

# PENGARUH JENIS TANAMAN PENUTUP DAN PENGOLAHAN TANAH TERHADAP SIFAT FISIKA TANAH PADA LAHAN ALANG-ALANG

## *EFFECTS OF COVER CROPS AND TILLAGE SYSTEMS ON SOIL PHYSICAL PROPERTIES OF COGONGRASS LAND*

**Bambang Gonggo M., Bandi Hermawan, dan Dwi Anggraeni**

*Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu*

*bgonggo@yahoo.com*

### ABSTRACT

Amendment of soil physical properties on cogongrass field is required for crop production. Objective of this study was determine the physical properties of the soil that was previously populated by cogongrass as affected by cover crops and tillage systems. A split plot design was used to allocate the combinations of conventional tillage and no-tillage system with 5 species of cover crops. Results showed that the properties of soil physic were not affected by cover crop species. No-tillage resulted in lower bulk density, but higher porosity and organic content, compared to conventional tillage.

*Keywords:* soil physics, cultivation, cover crops.

### ABSTRAK

Pemanfaatan lahan alang-alang untuk produksi tanaman memerlukan peningkatan sifat-sifat fisika tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh tanaman penutup dan tindakan pengolahan tanah terhadap beberapa sifat fisika tanah. Dua macam cara pengolahan tanah dan lima jenis tanaman penutup disusun menurut Rancangan Petak Terbagi. Sebagian petak percobaan diolah secara konvensional sedangkan sebagian lagi dibiarkan tanpa diolah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis tanaman penutup tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap sifat fisika tanah. Akan tetapi, tanah yang tidak diolah memiliki nilai berat volume yang lebih rendah serta nilai porositas dan karbon organik yang lebih tinggi dibandingkan tanah yang diolah.

*Kata kunci :* sifat fisika tanah, pengolahan tanah, tanaman penutup

### PENDAHULUAN

Penurunan kemantapan struktur dan kadar bahan organik tanah dapat menimbulkan perubahan sifat-sifat tanah lain seperti menurunnya porositas tanah, permeabilitas tanah dan biologi tanah. Perubahan ini merupakan masalah yang disebabkan oleh perubahan tataguna tanah dan jika dibiarkan dapat menyebabkan degradasi lahan.

Pengolahan tanah tanpa didukung dengan tindakan konservasi tanah menyebabkan

menurunnya produktivitas tanah secara cepat. Pemanfaatan lahan alang-alang untuk pertanian dengan memperbaiki produktivitasnya jauh lebih baik dibandingkan membuka hutan, karena pembukaan hutan baru akan memberikan dampak negatif terhadap kualitas lingkungan (Aprisal, 2000).

Dalam upaya konversi lahan alang-alang menjadi lahan pertanian yang produktif dan bersifat lestari, maka perlu dilakukan perbaikan sifat-sifat tanah terutama pengelolaan bahan organik tanah dengan mengatur pola tanam yang

sesuai dengan kondisi daerah setempat. Sistem pertanian konservasi bertujuan agar produktivitas tanah dapat ditingkatkan dan dipertahankan. Menurut Kartasapoetra *et al.* (2000) sistem pertanian konservasi adalah sistem pertanian yang mengintegrasikan teknik konservasi tanah dan air ke dalam sistem pertanian yang telah ada. Tujuan pertanian konservasi adalah untuk meningkatkan pendapatan petani dan memanfaatkan lahan secara terus menerus tanpa batas waktu. Namun penelitian yang mengintegrasikan cara reklamasi lahan alang-alang dan pola tanam dengan komoditi ternak untuk membentuk sistem pertanian lestari masih jarang dilakukan.

Tanaman penutup tanah dari jenis rerumputan dapat berfungsi sebagai pelindung permukaan tanah dari daya dispersi dan daya penghancuran oleh butir-butir hujan, memperlambat aliran permukaan, memperkaya bahan-bahan organik tanah serta memperbesar porositas tanah (Rismunandar, 1989 ; Kartasapoetra *et al.*, 2000). Sedangkan perakarannya dapat meningkatkan kadar bahan organik di dalam tanah dan merupakan medium yang sangat baik bagi mikroorganisme.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh tanaman penutup dan tindakan pengolahan tanah terhadap beberapa sifat fisika tanah di Kabupaten Bengkulu Utara, Propinsi Bengkulu.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada lahan milik Litbang Transmigrasi di Kurotidur, Kecamatan Padang Jaya, Kabupaten Bengkulu Utara, Propinsi Bengkulu, dimulai dari bulan Mei 2002 sampai Maret 2003.

