

Pengaruh Kemiringan Lahan dan *Mucuna bracteata* terhadap Aliran permukaan dan Erosi di PT Perkebunan Nusantara V Kebun Lubuk Dalam

The Effects of Land Slope and *Mucuna bracteata* to the Surface Run-off and Erosion at PT Perkebunan Nusantara V Kebun Lubuk Dalam

Suryanto¹ dan Wawan²

Program Studi Agroteknologi, Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Riau, Kode Pos 28293, Pekanbaru
Email ; *blangkrahjr@gmail.com*
Hp : 082385043872

ABSTRACT

One of the problems that became a threat to the sustainability of the ecosystem and the balance of the farm is land degradation caused by soil erosion due to rains. Elevation and topography that concerns with the land slope also gives effect to the surface run off rate and erosion. The use of *Mucuna bracteata* became one of efforts to address land degradation due to surface run off and soil erosion. This research uses Split Plot Design where the land slope as the main plots and the use of *Mucuna bracteata* swath as sub plots. The main plots consists of 3 levels namely land slope 0 - 8%, land slope 8 - 15% and land slope 15 - 25%, whereas the sub plots consists of 2 levels, namely the use of *Mucuna bracteata* and without the use of *Mucuna bracteata*. Research results show that the land slope and the use of *Mucuna bracteata* effects surface run off and erosion. Significantly the existence interaction between the land slope with the use of *Mucuna bracteata*. The positive correlation between the intensity of rain with surface run off, and surface run off with erosion.

Keywords: *land slope, the use of *Mucuna bracteata*, surface run off, erosion*

PENDAHULUAN

Salah satu masalah yang menjadi ancaman bagi keberlanjutan dan keseimbangan ekosistem pertanian adalah degradasi lahan. Menurut Kurnia dkk (2004) degradasi lahan yang terjadi di Indonesia umumnya disebabkan oleh erosi air hujan. Hal ini sehubungan dengan tingginya jumlah dan intensitas curah hujan, terutama di Indonesia Bagian Barat.

Haridjaja dkk (1991) berpendapat pengaruh elevasi dan topografi yang menyangkut kemiringan lereng memberikan dampak terhadap laju aliran permukaan dan erosi yang terangkut. Air hujan yang mengalir di permukaan tanah akan menghanyutkan partikel tanah permukaan sehingga menutupi pori tanah menimbulkan erosi yang dapat

menyebabkan kehilangan unsur hara dan bahan organik tanah.

Menurut Manurung (2001) erosi yang terjadi pada suatu areal akan meningkat jika terjadi perubahan ekosistem menjadi ekosistem tanaman monokultur seperti perkebunan kelapa sawit. Lahan yang sedikit memiliki vegetasi, tekanan akibat butiran hujan dan dorongan aliran permukaan tidak akan tertahan. Pertambahan laju erosi yang terus meningkat akan berdampak terhadap penurunan produktifitas tanah dan hasil perkebunan.

Kegiatan peremajaan tanaman kelapa sawit (*replanting*), seperti di PT Perkebunan Nusantara V (PTPN V) Kebun Lubuk Dalam yang mengakibatkan lahan

terbuka yang dapat menyebabkan hilangnya fungsi pengendalian aliran permukaan dan erosi. Terutama yang menggunakan alat-alat berat dapat mengakibatkan perubahan sifat fisik tanah akibat pemadatan, yang dapat berakibat pada kerusakan struktur tanah sehingga infiltrasi melambat serta aliran permukaan dan erosi meningkat.

Menurut Muhdi (2004) tanah yang mengalami pemadatan mengakibatkan penurunan laju dan kapasitas infiltrasi, laju pergerakan air di dalam tanah dan aerasi tanah. Pemadatan tanah terus-menerus dapat mengakibatkan akar tanaman tidak mampu menembus tanah tersebut, dan terjadinya erosi terus menerus mengakibatkan lapisan atas tanah kehilangan kesuburan dan tanah semakin menipis. Air hujan yang jatuh di permukaan tanah terbuka memiliki energi kinetik yang lebih besar, sehingga potensi hancurnya agregat tanah lebih besar. Hancuran dari agregat tanah ini dapat menyumbat pori-pori tanah yang menyebabkan laju infiltrasi menurun. Sebagai akibat lebih lanjut, dapat menyebabkan limpasan permukaan.

