

Penggunaan *Mucuna bracteata* pada Berbagai Kemiringan Lahan Kelapa Sawit TBM-III dalam Rangka Perbaikan Sifat Fisik Tanah

The using *Mucuna bracteata* at Various Land Slope of Oil Palm TBM-III for the Improvement of Soil Physical Properties

Sanda Ratna Sari¹, Wawan² dan Idwar²

Program Studi Agroteknologi, Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Riau, Kode Pos 28293, Pekanbaru
Email ; Sandaratna26@gmail.com/085271565281

ABSTRACT

*The purpose of this study was to determine the effect using LCC *Mucuna bracteata* at various land slope of palm TBM-III on soil physical properties and plant root growth of palm oil. This research has been conducted in PTPN V Unit Lubuk Dalam, Siak and the analysis of soil physical properties at Soil Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Riau. This study lasted from January to April 2016. The research was conducted by using split plot design. The level of land slope (K) as the main plot which are: K1 = land slope 0% - 3%, K2 = land slope >3% - 8%, K3 = land slope >8% - 15%. The using LCC *Mucuna bracteata* (M) as the subplot, which are: M0 = land planted with oil palm without LCC *Mucuna bracteata*, M1 = land planted with oil palm LCC *Mucuna bracteata*. Parameters observed are water content airy, soil temperature, bulk density, particle density, total of pore space, permeability, soil organic matter, root dry weight, root volume and root occupy. The results showed: (1) the interaction of land slope and the using LCC *Mucuna bracteata* does not affect all of the soil physical properties and the root growth of oil palm plantations, except for water content airy in the soil depth 20-30 cm; (2) the land slope only affects the water content airy in the soil depth 0-10 cm; and (3) the using LCC *Mucuna bracteata* effect on water content airy, bulk density, particle density, total pore space in the soil depth of 0-5 cm, permeability and soil organic matter.*

Keywords: *Mucuna bracteata*, land slope, soil physical properties

PENDAHULUAN

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang mengalami perkembangan pesat di Provinsi Riau. Luas perkebunan kelapa sawit di Provinsi Riau pada tahun 2009 sebesar 1.925.341 ha dengan total produksi sebesar 5.311.400 ton TBS dan terus mengalami peningkatan pada tahun 2013 luasnya mencapai 2.399.172 ha dengan total produksi

6.384.540 ton TBS (Badan Pusat Statistik, 2013).

Sebagian perkebunan kelapa sawit di Provinsi Riau saat ini telah memasuki masa usia tua dan sudah waktunya untuk diremajakan (*replanting*), karena telah berusia antara 25 – 30 tahun. *Replanting* bertujuan untuk mempertahankan produktivitas area perkebunan kelapa sawit. Pada tahap ini diperlukan perencanaan yang matang dan terperinci

untuk menghindari terjadinya kerugian selama kegiatan peremajaan (Mangoensoekardjo dan Semangun, 2005).

Kemiringan lahan merupakan faktor yang perlu diperhatikan sejak dari penyiapan lahan pertanian, usaha penanamannya, pengambilan produk – produk serta pengawetan lahan. Lahan yang mempunyai derajat kemiringan yang besar dapat lebih mudah terganggu atau rusak. Tanah yang mempunyai kemiringan >15% dengan curah hujan yang tinggi dapat mengakibatkan longsor tanah dan terhanyut lapisan – lapisan tanah yang subur (Kartasapoetra, 1989).

Peremajaan (*replanting*) tanaman kelapa sawit pada tanah mineral dengan derajat kemiringan yang besar serta curah hujan yang tinggi akan menyebabkan tanah tersebut menjadi rawan terhadap erosi dan berpengaruh terhadap sifat fisik tanah, yaitu meningkatnya nilai *bulk density*, porositas tanah menurun yang berperan penting untuk pergerakan air dan udara di dalam tanah, menghancurkan struktur tanah, terjadinya aliran permukaan (*run-off*) serta menurunkan infiltrasi dan perkolasi (Utomo, 1989).

Penggunaan tanaman penutup tanah pada saat *replanting* di areal perkebunan dapat dijadikan sebagai solusi alternatif untuk mencegah terjadinya aliran permukaan dan erosi. Tanaman penutup tanah yang efektif yaitu *Legume Cover Crop* (LCC). Penggunaan LCC merupakan salah satu cara yang tepat untuk

memperbaiki atau menjaga kesuburan tanah dengan menekan gulma yang ada, mengurangi laju erosi, serta meningkatkan ketersediaan karbon dan nitrogen dalam tanah (Barthes, 2004).

Mucuna bracteata merupakan salah satu tanaman LCC yang dikenal sebagai tanaman yang sangat toleran dan dapat tumbuh dengan baik pada berbagai jenis tanah. *Mucuna bracteata* mampu memproduksi biomassa yang tinggi dan mengandung N lebih tinggi dari tanaman penutup tanah lainnya sehingga perkebunan kelapa sawit menggunakan tanaman ini pada areal peremajaan karena menghasilkan bahan organik yang tinggi (Siagian, 2003).

Bahan organik dapat memperbaiki sifat fisik tanah, diantaranya yaitu: (1) memperbaiki dan membantu pembentukan struktur tanah yang baik, (2) meningkatkan porositas tanah, (3) memperbaiki drainase tanah, (4) meningkatkan kapasitas menahan air, (5) menjaga kelembaban tanah, (6) meningkatkan kemampuan infiltrasi tanah dan (7) menurunkan erabilitas tanah (Herawady, 2004).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan LCC *Mucuna bracteata* pada berbagai kemiringan lahan kelapa sawit TBM-III terhadap sifat fisik tanah dan pertumbuhan akar tanaman kelapa sawit.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini telah dilaksanakan di PTPN V Unit Lubuk Dalam, Kabupaten Siak, Provinsi Riau. Pengambilan sampel tanah dilakukan di areal lahan kelapa sawit yang ditumbuhi LCC *Mucuna bracteata* dan lahan kelapa sawit dengan LCC *Mucuna bracteata* yang dibersihkan. Analisis sifat fisik tanah dilakukan di Laboratorium Tanah Fakultas Pertanian Universitas Riau. Penelitian ini

berlangsung selama 4 bulan mulai dari bulan Januari sampai April 2016.