Disain yang digunakan adalah Rancangan Petak Terbagi (*Split Plot Design*). Petak utama

terdiri atas dua macam pengolahan, tanpa diolah ( $p_0$ ) dan diolah ( $p_1$ ). Anak petak terdiri atas tanaman penutup tanah rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) ( $h_1$ ), rumput Raja (*Pennisetum purpureoides*) ( $h_2$ ), rumput Setaria (*Setaria splendida*) ( $h_3$ ), legum *Indigofera* ( $h_4$ ) dan legum *Arachis sp* ( $h_5$ ). Petak utama dibuat dengan ukuran 5 m x 10 m dan membaginya menjadi 5 anak petak dari setiap ulangan. Sebelum tanam, contoh tanah komposit dan utuh diambil dari setiap petak untuk dianalisis di laboratorium. Penyiraman tanaman dilakukan selama percobaan berlangsung. Setelah tanam, contoh tanah komposit dan utuh diambil kembali dari setiap petak untuk dianalisis sifat-sifat tanahnya.

Variabel tanah yang diamati dalam penelitian ini terdiri atas variabel sifat fisika tanah DBR, BV, K-sat, Pt, dan RP. Sebagai penunjang diamati pula populasi jasad renik tanah. Diameter Berat Rata-rata (DBR) yang dihitung dengan menggunakan rumus (Kemper and Rosenau, 1986). K-sat ditetapkan dengan metode *constant head* (Arnold and Dirksen, 1986). Pengukuran Porositas total (Pt) terlebih dahulu harus ditetapkan BJ masing-masing contoh dan diukur dengan metode piknometer (Danielson and Sutherland, 1986). Resistensi penetrasi (RP) ditetapkan dengan menggunakan penetrometer (Bradford, 1986). Data tanah dianalisis dengan uji t dan uji F pada taraf 5% bila sebarannya normal. Data yang sebarannya tidak normal dianalisis secara statistik nonparametrik dengan uji Kruskal – Wallis (Conover, 1980).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran Berat Volume (BV), Porositas total (Pt) dan Resistensi Penetrasi (RP) tanah pada dua macam pengolahan tanah disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata BV, Pt dan RP pada dua macam pengolahan tanah

Pengolahan tanah	Sifat fisika tanah		
	BV ( $\text{g cm}^{-3}$ )	Pt ( $\text{cm}^3$ pori $\text{cm}^{-3}$ tanah)	RP (MP a)
Pengolahan sebelum tanam			
p <sub>0</sub> (tanpa olah)	0.95 b	0.64 a	2.0
p <sub>1</sub> (diolah)	0.89 a	0.66 a	0
Pengolahan setelah tanam			
p <sub>0</sub> (tanpa olah)	0.71 a	0.72 a	0.67 a
p <sub>1</sub> (diolah)	0.69 a	0.74 a	0.62 a

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menyatakan berbeda tidak nyata pada uji t 5% (pengolahan sebelum tanam). Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menyatakan berbeda tidak nyata pada uji Kruskal Wallis (pengolahan setelah tanam).

Tabel 2. Rata-rata nilai BV, Pt dan RP pada dua macam pengolahan tanah dan lima jenis tanaman penutup tanah.

Perlakuan	Sifat fisika tanah		
	BV ( $\text{g cm}^{-3}$ )	Pt ( $\text{cm}^3$ pori $\text{cm}^{-3}$ tanah)	RP (Mpa)
Tanpa Olah :			
Rumput gajah	0.67 a	0.75 a	0.58 a
Rumput raja	0.67 a	0.72 a	0.67 a
Rumput setaria	0.73 a	0.71 a	0.67 a
Legum <i>Indigofera</i>	0.73 a	0.70 a	0.67 a
Legum <i>Arachis sp</i>	0.73 a	0.71 a	0.75 a
Diolah :			
Rumput gajah	0.67 a	0.74 a	0.58 a
Rumput raja	0.68 a	0.74 a	0.67 a
Rumput setaria	0.68 a	0.74 a	0.58 a
Legum <i>Indigofera</i>	0.72 a	0.72 a	0.58 a
Legum <i>Arachis sp</i>	0.69 a	0.74 a	0.67 a

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menyatakan berbeda tidak nyata pada uji Kruskal Wallis.