Berbagai upaya pencegahan untuk mengatasi degradasi lahan akibat aliran permukaan dan erosi dapat dilakukan dengan tindakan konservasi tanah dan air, salah satu metode konservasi tanah dan air yaitu metode vegetatif. Penggunaan *Mucuna bracteata* (MB) termasuk metode vegetatif yang sering digunakan. Seperti

yang diungkapkan Susetyo dan Sudiharto (2006) bahwa MB sangat efektif menghasilkan biomassa lebih tinggi dibandingkan jenis *Legume Cover Crop* (LCC) lain bagi tanaman utama, pertumbuhannya yang cepat, tahan terhadap naungan, tahan terhadap kekeringan, menekan pertumbuhan gulma dan tidak disukai ternak menjadikan MB menjadi LCC yang paling banyak digunakan.

Meskipun MB dapat melakukan beberapa fungsi dalam suatu agroekosistem secara bersamaan, MB sering ditanam untuk tujuan tunggal yaitu mencegah erosi tanah. Tanaman penutup padat berdiri secara fisik memperlambat kecepatan curah hujan sebelum kontak permukaan tanah, mencegah tanah percikan dan aliran permukaan yang menyebabkan degradasi tanah (Romkens *et al.*, 1990 dalam Susetyo dan Sudiharto, 2006). Hal ini juga sejalan dengan ketentuan *Roundtable on Sustainable Palm Oil* (RSPO) dan *Sustainable Palm Oil System* (ISPO) yang menekankan pada konservasi lahan dan penggunaan tanaman penutup tanah dalam rangka konservasi lahan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kemiringan lahan dan *Mucuna bracteata* terhadap aliran permukaan dan erosi yang terjadi di perkebunan kelapa sawit PT Perkebunan Nusantara V Kebun Lubuk Dalam.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini telah dilaksanakan di kebun kelapa sawit Tanaman Belum Menghasilkan III (TBM III) PT Perkebunan Nusantara (PTPN) V Kebun Lubuk Dalam, Kabupaten Siak, Provinsi Riau selama 3 bulan pengamatan dengan jangka waktu Februari sampai dengan April 2016.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Mucuna bracteata*, tanaman kelapa sawit TBM III,

terpal hitam, kertas label, karet gelang, kertas saring, dan plastik bening. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu petak pengamatan erosi, alat penakar hujan/ombrometer, botol ukuran 320 ml, clinometer, alat-alat tulis, meteran, aplikasi analisis statistik SAS versi 9, aplikasi analisis statistik SPSS versi 16, ring sampel, palu, parang babat dan cangkuk. 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 petak ukur aliran permukaan dan erosi menggunakan Rancangan Petak Terbagi (RPT). Kemiringan lahan (K) sebagai petak utama (*main plot*) terdiri dari 3 taraf yaitu: K₀: Kemiringan lahan 0 - 8 %; K₁: Kemiringan lahan 8 - 15 %; K₂: Kemiringan lahan 15 - 25 %. Penggunaan *Mucuna bracteata* (M) sebagai anak petak adalah terdiri dari 2 taraf yaitu: M₀: Perlakuan tanpa *Mucuna bracteata* dan M₁: Perlakuan penggunaan *Mucuna bracteata*.

Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 2 kali sehingga diperoleh 12 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% dan untuk mengetahui hubungan antara jumlah curah hujan dan intensitas hujan dengan aliran permukaan dan erosi, kemudian hubungan aliran permukaan dengan erosi digunakan metode analisis korelasi Pearson dua arah (*two tailed*) menggunakan aplikasi analisis statistik *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versi 16.

Adapun parameter pengamatan terdiri dari aliran permukaan, koefisien aliran permukaan dan erosi sebagai data utama, sedangkan data curah hujan harian, data kemiringan lahan, faktor vegetasi, kadar air, laju infiltrasi, permeabilitas dan C-Organik sebagai data pendukung yang dilakukan saat akhir pengamatan di lapangan.