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu LCC *Mucuna bracteata*, tanaman kelapa sawit TBM-III, kertas label, karet gelang dan plastik bening. Alat – alat yang digunakan dalam pengambilan sampel di lapangan yaitu clinometer, borbegi, termometer tanah, ring sampel, meteran, spidol, pisau cutter, gunting, alat tulis dan kamera. Sedangkan

alat – alat yang digunakan di laboratorium yaitu gelas ukur, permeameter, oven, timbangan analitik dan peralatan untuk analisis sifat fisik tanah lainnya.

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dengan menggunakan Rancangan Petak Terbagi (RPT) yang terdiri dari: Tingkat kemiringan lahan (K) sebagai petak utama (*main plot*) terdiri dari 3 taraf yaitu: K1 = kemiringan lahan 0% - 3%; K2 = kemiringan lahan >3% - 8%; K3 = kemiringan lahan >8% - 15%. Penggunaan LCC *Mucuna bracteata* (M)

sebagai anak petak (*sub plot*) yang terdiri dari 2 taraf yaitu: M0 = lahan kelapa sawit tanpa LCC *Mucuna bracteata*; M1 = lahan kelapa sawit yang ditumbuhi LCC *Mucuna bracteata*.

Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 18 unit percobaan. Data pengamatan yang diperoleh dianalisis secara statistik dengan menggunakan sidik ragam (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji *Duncan's New Multiple Range Test* (DNMRT) pada taraf nyata 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Sifat Fisik Tanah

Kadar Air Lapang

Hasil sidik ragam (Lampiran 1a) menunjukkan bahwa kadar air lapang pada kedalaman tanah 0 – 10 cm dipengaruhi oleh tingkat kemiringan dan penggunaan LCC *Mucuna bracteata* (MB), namun tidak dipengaruhi oleh interaksi antara tingkat kemiringan dengan penggunaan LCC MB. Kadar air lapang pada kedalaman tanah 10 – 20 cm hanya dipengaruhi oleh penggunaan LCC MB,

Tabel 1. Rata – rata kadar air lapang (%) pada berbagai kedalaman tanah dengan tingkat kemiringan dan penggunaan LCC *Mucuna bracteata* (MB)

Kedalaman tanah 0 – 10 cm	
Faktor	Kadar air lapang (%)
<u>Tingkat kemiringan</u>	
0% - 3%	29.47 a
>3% - 8%	24.76 ab
>8% - 15%	23.04 b
<u>Penggunaan LCC MB</u>	
Tanpa MB	21.61 b
Ditumbuhi MB	29.90 a
Kedalaman tanah 10 – 20 cm	
<u>Penggunaan LCC MB</u>	
Tanpa MB	23.37 b
Ditumbuhi MB	28.24 a
Kedalaman tanah 20 – 30 cm	
<u>Penggunaan LCC MB</u>	
Tanpa MB	21.33 b
Ditumbuhi MB	26.40 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DNMRT pada taraf 5%

namun tidak dipengaruhi oleh tingkat kemiringan atau interaksi antara kemiringan dengan penggunaan LCC MB. Kadar air lapang pada kedalaman tanah 20 – 30 cm dipengaruhi oleh penggunaan LCC MB dan interaksi antara tingkat kemiringan dengan penggunaan LCC MB, namun tidak dipengaruhi oleh tingkat kemiringan. Hasil uji lanjut DNMRT pada taraf 5% atas kadar air lapang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar air lapang pada lahan kelapa sawit yang ditumbuhi LCC MB lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa MB pada kedalaman tanah 0 – 10 cm, 10 – 20 cm maupun 20 – 30 cm. Peningkatan kemiringan menyebabkan semakin rendahnya kadar air lapang. Kemiringan >8% - 15% memiliki kadar air lapang yang lebih rendah dibandingkan kemiringan 0% - 3%, tetapi tidak demikian terhadap kadar air lapang pada kemiringan >3% - 8%.

Peningkatan kadar air lapang pada lahan kelapa sawit yang ditumbuhi LCC MB karena adanya tanaman penutup tanah yang dapat mempertahankan kelembaban tanah dari pengaruh langsung sinar matahari, sehingga kehilangan air tanah yang disebabkan oleh evaporasi (penguapan air tanah terutama disebabkan oleh sinar matahari) menjadi berkurang. Menurut Subronto dan Harahap (2002), laju penutupan LCC *Mucuna bracteata* dapat mencapai 2 – 3 m² per bulan. Penutupan areal secara sempurna akan dicapai pada saat memasuki tahun ke-2, dengan ketebalan vegetasi berkisar 40 – 100 cm. Pada tahun ke-3 bahan kering yang dihasilkan dapat mencapai 8 – 10 ton/ha, sedangkan kacang lain hanya 4,4 ton/ha.

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa pada kedalaman tanah 0 – 10 cm, kadar air lapang semakin rendah dengan semakin meningkatnya kemiringan. Hal ini diduga karena adanya pengaruh gaya berat (gravitasi) dan aliran permukaan yang terjadi pada kemiringan >8% - 15% lebih

besar dibandingkan dengan kemiringan 0% - 3% maupun >3% - 8% sehingga dapat memperbesar energi angkut air. Paimin *et al.* (2002) menyatakan bahwa pada lahan yang miring, tanah lebih rentan mengalami kerusakan terutama oleh erosi dibandingkan lahan yang relatif datar. Selain itu pada lahan miring, absorpsi (penyerapan) air juga lebih sedikit dibandingkan dengan lahan yang relatif datar sehingga ketersediaan air untuk tanaman lebih sedikit dalam zona iklim yang sama.