Pengolahan tanah sebelum tanam hanya berpengaruh nyata terhadap BV tanah, sedangkan terhadap Pt pengolahan tanah tidak menunjukkan pengaruh yang nyata (Tabel 1). Pengolahan tanah sebelum tanam di bawah kondisi tanpa olah ( $p_0$ ) dan diolah ( $p_1$ ) terjadi penurunan BV tanah masing-masing sebesar 25.26% dan 22.47% sedangkan Pt sedikit meningkat masing-masing 12.50% dan 12.12%. Percobaan sebelumnya juga menunjukkan hal yang serupa yaitu terjadi penurunan BV dari  $1.43 \text{ g cm}^{-3}$  menjadi  $0.92 \text{ g cm}^{-3}$  setelah tanah diolah (Gonggo, 1996). Hal ini diduga karena pengolahan tanah merubah persen pori di dalam tanah seperti pori makro yang menjadi lebih banyak daripada pori mikro (Soepardi, 1983; Cambardella and Elliott, 1993). Pori makro merupakan tempat air yang tidak dapat

ditahan oleh tanah atau air gravitasi yang bertujuan untuk drainase dan pertukaran udara (Manik *et al.*, 1998). Pengolahan tanah menyebabkan rendahnya BV karena meningkatnya distribusi ruang pori tanah (Djuniwati, 1998). Pengolahan tanah juga menyebabkan penurunan C-organik tanah masing-masing sebesar 12.85% dan 51.62%. Penurunan tersebut diduga karena pengolahan tanah mengakibatkan tingginya proses pelapukan bahan organik (BO). Pengolahan tanah bertujuan untuk memperbaiki sruktur yang menunjang proses pelapukan BO sehingga mengakibatkan rendahnya C-organik tanah (Cambardella and Elliott, 1993).

Modifikasi secara vegetatif dengan dua macam pengolahan dan lima jenis tanaman penutup tanah berpengaruh tidak nyata terhadap BV, Pt dan RP (Tabel 2).

Perlakuan pengolahan tanah dan tanaman penutup tanah berpengaruh tidak nyata terhadap BV, Pt dan RP. Hal ini diduga karena struktur tanah remah, berkurang kepadatan tanah dan sulit untuk mengubah struktur tanah hanya dalam satu musim tanam (Wahyuni, 1994). Secara rata-rata terlihat bahwa Pt sedikit meningkat sedangkan BV dan RP menurun. Nilai BV dan RP yang sangat kecil ini kemungkinan disebabkan berkurangnya kepadatan tanah karena ruang bekas sisa tanaman yang telah terdekomposisi membentuk pori mako yang cukup stabil sehingga tanah sarang dan aktivitas perakaran tanaman (Afandi *et al.*, 1998). Di samping itu distribusi pori oleh perakaran dan penambahan BO juga mampu menurunkan BV meskipun proses agregasi belum terjadi (Afandi *et al.*, 1998). Jika proses agregasi telah terjadi maka ruang pori akan menempati posisi di dalam dan diantara butir-butir tanah yang beragregasi. Nilai RP kurang dari 1 MPa juga disebabkan aktivitas akar tanaman dalam melakukan evapotranspirasi yang menyebabkan proses pembasahan dan pengeringan lebih intensif. Aktivitas akar dalam meyerap air dan konsentrasi akar pada lapisan atas mendorong terjadinya pergerakan air ke lapisan atas. Proses pembasahan berlangsung cepat karena air infiltrasi masuk, sebaliknya pengeringan juga berlangsung cepat akibat aktivitas akar. Proses pembasahan dan pengeringan diduga membentuk struktur lapisan bawah yang lebih longgar dan mantap (Afandi *et al.*, 1998). Perbedaan antara vegetasi yang satu dengan lainnya juga tidak terdeteksi melalui pengukuran di lapangan menggunakan penetrometer.