Pengukuran aliran permukaan dan erosi tanah dilakukan dengan menggunakan petak erosi berukuran panjang 3 m, lebar 2 m dan tinggi 40 cm (Gambar 1). Petak erosi diletakkan pada 3 kemiringan lahan yang berbeda dengan solum tanah lebih dari 100 cm dengan

jenis tanah yang seragam. Pada sisi luar petak ukur dibuat penampungan. Pengukuran aliran permukaan dengan menghitung volume air yang tertampung di bak penampungan setiap hari setelah terjadi hujan atau pada pukul 07.00 WIB. Besarnya aliran permukaan kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Aleksander, 2010):

$$AP = \frac{VP}{A}$$

AP = Aliran permukaan (mm)

VP = Volume bak Penampungan (m³)

A = Luas plot pengamatan (m²)

Pengukuran erosi tanah dilakukan dengan pengambilan contoh air sedimen yang teraduk merata dalam botol berukuran kurang lebih 320 ml. Air sedimen dilakukan analisis laboratorium dengan sistem penyaringan air contoh dan banyaknya tanah tererosi dihitung dengan pendekatan konsentrasi sedimen. Jumlah tanah tererosi diukur dari jumlah aliran permukaan dengan sedimen yang tertampung pada bak penampungan. Sedimen yang tersaring ditimbang kemudian di oven dengan suhu 60°C dan diukur beratnya setiap 1 jam sampai berat kertas saring dan sedimen tersebut konstan. Besarnya erosi yang terjadi dengan metode petak erosi dihitung dengan persamaan berikut (Ispriyanto dkk, 2001):

$$E = \frac{C_{ap} \times V_{ap} \times 10^{-3}}{A}$$

Dimana :

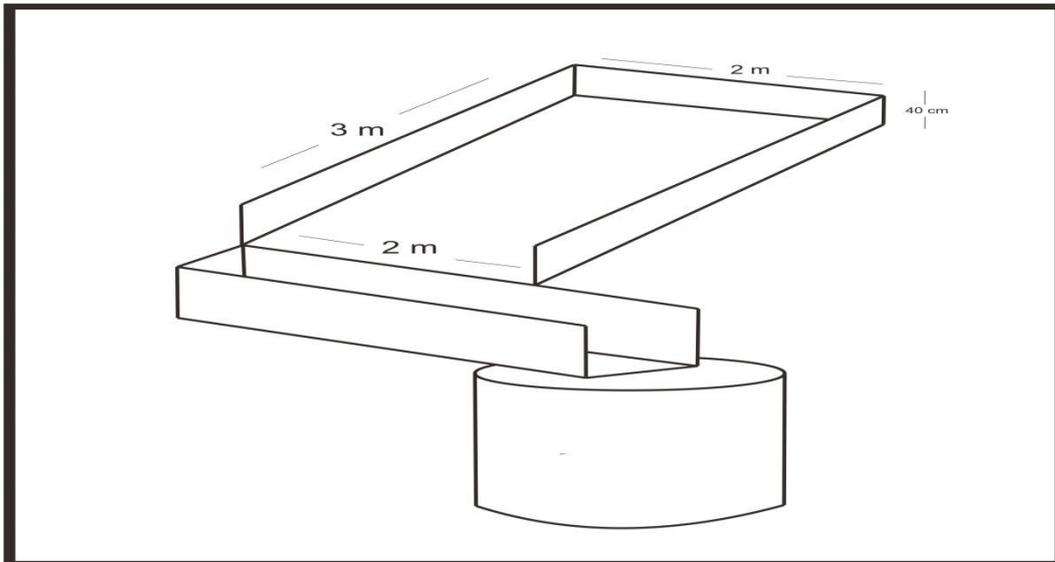
E = Total tanah tererosi (ton/ha) ;

C_{ap} = Konsentrasi muatan sedimen (kg/m³);

V_{ap} = Jumlah sedimen pada bak penampung (m³);

A = Luas Areal yang mengalami erosi (ha)

10⁻³ = Angka konversi satuan kg menjadi ton.



Gambar 1. Petak Pengukuran Aliran Permukaan dan Erosi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Sejarah Singkat Perusahaan

PT Perkebunan Nusantara V (PTPN V) pada awalnya merupakan Badan Usaha Milik Negara yang didirikan berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (PP) No. 10 tahun 1996 tanggal 14 Februari 1996. Pada awalnya merupakan konsolidasi proyek-proyek pengembangan kebun bekas PT Perkebunan (PTP) II, PTP IV dan PTP V di Provinsi Riau. PT Perkebunan Nusantara V merupakan perusahaan yang mengelola 51 unit kerja yang terdiri dari 1 unit kantor pusat; 5 strategis bisnis unit (SBU); 25 unit kebun inti/plasma; 12 pabrik kelapa sawit (PKS); 1 unit pabrik PKO; 4 fasilitas pengolahan karet; dan 3 rumah sakit. Areal yang dikelola oleh perusahaan seluas 160.745 ha, yang terdiri dari 86.2129 ha lahan sendiri/inti dan 74.256 ha lahan plasma. Kebun Lubuk Dalam termasuk kedalam SBU Lubuk Dalam (LDA) memiliki luas 5.642,23 ha yang di pimpin oleh General Manager (GM).