Tingkat kemiringan yang semakin besar menyebabkan jumlah butir-butir tanah yang terpercik ke bawah oleh tumbukan air hujan semakin banyak, sehingga mengakibatkan lapisan tanah atas (*top soil*) dan lapisan bahan organik tanah menjadi terkikis, akibatnya tanah menjadi padat dan air yang masuk ke dalam tanah yang dapat diikat oleh partikel – partikel tanah menjadi lebih sedikit (Daud, 2007). Hal ini menyebabkan kemampuan tanah untuk menahan air lebih rendah karena tanah mempunyai sedikit pori – pori halus yang dapat diisi air. Akibatnya, kadar air lapang pada kemiringan >8% - 15% lebih sedikit dibandingkan kadar air lapang pada kemiringan >3% - 8% maupun kemiringan 0% - 3%.

Pada kedalaman tanah 20 - 30 cm, kadar air lapang dipengaruhi oleh interaksi antara tingkat kemiringan dengan penggunaan LCC MB. Hasil uji lanjut DNMRRT pada taraf 5% atas kadar air lapang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Interaksi antara tingkat kemiringan dengan penggunaan LCC *Mucuna bracteata* atas kadar air lapang (%) pada kedalaman tanah 20 – 30 cm

Tingkat Kemiringan (%)	Kedalaman tanah 20 – 30 cm	
	Penggunaan LCC MB	
	Tanpa MB	Ditanami MB
0% - 3%	21.17 d	29.33 a
>3% - 8%	21.85 cd	25.22 b
>8% - 15%	20.98 d	24.65 bc

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

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa pada lahan kelapa sawit tanpa *Mucuna bracteata* peningkatan kemiringan tidak menghasilkan penurunan kadar air lapang yang nyata, namun pada lahan kelapa sawit yang ditumbuhi *Mucuna bracteata* peningkatan kemiringan menghasilkan penurunan kadar air lapang yang nyata. Hal ini ditunjukkan dari kadar air lapang pada kemiringan >3% - 8% yang ditumbuhi MB menurun 4,11% dibandingkan kadar air lapang pada kemiringan 0% - 3% yang ditumbuhi MB, sedangkan kadar air lapang pada kemiringan >8% - 15% menurun 4,68% dibandingkan kadar air lapang pada kemiringan 0% - 3% dan menurun 0,57% pada kemiringan >3% - 8% ditumbuhi *Mucuna bracteata*.

Adanya interaksi antara tingkat kemiringan dan penggunaan LCC MB pada kedalaman 20 – 30 cm ini diduga karena LCC MB memiliki perakaran yang dalam dan tersebar di atas permukaan tanah sehingga dapat mempermudah air

masuk ke dalam tanah. Menurut Harahap dkk (2008), laju pertumbuhan akar *Mucuna bracteata* cukup tinggi sehingga pada umur di atas tiga tahun akar utamanya dapat mencapai panjang 3 meter. Seyhan (1990) dan Asdak (1995), mengemukakan bahwa masuknya akar ke dalam tanah dengan kedalaman tertentu dapat membuat agregat – agregat tanah renggang, sehingga akan menimbulkan celah – celah jalan masuknya air ke dalam tanah.

Bulk density

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa *bulk density* hanya dipengaruhi oleh penggunaan LCC *Mucuna bracteata*, tidak dipengaruhi oleh tingkat kemiringan atau interaksi antara tingkat kemiringan dengan penggunaan LCC *Mucuna bracteata* (MB). Hasil uji lanjut DNMRT pada taraf 5% atas *bulk density* disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata – rata *bulk density* (g/cm³) pada berbagai kedalaman tanah dengan penggunaan LCC *Mucuna bracteata* (MB)

Kedalaman tanah 0 – 5 cm	
Faktor	<i>Bulk density</i> (g/cm ³)
<u>Penggunaan LCC MB</u>	
Tanpa MB	1.07 a
Ditumbuhi MB	0.88 b
Kedalaman tanah 5 – 10 cm	
<u>Penggunaan LCC MB</u>	
Tanpa MB	1.22 a
Ditumbuhi MB	1.07 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DNMRT pada taraf 5%

Tabel 3 menunjukkan bahwa *bulk density* pada lahan kelapa sawit yang ditumbuhi *Mucuna bracteata* (MB) lebih rendah dibandingkan tanpa MB pada kedalaman 0 – 5 cm maupun 5 – 10 cm. Rendahnya *bulk density* pada lahan kelapa sawit yang ditumbuhi MB ini karena adanya bahan organik yang dihasilkan dari LCC MB yang dapat mengurangi

kepadatan tanah. Bahan organik mempunyai berat volume (*bulk density*) yang rendah yaitu kurang dari 0,4 g/cm³, sehingga apabila kandungan bahan organik dalam tanah meningkat, maka berat volume tanah cenderung menurun (Briggs, 1997).

Daun – daun yang gugur maupun batang kacang yang telah mati

mengandung nitrogen yang cukup tinggi. Hal ini menstimulir perkembangan serta kehidupan mikroorganisme yang ada di dalam tanah, meningkatnya aktivitas mikroorganisme tanah akan mempercepat pembusukan bagian – bagian tanaman yang ada di dalam tanah. Selanjutnya unsur – unsur hara menjadi tersedia bagi tanaman (Sarief, 1989).

Pada kedalaman tanah 0 – 5 cm mempunyai nilai *bulk density* yang lebih rendah dibandingkan kedalaman tanah 5 – 10 cm. Hal ini dikarenakan pada kedalaman tanah 0 – 5 cm ketersediaan bahan organik lebih banyak dibandingkan kedalaman tanah 5 – 10 cm, sehingga menyebabkan tanah pada kedalaman tanah 5 – 10 cm lebih padat dibandingkan kedalaman tanah 0 – 5 cm. Menurut Winarti (2012) dalam Kalati (2014),

semakin tingginya bobot isi dengan semakin dalamnya lapisan tanah dapat disebabkan karena pada lapisan bawah tanah kandungan bahan organik cenderung lebih rendah daripada lapisan – lapisan tanah bagian atasnya.