Tanaman dapat memperbaiki sifat tanah setelah tanaman tersebut berumur  $\pm 2 - 3$  tahun (Handayani, 2002). Tanaman rumput Gajah dan *Setaria splendida* beberapa tahun kemudian diduga dapat menurunkan BV karena pengaruh sistem perakaran (serabut) di dalam tanah. Tanaman yang mempunyai perakaran yang lebih banyak dan menyumbangkan BO yang lebih tinggi cenderung meningkatkan Pt (Handayani, 2002). Banyaknya ruang pori terbentuk karena aktivitas perombakan BO dari guguran daun oleh

mikroorganisme, sehingga membuat tanah lebih sarang. Vegetasi rumput atau legum tahan terhadap kekeringan karena perakarannya dalam  $\pm 4.5$  cm (Rismunandar, 1989).

Hasil rangkuman rata-rata K-sat, DBR, C-organik, *Glomus sp*, *Gigaspora sp* dan *Scutellospora sp* pada dua macam pengolahan tanah dan lima jenis tanaman penutup tanah seperti terlihat pada Tabel 3.

Tanaman tidak berpengaruh terhadap K-sat dan DBR. Demikian juga terhadap sifat-sifat biologi tanah (C-organik, *Glomus sp*, *Gigaspora sp* dan *Scutellospora sp*) yang diamati. Modifikasi vegetatif pada dua macam pengolahan dan lima jenis tanaman penutup tanah tidak berpengaruh diduga karena umur tanaman yang singkat sehingga kontribusi tanaman ke tanah sedikit. Pengaruh tanaman dapat memperbaiki sifat-sifat tanah setelah tanaman tersebut berumur 2–3 tahun (Handayani, 2002; Afandi *et al.*, 1998). Perbedaan kualitas substrat yang berasal dari akar tanaman dan produk rhizosfer juga mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dan pembentukan agregat di rhizosfer (Handayani, 2002 ; Afandi *et al.*, 1998).

Tanaman juga berpengaruh dalam memelihara kandungan BO dan membuat struktur tanah semakin mantap serta mempertahankan K-sat tetap baik (Andrade *et al.*, 1998; Aprisal, 2000).

Terdapat korelasi yang rendah antara sifat fisika dan biologi tanah, yaitu antara DBR dan C-organik, serta *Glomus sp* dengan nilai koefisien korelasi 0.40 dan 0.01. Hal ini diduga karena akar tanaman dan struktur mikoriza berada dalam sel yang sama, sehingga berpengaruh terhadap mikoriza dalam mengubah ketahanan sel parasit fungi lainnya. Rendahnya korelasi antara DBR dan K-sat, serta *Gigaspora sp* dan *Scutellospora sp* diduga karena fungsi parasitik pada perakaran. Aktivitas akar berpengaruh terhadap mikoriza, misalnya polimyxa (Mozafar *et al.*, 2000). Peningkatan polimyxa dan akar di bawah kondisi tanpa olah karena spora istirahat pada saat fungi menghasilkan zoospora saat tanah lembab dibandingkan olah tanah (Mozafar *et al.*, 2000).

Tabel 3. Rata-rata nilai K-sat, DBR, C-organik, *Glomus sp*, *Gigaspora sp*, *Scutellospora sp* pada pengolahan tanah dan tanaman penutup tanah.

Perlakuan	K-sat (cm jam <sup>-1</sup> )	DBR (mm)	C- org (%)	<i>Glomus sp</i> (spora per g tanah)	<i>Gigaspora sp</i> (spora per g tanah)	<i>Scutello spora sp</i> (spora per g tanah)
Tanpa Olah :						
Rumput gajah	88.05 a	2.83 a	4.26 a	10.67 a	6.00 a	3.33 a
Rumput raja	103.39 a	2.33 a	3.52 a	8.00 a	4.67 a	3.33 a
Rumput setaria	97.7 a	2.60 a	3.87 a	9.33 a	4.67 a	2.67 a
Legum	88.32 a	2.59 a	4.16 a	8.00 a	6.00 a	4.67 a
<i>Indigofera</i>						
Legum	59.08 a	2.46 a	4.41 a	9.33 a	3.33 a	2.67 a
<i>Arachis sp</i>						
Diolah :						
Rumput gajah	19.79 a	3.33 a	4.23 a	10.67 a	4.67 a	3.33 a
Rumput raja	30.77 a	3.23 a	4.13 a	8.67 a	5.33 a	2.67 a
Rumput setaria	43.73 a	3.21 a	4.06 a	7.33 a	4.67 a	2.67 a
Legum	22.81 a	3.23 a	4.31 a	8.67 a	3.33 a	2.67 a
<i>Indigofera</i>						
Legum	26.09 a	3.07 a	4.27 a	8.00 a	4.67 a	2.67 a
<i>Arachis sp</i>						

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menyatakan berbeda tidak nyata. Variabel K-sat, *Glomus sp*, *Gigaspora sp* dan *Scuellospora sp* dianalisis dengan uji F dan variabel DBR dan C-organik dengan uji Kruskal Wallis .