Letak Geografis dan Administrasi Perusahaan

Secara geografis areal PTPN V Kebun Lubuk Dalam terletak di koordinat $101^{\circ}46'38.97''$ BT dan $0^{\circ}37'56.61''$ LU. Berdasarkan wilayah administrasi pemerintahan, areal kerja PTPN V Kebun Lubuk Dalam terletak di Kabupaten Siak Sri Indrapura, Provinsi Riau dengan batas wilayah sebagai berikut: (1) Sebelah Utara berbatasan dengan Desa Gasib dan sungai Puing; (2) Sebelah Timur berbatasan dengan Desa Rawang Kao Barat dan Desa Lubuk Dalam; (3) Sebelah Selatan berbatasan dengan Desa Sialang Baru dan sungai Selampah; (4) Sebelah Barat berbatasan dengan sungai Gasib dan sungai Bantung.

Iklim

Secara umum, areal PTPN V Kebun Lubuk Dalam berada di daerah yang memiliki tipe iklim B dengan nilai Q (persentase rata-rata bulan kering terhadap bulan basah) sebesar 14,55 % (klasifikasi Schmidt dan Ferguson).

Hidrologi

Di areal PTPN V Kebun Lubuk Dalam terdapat sungai Gasib, sungai Bantung, sungai Dusun, sungai Puing, sungai Kalo-kalo dan sungai Selampah. Aliran sungai berupa anak sungai dan parit-parit alam yang merupakan bagian Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Dusun.

Topografi Lapangan

Topografi areal kerja PTPN V Kebun Lubuk Dalam adalah datar, landai, sedang dan curam. Secara geografis areal tersebut berada di ketinggian 12 - 64 m di atas permukaan laut.

Jenis Tanah

Tabel 2. Karakteristik biofisik sekitar petak pengamatan

NO	Komponen Biofisik	Plot Penelitian					
		0 – 8 %		8 – 15 %		15 – 25 %	
		TMB	MB	TMB	MB	TMB	MB
1	Jenis tanah	Dystropepts					
2	Luas petak	6 m ²					
3	Faktor Vegetasi						
	a. Tajuk (cm)	272,50	274,50	277,00	275,25	271,75	266,25
	b. Tebal serasah MB (cm)	0	17,63	0	16,00	0	15,75
	c. Tebal MB (cm)	0	63,50	0	62,75	0	62,00
4	Sifat fisik tanah						
	a. Kadar air (%)	27,58	38,16	19,30	33,22	11,87	25,52
	b. Infiltrasi (cm/jam)	22,19	33,13	14,08	25,48	6,29	10,43
	c. Permeabilitas (cm/jam)	21,06	35,40	13,28	29,29	8,57	26,53
	d. <i>Bulk density</i> (gr/cm ³)	1,19	1,04	1,37	1,20	1,61	1,39
	e. <i>Particle density</i> (gr/cm ³)	2,34	2,32	2,39	2,40	2,61	2,48
	f. Porositas (%)	49,13	55,05	42,97	49,96	38,48	44,01
	g. Bahan Organik	7,37	10,26	6,55	8,33	7,04	7,84

Keterangan: TMB = Tanpa Penggunaan *Mucuna bracteata*. dan MB = Penggunaan *Mucuna bracteata*.

Tabel 2 menunjukkan bahwa penurunan sifat fisik tanah seiring meningkatnya tingkat kemiringan lahan, baik di perlakuan penggunaan MB maupun

Jenis tanah di areal PTPN V Kebun Lubuk Dalam terdiri dari dystropepts seluas 57,47% yang tersebar di afdeling 1, afdeling 2, afdeling 4 dan sebagian kecil di afdeling 3 dan 5. Tanah kandiudults seluas 42,53% yang tersebar di afdeling 6, afdeling 3 dan afdeling 5.