Particle density

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa *particle density* hanya dipengaruhi oleh penggunaan LCC *Mucuna bracteata*, tidak dipengaruhi oleh tingkat kemiringan atau interaksi antara tingkat kemiringan dengan penggunaan LCC *Mucuna bracteata* (MB). Hasil uji lanjut DNMRT pada taraf 5% atas *particle density* disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata – rata *particle density* (g/cm³) pada berbagai kedalaman tanah dengan penggunaan LCC *Mucuna bracteata* (MB)

Kedalaman tanah 0 – 5 cm	
Faktor	<i>Particle density</i> (g/cm ³)
<u>Penggunaan LCC MB</u>	
Tanpa MB	2.46 a
Ditumbuhi MB	2.11 b
Kedalaman tanah 5 – 10 cm	
<u>Penggunaan LCC MB</u>	
Tanpa MB	2.51 a
Ditumbuhi MB	2.19 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DNMRT pada taraf 5%

Tabel 4 menunjukkan bahwa *particle density* lahan kelapa sawit yang ditumbuhi *Mucuna bracteata* MB lebih rendah dibandingkan tanpa MB, baik pada kedalaman 0 – 5 cm maupun 5 – 10 cm. Hal ini disebabkan karena penggunaan LCC MB tidak hanya menghambat limpasan air hujan yang jatuh langsung ke tanah, tetapi juga menghambat pengangkutan partikel tanah oleh curah hujan yang tinggi. Menurut Sullivan (2003) dari segi penutupannya pada permukaan tanah *Mucuna bracteata* dapat membentuk jalinan tanaman yang

sedemikian rapat sehingga permukaan tanah terlindung dari hempasan air hujan yang deras secara langsung dan melindungi tanah dari sinar matahari langsung serta dapat menstabilkan suhu tanah. Hal ini akan mencegah pemadatan tanah sehingga akar tanaman penutup tanah mengikat partikel – partikel tanah, sehingga tanah akan menjadi lebih gembur.

Total Ruang Pori

Hasil sidik ragam (Lampiran 1d) menunjukkan bahwa total ruang pori pada kedalaman tanah 0 – 5 cm hanya dipengaruhi oleh penggunaan LCC MB, namun tidak dipengaruhi oleh tingkat kemiringan atau interaksi antara kemiringan dan penggunaan LCC MB. Sedangkan total ruang pori pada

kedalaman tanah 5 – 10 cm tidak dipengaruhi oleh tingkat kemiringan, penggunaan LCC MB maupun interaksi antara kemiringan dan penggunaan LCC MB. Hasil uji lanjut DNMRT pada taraf 5% atas total ruang pori disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata – rata total ruang pori (%) pada kedalaman tanah 0 – 5 cm dengan penggunaan LCC *Mucuna bracteata* (MB)

Faktor	Total ruang pori (%)
<u>Penggunaan LCC MB</u>	
Tanpa MB	53.00 b
Ditanami MB	62.27 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DNMRT pada taraf 5%

Tabel 5 menunjukkan bahwa total ruang pori pada lahan kelapa sawit yang ditumbuhi MB lebih besar dibandingkan dengan tanpa MB. Peningkatan total ruang pori pada lahan kelapa sawit yang ditumbuhi LCC MB diduga karena LCC *Mucuna bracteata* menghasilkan bahan organik yang dapat merangsang pembentukan agregat tanah dan adanya aktivitas biota di dalam tanah sehingga tanah menjadi gembur yang mempengaruhi nilai bobot isi tanah dan total ruang pori tanah. Menurut Baver (1956), bahan organik pada tanah akan menyebabkan kondisi tanah menjadi sarang karena bahan organik akan menempati ruang diantara partikel tanah sehingga tanah menjadi porous. Picouly (1998) juga menambahkan bahwa bahan

organik berperan dalam melekatkan partikel – partikel tanah, yang mendorong kearah peningkatan stabilitas struktur tanah, sehingga terbentuk struktur yang remah dan porous yang memudahkan aliran air menerobos ke dalam lapisan tanah bagian bawah.

Pada kedalaman 5 – 10 cm, perbedaan kemiringan atau penggunaan LCC MB tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap total ruang pori, namun semakin rendah tingkat kemiringan maka total ruang pori semakin meningkat, sedangkan lahan yang ditumbuhi LCC MB memiliki total ruang pori yang lebih besar dibandingkan tanpa MB. Rata – rata total ruang pori pada kedalaman tanah 5 – 10 cm dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata – rata total ruang pori (%) pada kedalaman tanah 5 – 10 cm dengan tingkat kemiringan dan penggunaan LCC *Mucuna bracteata* (MB)

Tingkat Kemiringan (%)	Penggunaan LCC MB		Rata – rata
	Tanpa MB	Ditumbuhi MB	
Kedalaman tanah 5 - 10 cm			
0% - 3%	51.51	55.90	53.71
>3% - 8%	49.51	52.95	51.23
>8% - 15%	41.73	47.33	44.53
Rata – rata	47.59	52.06	

Berdasarkan Tabel 6 terlihat bahwa terdapat kecendrungan peningkatan total ruang pori pada lahan yang ditumbuhi MB dibandingkan tanpa MB pada berbagai kemiringan. Hal ini sejalan dengan penurunan bobot isi tanah. *Mucuna bracteata* yang berkembang cepat dan menghasilkan serasah yang banyak memungkinkan kegiatan jasad hidup tanah lebih besar. Peningkatan aktivitas organisme akan membentuk ruang pori lebih banyak. Pembentukan ruang pori ini akan mengurangi kepadatan tanah, sehingga bobot isi tanah menjadi menurun. Hal ini sesuai dengan pendapat Foth (1984 dalam Adrinal, 1993) bahwa pembentukan rongga – rongga atau ruang pori dalam tanah dapat mengurangi kepadatan tanah, dengan demikian akan memperkecil bobot isi tanah.