Tabel 4. Rata-rata nilai K-sat DBR, C-organik, *Glomus sp*, *Gigaspora sp* dan *Scutellospora sp* pada dua macam pengolahan tanah (data diambil 6 bulan setelah tanam).

Pengolahan	K-sat (cm jam <sup>-1</sup> )	DBR (mm)	C- org (%)	<i>Glomus sp</i> (spora/g tanah)	<i>Gigaspora sp</i> (spora/g trnh)	<i>Scutello spora sp</i> (spora/gtanah)
p <sub>0</sub> (tanpa olah)	87.31 b	2.56 a	4.04 a	9.07 a	4.93 b	3.33 a
p <sub>1</sub> (diolah)	28.64 a	3.22 b	4.20 a	8.67 a	4.53 a	2.80 a

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menyatakan berbeda tidak nyata. Variabel K-sat, *Glomus sp*, *Gigaspora sp* dan *Scuellospora sp* dianalisis dengan uji F dan variabel DBR dan C-organik dengan uji Kruskal Wallis.

Pengolahan tanah berpengaruh nyata terhadap K-sat, DBR, dan *Gigaspora sp*, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap C-organik, *Glomus sp*, *Scutellospora sp*. Pengolahan tanah setelah penanaman dapat memperbaiki K-sat dan DBR (Tabel 4).

Pengolahan tanah berpengaruh terhadap kemantapan BO dan struktur karena sifat partikel menyatu pada agregat yang stabil (Six *et al.*, 1998). Tanpa olah dengan lima jenis tanaman penutup tanah meningkatkan K-sat karena tanah yang tidak diolah struktur tanahnya tidak rusak, sehingga dapat mempertahankan ruang pori yang

mempermudah air merembes ke dalam tanah, (Manik *et al.*, 1998).

Perbedaan jenis vegetasi invasi juga mempengaruhi keragaman sifat-sifat fisika tanah seperti K-sat, BV tanah dan Pt serta jumlah total spora mikoriza pada tanah (Handayani, 2002). Asosiasi akar vegetasi dengan mikoriza juga turut menstimulasi kondisi rhizosfer pada lingkungan tumbuh vegetasi tersebut (Mozafar *et al.*, 2000). Rendahnya populasi mikoriza secara keseluruhan, juga diduga karena pengambilan sampel tanah dilakukan dimusim kemarau dan juga kehidupan rhizosfir kurang mendukung proses asosiasi

karena kurangnya nutrisi untuk mikoriza atau karena akar memproduksi zat-zat tertentu yang kurang disukai oleh mikoriza (Islami dan Utomo, 1995; Handayani, 2002). Sistem perakaran tanaman secara aktif memberikan sumbangan dan secara tidak langsung mempengaruhi agregasi tanah (Bathke *et al.*, 1992; Subba-Rao, 1994).