Kondisi Khusus Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di afdeling 1 inti PTPN V Kebun Lubuk Dalam pada areal *replanting* tahun tanam 2013 (TBM III) dengan jenis tanah dystropepts dengan karakteristik biofisik yang disajikan pada tabel 2.

tanpa MB. Hal ini disebabkan gaya berat (*gravity*) pada kemiringan lahan 0 - 8% lebih kecil dibandingkan dengan kemiringan lahan 8 - 15% dan juga

kemiringan lahan 15 - 25%. Peningkatan kadar air tanah pada lahan dengan perlakuan penggunaan 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 *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. Lebih lanjut Konthadaraman *et al* (1989) dalam Susetyo dan Sudiharto (2006) menyatakan MB menghasilkan kadar air tanah antara 14,80 - 18,38% selama 3 bulan kering. Kadar air tanah juga mempengaruhi nilai dari *bulk density*, *particle density*, porositas tanah dan permeabilitas tanah.

Perbedaan laju infiltrasi pada petak pengamatan disebabkan perbedaan sifat fisik tanah lain seperti kadar air tanah, *bulk density*, *particle density* dan porositas tanah. Menurut Arsyad (1989) laju infiltrasi tergantung pada besarnya kandungan air dalam tanah. Ketika air jatuh pada tanah kering, permukaan atas dari tanah tersebut menjadi basah, sedang bagian bawahnya relatif masih kering. Dengan demikian terdapat perbedaan yang besar dari gaya kapiler antara permukaan atas tanah dengan yang ada dibawahnya. Karena adanya perbedaan tersebut, maka terjadi gaya kapiler yang bekerja bersama-sama dengan gaya berat, sehingga terjadi infiltrasi.

Kerapatan lindak atau *bulk density* menunjukkan perbedaan nilai antara perlakuan penggunaan MB dan tanpa MB di berbagai kemiringan lahan. Nilai *bulk density* menunjukkan dalam kriteria sedang hingga sangat tinggi. Rendahnya *bulk*

density pada lahan kelapa sawit dengan penggunaan MB diduga karena adanya bahan organik yang dihasilkan dari MB yang dapat mengurangi kepadatan tanah. Menurut Briggs (1997) 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.

Peningkatan porositas pada lahan kelapa sawit dengan penggunaan MB diduga karena MB 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.

Peningkatan porositas tanah pada perlakuan penggunaan MB dibandingkan tanpa MB pada berbagai kemiringan lahan. Hal ini sejalan dengan penurunan bobot isi tanah. MB yang berkembang cepat dan menghasilkan serasah yang banyak memungkinkan kegiatan jasad hidup tanah lebih besar. Peningkatan aktivitas organisme tanah akan membentuk ruang pori lebih banyak. Menurut Hardjowigeno (1993) porositas tanah tinggi apabila bahan organik juga tinggi. Tanah-tanah dengan sistem granuler atau remah mempunyai porositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah-tanah dengan struktur pejal (*massive*). Tanah dengan tekstur pasir banyak mempunyai pori-pori makro sehingga sulit menahan air.

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. 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 terabsorbsi ke tanah yang menyebabkan laju permeabilitas juga meningkat.

Suntoro *et al*, (2001) menyatakan bahwa bagian serat mulsa organik *Mucuna bracteata* meningkatkan pembentukan agregat dan granulasi tanah. Perbaikan

agregasi tanah akan memperbaiki permeabilitas, peredaran udara tanah dan granulasi butir-butir tanah memperbaiki daya pegang hara dan air tanah. Dilihat dari kriteria nilai permeabilitas menunjukkan bahwa lahan kelapa sawit dengan penggunaan MB termasuk dalam kriteria sangat cepat dan lahan kelapa sawit tanpa MB termasuk kriteria agak cepat hingga cepat.

Aliran Permukaan

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa kemiringan lahan, MB dan kombinasi antara kemiringan lahan dengan MB mempengaruhi aliran permukaan pada

Februari, Maret maupun April. Hasil uji lanjut DNMRT pada taraf 5% aliran permukaan disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata aliran permukaan (mm) pada Februari sampai April di berbagai kemiringan lahan dengan penggunaan *Mucuna bracteata* dan Tanpa *Mucuna bracteata*