Kedalaman tanah 0 – 5 cm mempunyai nilai total ruang pori yang lebih tinggi dibandingkan kedalaman tanah 5 – 10 cm. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan bahan organik pada lapisan atas (*top soil*) lebih tinggi dibandingkan lapisan bawah. Semakin rendahnya bahan organik tersebut menyebabkan semakin rendah jumlah mikroorganisme di dalam tanah yang berfungsi mengurai atau membuat pori – pori dalam tanah. Junedi (2008) mengatakan bahwa penurunan

kandungan bahan organik maka berakibat kurang terikatnya butir – butir primer menjadi agregat olah bahan organik sehingga porositas tanah menurun.

Permeabilitas

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa permeabilitas hanya dipengaruhi oleh penggunaan LCC *Mucuna bracteata* (MB), tidak dipengaruhi oleh tingkat kemiringan atau interaksi antara tingkat kemiringan dengan penggunaan LCC MB. Hasil uji lanjut DN MRT pada taraf 5% atas permeabilitas disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 menunjukkan bahwa permeabilitas pada lahan kelapa sawit yang ditumbuhi MB lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa MB. Hal ini sejalan dengan meningkatnya total ruang pori, dimana semakin sarang tanah maka permeabilitasnya semakin besar. Terlihat bahwa total ruang pori tanah pada lahan kelapa sawit yang ditumbuhi LCC MB lebih tinggi dibandingkan tanpa LCC MB (Tabel 5). Menurut Adiwiganda (1998), permeabilitas tanah sangat erat kaitannya dengan pori makro pada tanah. Semakin banyak pori makro pada tanah, maka air akan semakin mudah melewati partikel – partikel tanah sehingga nilai permeabilitasnya juga akan semakin besar.

Tabel 7. Rata – rata permeabilitas (cm/jam) pada penggunaan LCC *Mucuna bracteata*

Faktor	Permeabilitas (cm/jam)
<u>Penggunaan LCC MB</u>	
Tanpa MB	16.92 b
Ditumbuhi MB	35.78 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DN MRT pada taraf 5%

Meningkatnya permeabilitas tanah oleh tanaman penutup tanah disebabkan fungsi tanaman kacang ini menyumbangkan bahan organik ke dalam tanah dan adanya sistem perakaran yang baik, dapat membentuk pori – pori tanah menyebabkan tanah menjadi porous sehingga udara dan air lebih mudah

terabsorpsi ke tanah yang menyebabkan laju permeabilitas juga meningkat. Hasil penelitian Lubis (2001) juga mendapatkan bahwa semakin tinggi dosis pupuk kandang yang diberikan ke tanah maka permeabilitas tanah semakin meningkat. Meningkatnya permeabilitas tanah akibat pemberian pupuk kandang ini berkorelasi

pada kemantapan agregat tanah dan juga porositas, dimana peningkatannya seiring dengan meningkatnya laju infiltrasi ke dalam tanah yang akan meningkatkan kemampuan tanah untuk meloloskan air lebih besar. Hal ini juga didukung oleh pendapat Kartasapoetra dkk (1987) yang menyatakan bahwa permeabilitas tanah yang meningkat bila agregasi tanah terbentuk dengan baik dan remah, serta porositas yang semakin tinggi.

Bahan Organik Tanah

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa bahan organik tanah hanya dipengaruhi oleh penggunaan LCC *Mucuna bracteata* (MB), tidak dipengaruhi oleh tingkat kemiringan atau interaksi antara tingkat kemiringan dengan penggunaan LCC MB. Hasil uji lanjut DNMRT pada taraf 5% atas bahan organik tanah disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rata – rata bahan organik tanah (%) pada penggunaan LCC *Mucuna bracteata* (MB)

Faktor	Permeabilitas (cm/jam)
<u>Penggunaan LCC MB</u>	
Tanpa MB	6.53 b
Ditumbuhi MB	8.70 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DNMRT pada taraf 5%

Tabel 8 menunjukkan bahwa bahan organik tanah pada lahan kelapa sawit yang ditumbuhi MB terlihat lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa MB. Kandungan bahan organik tanah yang tinggi pada lahan kelapa sawit yang ditumbuhi LCC MB ini diduga karena pertumbuhan MB yang cepat dan menghasilkan serasah yang sangat banyak serta adanya aktivitas organisme tanah dalam dekomposisi bahan organik. Sarief (1989) menyatakan serasah di permukaan tanah yang disumbangkan oleh tanaman penutup tanah akan terdekomposisi dengan cepat oleh mikroorganisme tanah yang menyebabkan bahan organik meningkat.

Peningkatan bahan organik pada lahan kelapa sawit yang ditanami LCC MB juga dipengaruhi oleh suhu tanah (Lampiran 3). Menurut Suin (1997), suhu tanah merupakan salah satu faktor fisik tanah yang sangat menentukan kehadiran dan kepadatan organisme tanah, dengan demikian suhu tanah akan menentukan tingkat dekomposisi material organik tanah. Dari hasil pengamatan, suhu tanah pada lahan yang ditanami MB lebih rendah dibandingkan dengan tanpa MB. Menurut Hanafiah (2010), temperatur tanah sangat

mempengaruhi aktivitas biota tanah dalam perombakan bahan organik. Aktivitas biota tanah sangat terbatas pada suhu di bawah 10⁰C, laju optimum aktivitas biota tanah yang menguntungkan terjadi pada suhu 18 – 30⁰C, seperti bakteri pengikat N pada tanah berdrainase baik.