## KESIMPULAN

Perbedaan jenis tanaman penutup menunjukkan pengaruh yang tidak nyata terhadap semua variabel. Dibandingkan nilai sebelum pengolahan, tanpa olah dan olah menurunkan BV secara nyata masing-masing sebesar 25.26% dan 22.47% dan meningkatkan secara nyata C-organik masing-masing sebesar 12.85% dan 51.62%. Pengolahan tanah juga meningkatkan Pt sebesar 12.50% dan 12.12%. Terdapat korelasi yang rendah antara DBR dan C-organik, serta *Glomus sp* dengan  $r = 0.40$  dan  $0.01$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, R.A.B. Rosadi, T.K. Maik, M. Senge, T. Adachi dan Y. Oki. 1998. Pengaruh pengelolaan gulma di bawah tanaman kopi terhadap beberapa sifat fisika tanah. Pengamatan tahun I. J. Tanah Trop. (7):7-11.
- Andrade, G; K.L. Mihara, R.G. Linderman, and G.J. B. Falvay. 1998. Soil agregation status and rizobacteria in the microrizosphere. Plant and Soil. 202:89-96.
- Aprisal, 2000. Kajian reklamasi lahan marjinal alang-alang dan model sistem usaha tani terpadu untuk membangun pertanian lestari di daerah transmigrasi Pandan Wangi Peranap Riau. Program Pasca Sarjana. IPB, Bogor. (Tidak dipublikasikan).
- Arnold, K and C. Dirksen. 1986. Hydraulic Conductivity and Diffusivity : Laboratory Methods. Pages 687-734 in A. Klute ed. Methods of Soil Analysis. Agronomy 9. Part. 1, 2<sup>nd</sup> ed. Physical and Mineralogical Properties. ASA-SSSA, Wisconsin, Madison.
- Bathke, G.R., D.K. Cassel, W.L. Hargrove and P.M. Porter. 1992. Modification of soil Physical properties and growth response. Soil Sci. 154 (4):316 - 329.
- Bradford, J.M. 1986. Penetrability. Pages 463-478 in A. Klute ed. Methods of Soil Analysis. Agronomy 9. Part. 1, 2<sup>nd</sup> ed. Physical and Mineralogical Properties. ASA-SSSA, Wisconsin, Madison.
- Cambardella, C.A and E.T. Elliott. 1993. Carbon and nitrogen distribution in aggregates from cultivated and native grassland soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 57:1071-1076.
- Conover, W.J. 1980. Practical Nonparametrics Statistics. John Wiley and Sons, New York.
- Danielson, R.E and P.L. Sutherland. 1986. Porosity. Pages 443-462 in A. Klute ed. Methods of Soil Analysis. Agronomy 9. Part. 1, 2<sup>nd</sup> ed. Physical and Mineralogical Properties. ASA-SSSA, Wisconsin, Madison.
- Djuniwati, S. 1998. Distribusi kalium, kalsium dan magnesium dapat dipertukarkan pada beberapa tingkat pengolahan tanah pertanaman nanas di tanah Ultisol Terbanggi Besar Lampung Tengah. J. Tanah Trop. (6):99-110.
- Gonggo, B.M. 1996. Rehabilitasi lahan alang-alang dengan cara pengolahan tanah dan penanaman ubi jalar [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai [*Glycine max* (L.) Merr.]. J.Penelitian UNIB. 5:39-47.
- Handayani, I.P. 2002. Laporan Penelitian. Pendayagunaan vegetasi invasi dalam proses agradasi tanah untuk percepatan restorasi lahan kritis. Lembaga Penelitian Universitas Bengkulu, Bengkulu.
- Islami, T. dan W.H. Utomo. 1995. Hubungan Tanah, Air dan Tanaman. IKIP Semarang.
- Kartasapoetra, G., A.G. Kartasapoetra, dan M.M. Sutedjo. 2000. Teknologi Konservasi Tanah dan Air. Edisi ke II. Rineka Cipta, Jakarta.
- Kemper, W.D and R.C. Rosenau. 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. Pages 425-442 in A. Klute ed. Methods of Soil Analysis. Agronomy 9. Part. 1, 2<sup>nd</sup> ed. Physical and

- Mineralogical Properties. ASA-SSSA, Wisconsin, Madison.
- Manik, K.E.S., Afandi dan Soekarno. 1998. Karakteristik fisika tanah pada perkebunan nanas yang diolah sangat intensif di Lampung Tengah. *J. Tanah Trop.* (7):1-6.
- Mozafar, A., T. Anken, R. Ruh, and E. Frossard. 2000. Tillage intensity, mycorrhizal and nonmycorrhizal fungi, and nutrient concentrations in maize, wheat, and canola. *Agron. J.* 92:1117-1124.
- Rismunandar. 1989. Mendayagunakan Tanaman Rumpun. Sinar Baru, Bandung.
- Six, J., E.T. Elliott, K. Paustian, and J.W. Doran, 1998. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am.J.* 62:1367-1377.
- Soepardi, G. 1983. Sifat dan Ciri Tanah. Departemen Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian. IPB. Bogor. 29-50.
- Subba-Rao, N.S. 1994. Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. Edisi ke II. Penerbit UI. Jakarta.
- Wahyuni E, D. 1994. Perubahan pori tanah pada berbagai sistem olah dan pertanaman jagung dan kedelai. *Agrivita.* 17(2):88-91.