Anak petak <i>Mucuna bracteata</i>	Petak Utama Kemiringan Lahan (%)			Rata-rata <i>Mucuna bracteata</i>
	0 - 8%	8 - 15%	15 - 25%	
Aliran Permukaan Februari				
Tanpa MB	1,92 c	2,93 b	5,24 a	3,36 a
Penggunaan MB	1,43 c	1,78 c	2,76 b	1,99 b
Rata-rata Kemiringan lahan	1,67 b	2,36 b	4,00 a	
Aliran Permukaan Maret				
Tanpa MB	8,21 c	13,51 b	22,6 a	10,86 a
Penggunaan MB	4,84 d	5,42 d	8,76 c	6,34 b
Rata-rata Kemiringan lahan	6,52 c	9,46 b	15,68 a	
Aliran Permukaan April				
Tanpa MB	17,43 c	29,84 b	51,91 a	33,06 a
Penggunaan MB	9,15 e	11,33 d	16,80 cd	12,43 b
Rata-rata Kemiringan lahan	13,29 c	20,59 b	34,35 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 3 menunjukkan bahwa tingkat kemiringan lahan meningkatkan aliran permukaan di setiap bulan pengamatan dan berbeda nyata secara statistik kecuali pada Februari pada kemiringan lahan 0 - 8 % tidak berbeda nyata dengan kemiringan lahan 8 - 15% secara statistik. Hal ini disebabkan karena kemiringan lahan memiliki perbedaan gaya berat (*gravity*). Perbedaan gaya berat semakin besar sejalan dengan semakin miringnya permukaan tanah dari bidang horizontal. Gaya berat ini merupakan persyaratan mutlak terjadinya proses pengikisan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*) dan pengendapan (*sedimentation*). Pada lahan yang lebih miring gaya berat bekerja lebih tinggi dibandingkan dengan kemiringan yang lebih rendah. Perbedaan ini menyebabkan kemampuan tanah untuk menahan air lebih rendah karena tanah mempunyai sedikit pori-pori halus yang dapat diisi air. Akibatnya, aliran permukaan pada kemiringan lahan 0 - 8% lebih rendah dibandingkan dengan kemiringan lahan 8 - 15% maupun 15 - 25%.

Berbagai pihak telah berpendapat bahwa tingkat kemiringan lahan akan mempengaruhi besarnya aliran permukaan. Wiradisastra (1999) menyatakan bahwa terjadinya aliran permukaan dan erosi dengan terjadinya proses pengikisan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*sedimentation*), sedangkan Daud (2007) menyatakan tingkat kemiringan lahan yang semakin besar menyebabkan jumlah butir-butir tanah yang terpercik kebawah 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.

Tabel 3 juga menunjukkan bahwa adanya peningkatan aliran permukaan pada perlakuan tanpa MB dibandingkan dengan

perlakuan penggunaan MB. Penggunaan MB terbukti mampu menurunkan aliran permukaan bahkan pada tingkat kemiringan lahan yang lebih tinggi. Pengaruh penggunaan MB terhadap penurunan aliran permukaan dapat dilihat dari efisiensi penggunaan MB dalam menurunkan aliran permukaan bulan Februari di kemiringan lahan 0 - 8% sebesar 74,48%, kemiringan lahan 8 - 15% sebesar 60,75% dan kemiringan lahan 15 - 25% sebesar 52,67%. Pada bulan Maret kemiringan lahan 0 - 8% MB mampu menurunkan aliran permukaan sebesar 58,95%. Kemiringan lahan 8 - 15% dan 15 - 25%, MB mampu menurunkan aliran permukaan sebesar 40,12% dan 38,74%. Pada bulan April di kemiringan lahan 0 - 8% MB mampu menurunkan aliran permukaan sebesar 52,50%, lalu pada kemiringan lahan 8 - 15% MB mampu menurunkan aliran permukaan sebesar 37,97%. Kemiringan lahan 15 - 25% MB mampu menurunkan aliran permukaan sebesar 32,36%.

Penurunan aliran permukaan akibat penggunaan MB disebabkan karena adanya penghalang air hujan yang jatuh, sehingga energi kinetik akibat air hujan dapat tertahan. Hardjowigeno (2007) menyebutkan vegetasi berfungsi untuk menghalangi air hujan agar tidak jatuh langsung di permukaan tanah. Kerapatan vegetasi dan jenis vegetasi menentukan efektifitas pencegahan aliran permukaan dan erosi. Pohon yang tinggi kadang-kadang kurang efektif dalam mencegah aliran permukaan dan erosi karena air hujan yang terjatuh kembali dari ketinggian lebih dari 7 meter akan menghasilkan energi yang sama besar (memperoleh 90% energi semula).