Perbaikan sifat fisik tanah akibat penambahan bahan organik adalah meningkatkan daya sanggah air, agregat, permeabilitas dan aerase tanah serta mengurangi aliran permukaan dan erosi. Perbaikan sifat kimia tanah akibat penambahan bahan organik adalah menyediakan unsur hara, memperbaiki kapasitas tukar kation dan meningkatkan kelarutan unsur fosfat dalam tanah. Pengaruh pemberian bahan organik terhadap sifat biologis tanah adalah meningkatkan aktivitas organisme dalam menguraikan bahan organik, dengan demikian unsur hara yang terdapat di dalam tanah menjadi tersedia bagi tanah (Hakim dkk, 1986).

Peranan bahan organik tanah bagi ciri fisik tanah adalah memperbaiki struktur tanah dengan bantuan mikroorganisme tanah, sehingga meningkatkan kemampuan tanah untuk

menahan air dengan cara meningkatkan porositas dan merangsang kekuatan agregat tanah untuk saling mengikat. Pada akhirnya ketika hujan turun, aliran permukaan yang terjadi dapat diperkecil sehingga erosi yang terjadi tidak lebih besar dari air yang diserap (infiltrasi) ke dalam tanah (Poerwowidodo, 1991).

Pertumbuhan Akar Kelapa Sawit Berat Kering Akar

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa berat kering akar tidak dipengaruhi oleh tingkat kemiringan, penggunaan LCC MB maupun interaksi antara tingkat kemiringan dengan penggunaan LCC *Mucuna bracteata* (MB). Rata – rata berat kering akar disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Rata – rata berat kering (g) akar tanaman kelapa sawit pada tingkat kemiringan dan penggunaan LCC *Mucuna bracteata* (MB)

Tingkat kemiringan (%)	Penggunaan LCC MB		Rata – rata
	Tanpa MB	Ditumbuhi MB	
0% - 3%	1.59	1.98	1.78
>3% - 8%	0.66	1.20	0.93
>8% - 15%	0.21	0.75	0.48
Rata – rata	0.82	1.31	

Tabel 9 menunjukkan bahwa lahan kelapa sawit yang ditumbuhi MB menghasilkan berat kering akar yang berbeda tidak nyata dengan tanpa MB. Walaupun demikian, terdapat kecenderungan peningkatan berat kering akar pada lahan yang ditumbuhi MB yang disebabkan oleh perbaikan sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Hasil penelitian Sembiring (2015) mendapatkan bahwa peningkatan dosis mulsa organik *Mucuna bracteata* menghasilkan peningkatan volume akar, berat kering akar dan *root occupy* secara linier yang disebabkan oleh perbaikan sifat – sifat tanah.

Perbaikan sifat fisik tanah ditunjukkan dengan penurunan bobot isi, peningkatan total ruang pori dan infiltrasi. Perbaikan sifat kimia tanah berupa peningkatan nilai pH, C-organik, N-total, KTK, basa – basa dapat ditukarkan, kejenuhan basa dan penurunan P-total tanah. Perbaikan sifat biologi tanah ditunjukkan dari meningkatnya jenis dan populasi makrofauna tanah, mesofauna tanah serta total mikroba. Perbaikan sifat tanah tersebut menghasilkan perbaikan ketersediaan air, udara dan unsur hara sehingga membuat akar – akar tanaman

kelapa sawit baik itu berat akar, bobot kering akar dan volume akar meningkat secara nyata.

Keadaan fisik tanah yang baik apabila dapat menjamin pertumbuhan akar tanaman dan mampu sebagai tempat aerasi dan lengas tanah, yang semuanya berkaitan dengan peran bahan organik. Hardjowigeno (1993) menyatakan bahwa pengaruh bahan organik terhadap tanah dan pertumbuhan tanaman adalah sebagai berikut: (1) Granulator yaitu memperbaiki struktur tanah, (2) Sumber unsur hara bagi tanaman, (3) Menambah kemampuan tanah untuk menahan unsur hara (kapasitas tukar kation menjadi tinggi), (4) Sumber energi bagi mikroorganisme, dan (5) Menambah kemampuan tanah untuk menahan air.

Volume Akar

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa volume akar tidak dipengaruhi oleh tingkat kemiringan, penggunaan LCC MB maupun interaksi antara tingkat kemiringan dengan penggunaan LCC *Mucuna bracteata* (MB). Rata – rata volume akar disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Rata – rata volume akar (cm³) pada tingkat kemiringan dan penggunaan LCC *Mucuna bracteata* (MB)

Tingkat kemiringan (%)	Penggunaan LCC MB		Rata – rata
	Tanpa MB	Ditumbuhi MB	
0% - 3%	6.66	7.33	7.00
>3% - 8%	5.33	5.66	5.50
>8% - 15%	2.33	4.33	3.33
Rata – rata	4.77	5.77	

Tabel 10 menunjukkan bahwa lahan kelapa sawit yang ditumbuhi MB menghasilkan volume akar yang berbeda tidak nyata dengan tanpa MB. Walaupun demikian, terdapat kecenderungan peningkatan volume akar pada lahan yang ditumbuhi MB karena adanya penambahan bahan organik ke dalam tanah yang akan menyuplai hara dan membantu pertumbuhan tanaman termasuk akar tanaman. Hasil penelitian Antari (2014) mendapatkan bahwa pemberian mulsa organik nyata meningkatkan volume akar tanaman kelapa sawit dibandingkan tanpa pemberian mulsa organik. Hal ini dikarenakan mulsa organik yang lambat laun akan terdekomposisi (terjadi mineralisasi) akan menyumbangkan unsur hara untuk tanaman. Selain itu, bahan organik juga memiliki peran yang sangat penting di dalam perbaikan sifat – sifat tanah. Pemberian bahan organik dapat meningkatkan aktifitas mikroorganisme tanah akibatnya kesuburan tanah lebih baik untuk mendukung perkembangan akar

serta memperluas jangkauan akar dalam penyerapan air dan unsur hara.

