinteraksi dengan partikel-partikel tanah melalui jembatan kation polivalen yang berada dalam mikroagregat dan posisinya pada mikroagregat lebih terlindungi. Flemingia dengan nisbah C/N tinggi mengalami laju dekomposisi lebih lambat sehingga sebagian besar bahan organik masih dalam bentuk fraksi ringan (residu tanaman yang masih jelas bentuknya) dan tidak berasosiasi dengan partikel tanah. Oades (1990) menyatakan bahwa fraksi ringan merupakan bahan organik yang tidak berasosiasi/terikat dengan liat atau masih dalam bentuk bebas.

Korelasi fraksi bahan organik dengan sifat kimia dan fisik tanah

Particulate organic matter dan biomassa mikroorganisme merupakan fraksi bahan organik labil sehingga bila tanah diolah mudah terjadi mineralisasi C dan N (Hassink, 1995). Perubahan fraksi bahan organik secara tidak langsung akan mempengaruhi ketersediaan unsur hara dalam tanah. Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa perubahan fraksi-fraksi bahan organik berkorelasi terhadap peubah P-tersedia, K-tersedia, dan N-total tergantung cara pemberian bahan organik (Tabel 6).

Pada Ultisols Jasinga yang telah terdegradasi, bila bahan organik diberikan dengan cara disebar, ketersediaan P dalam tanah ditentukan oleh semakin banyaknya jumlah mikroorganisme yang hidup (C_{mic}) dan C-organik dalam tanah, tetapi tidak ada pengaruhnya bila bahan organik dicampur. Hal ini berarti bila bahan organik diberikan dengan cara dicampur, dalam selang satu musim tanam, perubahan yang terjadi pada fraksi bahan organik tidak mempengaruhi P-tersedia.

Tabel 6. Korelasi fraksi bahan organik dengan sifat kimia dan fisik tanah*Table 6. Correlation between organic matter fraction and soil chemical and physical properties*

Peubah	Pemberian bahan organik disebar				Pemberian bahan organik dicampur			
	C _{mic}	C _{org}	POMt	POMt/C _{org}	C _{mic}	C _{org}	POMt	POMt/C _{org}
P-tersedia	0,623**	0,495*	0,079	-0,067	0,383	0,396	-0,366	-0,391
K-tersedia	0,287	0,405	0,357	0,187	0,235	0,156	-0,533*	-0,449*
N-total	0,170	0,607**	0,278	0,131	0,487*	0,717**	-0,656**	-0,675**
BI	0,478*	0,503*	0,463*	0,310	-0,367	0,373	0,691**	0,568**
RPT	-0,477*	-0,507*	-0,486*	-0,332	0,374	-0,369	-0,691**	-0,569**
PDC	-0,214	-0,083	-0,107	-0,079	0,405	-0,390	-0,638**	-0,513*

Keterangan : * = $P \leq 0,05$; ** = $P \leq 0,01$ POMt : *particulate organic matter* total

Proses pencampuran memberikan akses pada mikroorganisme untuk menjangkau C-organik yang terlindungi secara fisik dalam agregat mikro (53-250 μm). Dengan demikian, proses mineralisasi bahan organik pada tanah yang dicampur berjalan lebih cepat dibandingkan bila bahan organik disebar di permukaan tanah. Itulah sebabnya, bila terjadi penurunan kadar POMt dalam tanah maka K-tersedia dan N-total dalam tanah meningkat, artinya semakin banyak K-tersedia dan N-total dalam larutan tanah maka cadangan unsur hara yang berada pada agregat mikro semakin berkurang. Pengaruh fraksi-fraksi bahan organik terhadap unsur-unsur tersebut hanya berlangsung dalam selang waktu satu musim tanam di mana kemungkinan proses dekomposisi belum berlangsung sempurna. Bahan organik yang diaplikasikan mempunyai nisbah C/N yang berkisar antara 17-26 sehingga memungkinkan untuk terjadinya mineralisasi dan imobilisasi, seperti yang dikemukakan Verstrate (1989) bahwa jika nisbah C/N berkisar 20 sampai 30 maka akan terjadi keseimbangan antara mobilisasi dan imobilisasi.

Pada tanah yang diberi bahan organik dengan cara disebar, semakin besar fraksi bahan organik berupa C_{mic}, C-organik, dan nisbah POMt/C_{org} dalam tanah, semakin besar BI dan semakin rendah RPT (Tabel 6). Proses pencampuran akan mengganggu keberadaan agregat mikro sehingga C labil menjadi terbuka terhadap mikroorganisme. Semakin berkurang proporsi kadar *particulate organic matter total* terhadap C-organik (POMt/C_{org}) menyebabkan penu-

runan BI dan peningkatan RPT dan PDC. Ding *et al.* (2002) mendapatkan adanya perubahan agregasi tanah berkaitan erat dengan perubahan fraksi bahan organik labil.

Pada Ultisols Jasinga yang telah terdegradasi, pemeliharaan kualitas fraksi bahan organik sangat perlu dilakukan, karena berpengaruh terhadap perubahan sifat fisik tanah (BI, RPT dan PDC) dan kimia tanah (P-tersedia, K-tersedia, dan N-total). Pemeliharaan fraksi labil berupa biomassa mikroorganisme (C_{mic}) dan *particulate organic matter* total (POMt) dapat dilakukan dengan pemberian bahan organik secara terus menerus sepanjang tahun. Pemberian dengan cara dicampur, akan meningkatkan ketersediaan hara tanah, tetapi berdampak kurang menguntungkan terhadap sifat fisik tanah.