Menurut Sembiring (2015), peningkatan total ruang pori tentu saja disertai peningkatan aerasi sehingga ketersediaan oksigen meningkat akan berakibat pada peningkatan respirasi akar. Kondisi ini berdampak pada metabolisme tanaman yang lebih baik dan pertumbuhan akar akan meningkat sesuai dosis mulsa organik *Mucuna bracteata* yang diaplikasikan. Penurunan bobot isi akan disertai dengan penurunan hambatan mekanik tanah sehingga dapat meningkatkan intersepsi akar.

Root occupy

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa *root occupy* tidak dipengaruhi oleh tingkat kemiringan, penggunaan LCC MB maupun interaksi antara tingkat kemiringan dengan penggunaan LCC *Mucuna bracteata* (MB). Rata – rata *root occupy* disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Rata – rata *root occupy* (%) pada tingkat kemiringan dan penggunaan LCC *Mucuna bracteata* (MB)

Tingkat kemiringan (%)	Penggunaan LCC MB		Rata – rata
	Tanpa MB	Ditanami MB	
0% - 3%	0.50	0.55	0.52
>3% - 8%	0.40	0.42	0.41
>8% - 15%	0.17	0.32	0.25
Rata – rata	0.36	0.43	

Tabel 11 menunjukkan bahwa lahan kelapa sawit yang ditumbuhi MB menghasilkan *root occupy* yang berbeda tidak nyata dengan tanpa MB. Walaupun

demikian, terdapat kecenderungan peningkatan *root occupy* pada lahan yang ditumbuhi MB karena adanya hubungan yang positif antara sifat fisik tanah seperti

permeabilitas, total ruang pori, drainase dan kerapatan bongkah dengan pertumbuhan tanaman. Hasil uji lanjut DNMR pada taraf 5% atas sifat fisik tanah menunjukkan bahwa sifat fisik tanah pada lahan yang ditumbuhi LCC MB lebih baik dibandingkan tanpa MB (Lampiran 3). Hal ini dikarenakan peran *Mucuna bracteata* terhadap kontribusi hara bagi tanaman. Kandungan unsur hara makro yang cukup besar sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan akar, dimana P yang terkandung dari *Mucuna bracteata* sebesar 23% (Subronto dan Harahap, 2002). Menurut Suriatna (1998), fosfor berperan dalam proses pembelahan sel dan proses respirasi, sehingga mendorong pertumbuhan tanaman, diantaranya pertumbuhan akar.

LCC *Mucuna bracteata* (MB) mengalami dekomposisi menjadi bahan

organik, interaksi bahan organik dengan partikel tanah akan menciptakan struktur tanah yang menjadi sarang dan memperbesar pori tanah sehingga akar dapat berkembang. Hal ini didukung oleh pernyataan Hanafiah (2010) yang mengatakan bahwa tanah dengan struktur yang baik akan mempunyai kondisi drainase dan aerasi yang baik pula, sehingga lebih memudahkan sistem perakaran tanaman untuk berpenetrasi dan menyerap (absorpsi) hara dan air, sehingga pertumbuhan dan produksi. Menurut Martoyo (1992), semakin baik sifat fisik tanah semakin baik pula pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Akar akan mudah menembus tanah biasanya pertumbuhan tanaman secara keseluruhan akan semakin cepat dan akan memberikan hasil yang tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Interaksi antara tingkat kemiringan dan penggunaan LCC *Mucuna bracteata* tidak mempengaruhi semua variabel sifat fisik tanah dan pertumbuhan akar tanaman kelapa sawit, kecuali kadar air lapang pada kedalaman tanah 20 – 30 cm.
2. Tingkat kemiringan hanya mempengaruhi variabel kadar air lapang pada kedalaman tanah 0 – 10 cm, sedangkan penggunaan LCC *Mucuna bracteata* berpengaruh pada variabel kadar air lapang, *bulk density*, *particle density*, total ruang pori pada kedalaman tanah 0 – 5 cm,

permeabilitas dan bahan organik tanah.

3. Kemiringan 0% - 3% dengan lahan kelapa sawit yang ditanami *Mucuna bracteata* menghasilkan perbaikan sifat fisik tanah yang disertai dengan pertumbuhan akar kelapa sawit yang lebih baik dibandingkan dengan kemiringan dan penggunaan LCC *Mucuna bracteata* lainnya.

Saran

Dalam usaha perbaikan sifat tanah di lahan kelapa sawit pada tingkat kemiringan >8 - 15% (landai) disarankan untuk mengaplikasikan teknik konservasi dengan menggunakan LCC *Mucuna bracteata*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwiganda R. 1998. **Pedoman Klasifikasi Kesuburan Tanah di Areal Perkebunan Kelapa Sawit.** Warta PPKS Vol. 6 No. 2. Medan. Hal 63-69.
- Adrinal. 1993. **Pengaruh penggunaan mulsa jerami padi terhadap besarnya kehilangan air tanah pada tanah Vertisol.** Laporan Penelitian. Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang. 19 hal.
- Antari, R. S. 2014. **Pengaruh pemberian mulsa organik terhadap sifat fisik dan kimia tanah serta pertumbuhan akar kelapa sawit.** Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Riau. Pekanbaru. (Tidak dipublikasikan)
- Arsyad, Sitanala. 2000. **Konservasi Tanah dan Air.** IPB Press. Bogor.
- Asdak, C. 1995. **Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.** Gadjah Mada. University Press. Yogyakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2013. **Riau Dalam Angka.** Pekanbaru.
- Barthes, B., A. Azontonde., E. Blanchart., G. Girardin., R. Oliver. 2004. **Effect of legume cover crop (*Mucuna pruriens* var Utilis) on soil carbon in an Ultisol undermaize cultivation in Southren Benin, Soil Use Manag.** 20:231-239.
- Baver L. D. 1956. **Soil Physic**, Third Edition. Jhon Wiley and Sons, Inc. New York.
- Briggs D. J. 1977. **Soil Sources and Menthods in Geography.** Betterworless & Co. LTD. London.
- Daud S. Saribun. 2007. **Pengaruh jenis penggunaan lahan dan kelas kemiringan lereng terhadap bobot isi, porositas total dan kadar air tanah pada Sub-DAS Cikapundung Hulu.** Skripsi Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Jatinangor. (Tidak dipublikasikan).
- Hakim, N., M.Y. Nyakpa., A.M. Lubis., S.G. Nugroho., M.A. Diha., Go Ban Hong dan H.H. Bailey. 1986. **Dasar-Dasar Ilmu Tanah.** Universitas Lampung. Hal 46 – 137.
- Hanafiah, K. A .2010. **Dasar-Dasar Ilmu Tanah.** Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Harahap, I. Y, Hidayat. T, C, Simangunsing, G, Sutarta. E, G, Pangaribuan, Y, Listia, E, Rahutomo, S. 2008. ***Mucuna bracteata*, Pengembangan dan Pemanfaatanya di Perkebunan Kelapa Sawit.** Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan.
- Hardjowigeno, S. 1993. **Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis.** Akademika Pressindo. Jakarta.
- Hardjowigeno, S. 2010. **Ilmu Tanah.** Akademika Pressindo. Jakarta.
- Herawady, E. K. 2004. **Pengaruh serbuk briket organik dan pemberian air terhadap beberapa sifat fisik tanah Latosol merah (*Oxic dystrudept*) Gunung Sindur, evapotranpirasi, pertumbuhan dan produksi tanaman selada (*Lactuxa sativa*).** Skripsi IPB. Bogor. (Tidak dipublikasikan).
- Junedi. H. 2008. **Pengaruh pemberian kompos jerami padi dan kapur**

- guna memperbaiki permeabilitas tanah dan hasil kedelai pada musim tanam II. Prosiding Seminar Sains dan Teknologi-II. Bandar Lampung, 17-18 November 2008.
- Kalati, Veranika. 2014. **Pemberian mulsa vertikal pada lahan belereng serta pengaruhnya terhadap sifat fisik tanah dan pertumbuhan jagung**. Thesis Universitas Negeri Gorontalo. (Tidak dipublikasikan).
- Kartasapoetra, A. G. 1989. **Kerusakan Tanah Pertanian dan Usaha Untuk Merehabilitasinya**. Bina Aksara. Jakarta.
- Lubis, A. 2001. **Pengaruh tanaman penutup tanah dan pupuk kandang terhadap beberapa sifat fisika tanah, aliran permukaan dan erosi pada tanah Ultisol Kebun Tambunan-A**. Skripsi Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian USU. Medan. (Tidak dipublikasikan).
- Manfarizah, Syamaun dan S. Nurhaliza. 2011. **Karakteristik Sifat Fisika Tanah di University Farm Stasiun Bener Meriah**. Jurnal Agrista, Vol 15 (1).
- Martoyo, K. 1992. **Kajian sifat fisik tanah Podsolik untuk tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Sumatera Utara**. Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. (Tidak dipublikasikan).
- Marzuki, Sufardi dan Manfarizah. 2012. **Sifat fisik dan hasil kedelai (*Glycine max* L.) pada tanah terkompaksi akibat cacing tanah dan bahan organik**. Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan, Volume 1 (1).
- Mathews, C. 1999. **The Introduction and Establishment of a New Leguminous Cover Plant, *Mucuna bracteata* Under Oil Palm in Malaysia**. Golden Hope plantations berhad. Bangkok, Thailand.
- Musnawar, E, I. 2003. **Pupuk Organik**. Penebar swadaya. Jakarta.
- Paimin, Triwilaida, dan Wardoyo. 2002. **Upaya peningkatan produktivitas lahan di daerah Tangkapan Air Waduk Gajah Mungkur, Wonogiri**. Prosiding Ekspose BP2TPDAS-IBB Surakarta. Wonogiri, 1 Oktober 2002.
- Picouly, J. H. 1998. **Pengaruh tanaman penutup tanah dan mulsa jerami terhadap beberapa sifat fisik tanah pada dua tingkat kemiringan lereng tanah Ultisol Tambunan-A Langkat**. Skripsi. (Tidak dipublikasikan).
- Poerwowidodo. 1991. **Genesa Tanah: Proses Genesa dan Morfologi**. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Sarief, S. 1989. **Konsevasi Tanah dan Air**. Pustaka Buana. Bandung.
- Siagian, N. 2003. **Potensi dan Pemanfaatan *Mucuna bracteata* sebagai Penutup Tanah di Perkebunan Karet**. Balai Penelitian Karet Sungai Putih. Medan.
- Sitorus, S. R. P, O. Hariandja dan K. R. Brata. 1980. **Penuntun Praktikum Fisika Tanah**. IPB. Bogor.

- Subronto dan Harahap, I, Y. 2002. **Penggunaan kacang penutup tanah *Mucuna bracteata* pada pertanaman kelapa sawit.** Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan. Warta Vol 10 No. 1: 1-6.
- Sullivan, P. 2003. **Intercropping principles and production practices.** In. ATTRA (Appropriate Technology Transfer for Rural Area). U.S. Department of Agriculture.
- Suin, M. N. 1997. **Ekologi Hewan Tanah.** Penerbit Bumi Aksara. Jakarta.
- Suriatna, 1998. **Pemupukan pada Budidaya Tanaman Kelapa Sawit dengan Sistem Kemitraan.** Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Sembiring, I. S. BR. 2015. **Sifat kimia tanah dystropepts dan pertumbuhan akar tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) yang diaplikasi mulsa organik *Mucuna bracteata*.** Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Riau. Pekanbaru. (Tidak dipublikasikan).
- Seyhan, E. 1990. **Dasar – Dasar Hidrologi.** Terjemahan S. Subagyo. Penerbit Gadjah Mada University Press.
- Utomo, W, H. 1989. **Konservasi Tanah di Indonesia. Suatu Rekaman dan Analisa.** Universitas Brawijaya. Malang.
- Wiradisastra. 1999. **Geomorfologi dan Analisis Lanskap.** Laboratorium Penginderaan Jauh dan Kartografi Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.