KESIMPULAN

1. Pada Ultisols Jasinga terdegradasi, bila bahan organik diberikan dengan cara dicampur, nisbah C/N bahan organik merupakan parameter kualitas bahan organik yang dominan mempengaruhi kualitas C-organik, POMp, dan C_{mic}, sedangkan kadar lignin bahan organik hanya berpengaruh terhadap C-organik, C_{mic}, dan nisbah C_{mic}/C_{org}.
2. Pada pemberian bahan organik dengan cara disebar, perbedaan kualitas bahan organik tidak mempengaruhi fraksi bahan organik tanah,

hanya nisbah C_{mic}/C_{org} yang dipengaruhi nisbah C/N dan kadar lignin bahan organik.

3. Perubahan pada fraksi labil bahan organik (nisbah $POMt/C_{org}$ dan C_{mic}) diikuti oleh perubahan beberapa sifat kimia dan fisik tanah, namun pengaruhnya tergantung pada cara pemberian bahan organik :
 - pada pemberian bahan organik dengan cara dicampur, semakin tinggi nisbah $POMt/C_{org}$, semakin rendah ruang pori total, pori drainase cepat, K-tersedia, dan N-total, namun berat isi semakin tinggi, dan semakin tinggi C_{mic} maka kadar N-total dalam tanah semakin tinggi.
 - pada pemberian bahan organik dengan cara disebar, semakin tinggi C_{mic} maka berat isi tanah dan P-tersedia semakin tinggi, tetapi ruang pori total semakin rendah.
4. Pada Ultisols Jasinga yang telah terdegradasi, pemeliharaan kualitas fraksi labil bahan organik berupa biomassa mikroorganisme (C_{mic}) dan *particulate organic matter* total ($POMt$) sangat perlu dilakukan karena berpengaruh terhadap perubahan sifat fisik tanah dan kimia tanah, dan dapat dilakukan dengan pemberian bahan organik secara terus menerus sepanjang tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Balesdent, J., C. Chenu, and M. Balabane. 2000.** Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil Till. Res.* 53:215-230.
- Blanco-Canqui, H. and R. Lal. 2004.** Mechanisms of carbon sequestration in soil aggregates. *Cri. Rev. in Plant Sci.* 23(6):481-504.
- Cambardella, C.A. and E.T. Elliott. 1992.** Particulate soil organic matter change across a grassland cultivation sequence. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 56:777-783.
- Ding, D., J.M. Novak, D. Amarasiriwardena, P.G. Hunt, and B. Xing. 2002.** Soil organic matter characteristics as affected by tillage management. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:421-429.
- Gijsman, A.J. 1996.** Soil aggregate stability and soil organic matter fraction under agropastoral systems established in native savanna. *Aus. J. Soil Res.* 34: 891-907.
- Handayanto, E., K.E. Giller, and G. Cadisch. 1997.** Regulating N release from legume tree prunings by mixing residue of different quality. *Soil Biol. Biochem.* 29(9):1417-1426.
- Hassink, J. 1995.** Density fraction of soil macroorganic matter and microbial biomass as predictors of C and N mineralization. *Soil Biol. Biochem.* 27(8):1099-1108.
- Islam, K.R. and R.R. Weil. 2000.** Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. *J. Soil and Water Cons.* 55:69-78.
- Kurnia, U. dan Suwardjo. 1984.** Kepekaan erosi pada beberapa jenis tanah di Jawa menurut metoda USLE. *Pembt. Penel. Tanah dan Pupuk* 3:17-20.
- Kurnia, U., A. Abdurrachman, and S. Sukmana. 1986.** Comparison of two methods in assessing the soil erodibility factor of selected soils in Indonesia. *Pembt. Penel. Tanah dan Pupuk* 5:33-37.
- Kurnia, U. 1996.** Kajian Metode Rehabilitasi Lahan untuk Meningkatkan dan Melestarikan Produktivitas Tanah. Disertasi Fakultas Pasca Sarjana, IPB. Bogor.
- Oades, J.M. 1990.** Association of colloids in soil aggregates. Pp 463-483. *In* De Boodt M.F., Hayes M.H.D., Herbillon A. (Eds.). *Soil Colloids and their Association in Aggregates.* New York.
- Okalebo, J.R., K.W. Gathua, and P.L. Woomer. 1993.** Laboratory Methods of Soil and Plant Analysis. A Working Manual. UNESCO
- Oyedele, D.J., P. Schjonning, E. Sibbesen, and K. Debosz. 1999.** Aggregation and organic matter fraction of three Nigerian soils as affected by soil disturbance and incorporation of plant material. *Soil Till. Res.* 50:105-114.

- Rachman, A., A. Dariah, dan E. Husen. 2004.** Olah tanah konservasi. Hlm 189-210. *Dalam* U. Kurnia *et al.* (Eds.). Teknologi Konservasi Tanah pada Lahan Kering Berlereng. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat.
- Rasiah, V. and B.D. Kay. 1999.** Temporal dynamics of microbial biomass and mineral N in legume amended soils from spatially variable landscape. *Geoderma*. 92:239-256.
- Stevenson, F.J. 1982.** Humus Chemistry, Genesis, Composition, Reaction. 2nd ed. New York. John Wiley and Sons.
- Verstraete, W. 1989.** Soil Microbial Ecology. State Univ. Ghent.
- Wander, M.M., S.J. Traina, B.R. Stinner, and S.E. Peters. 1994.** Organic and conventional management effects on biologically active soil organic matter pools. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 58:1130-1139.