Penggunaan MB juga menghasilkan serasah sebagai mulsa alami yang dapat memperkecil terjadinya aliran permukaan dan erosi percikan di permukaan tanah yang disebabkan oleh air hujan, mempertinggi agregasi tanah dan memperbaiki struktur tanah serta mempertahankan kapasitas memegang air

cukup tinggi untuk menekan besarnya jumlah aliran permukaan dan erosi. Dalam penelitian Velayati (2015) menyatakan bahwa penggunaan mulsa jerami dapat menurunkan jumlah aliran permukaan pada kemiringan 5 % dan 10 % pada durasi hujan yang berbeda. Dari hasil pengukuran, ketebalan serasah pada petak pengamatan dengan perlakuan penggunaan MB jelas lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa penggunaan MB (Tabel 2). Ketebalan serasah pada kemiringan lahan 0 - 8% adalah 17,63 cm, kemiringan lahan 8 - 15% sebesar 16,00 cm dan pada kemiringan lahan 15 - 25% dengan nilai sebesar 15,75 cm.

Pada tabel 3 juga menunjukkan adanya interaksi antara kemiringan lahan dengan penggunaan MB yang mempengaruhi aliran permukaan yang terjadi. Meskipun pada tingkat kemiringan lahan yang lebih tinggi jika penggunaan MB diterapkan akan menghasilkan aliran permukaan yang tidak berbeda nyata secara statistik dengan perlakuan tanpa MB pada kemiringan lahan yang lebih rendah. Pada penggunaan MB di berbagai kemiringan lahan hasil juga menunjukkan bahwa penggunaan MB relatif tidak berbeda nyata kecuali pada kemiringan lahan 15 - 25%, sedangkan lahan tanpa MB menunjukkan hasil yang berbeda nyata secara statistik di berbagai kemiringan lahan.

Aliran permukaan pada bulan Februari membuktikan bahwa di kemiringan lahan 8 - 15% dengan penggunaan MB menghasilkan aliran permukaan yang tidak berbeda nyata dengan kemiringan lahan 0 - 8% meskipun pada perlakuan penggunaan MB maupun tanpa MB. Kemiringan lahan 15 - 25% perlakuan penggunaan MB juga tidak berbeda nyata dengan aliran permukaan pada kemiringan lahan 8 - 15% tanpa MB. Bulan Maret juga membuktikan bahwa kemiringan lahan 15 - 25% perlakuan penggunaan MB menghasilkan aliran permukaan yang tidak berbeda nyata dengan lahan tanpa MB di kemiringan

lahan 0 - 8%, sedangkan pada bulan April aliran permukaan pada kemiringan lahan 15 - 25% di lahan dengan penggunaan MB tidak berbeda nyata dengan lahan tanpa MB di kemiringan lahan 0 - 8% dan juga tidak berbeda nyata pada penggunaan MB di kemiringan lahan 15 - 25%.

Adanya interaksi antara kemiringan lahan dengan penggunaan MB ini diduga karena adanya beberapa faktor yang saling berinteraksi yang dapat mempengaruhi besarnya jumlah aliran permukaan. Faktor yang mempengaruhinya yaitu sifat hujan, sifat tanah, kemiringan lahan, vegetasi, dan teknik konservasi tanah. Intensitas hujan akan mempengaruhi energi kinetik yang menghantam permukaan tanah, semakin besar intensitas hujan maka akan menyebabkan energi kinetik yang bekerja akan semakin besar. Berdasarkan hasil pengamatan adanya perbedaan intensitas hujan pada setiap bulan pengamatan. Intensitas hujan deras terjadi pada bulan April, sedangkan bulan Februari dan Maret intensitas hujan sedang. Meskipun intensitas hujan sedang namun terjadi secara berturut-turut yang berakibat meningkatkan aliran permukaan. Arsyad (2010) menyebutkan diantara faktor sifat hujan yang mempengaruhi aliran permukaan dan erosi adalah curah hujan, intensitas hujan dan distribusi hujan.

Sifat fisik, kimia dan biologi tanah sangat dipengaruhi oleh keadaan humus dan serasah di permukaan tanah yang mempunyai hubungan erat dengan tata air tanah. Bahwa semakin tinggi humus suatu tanah maka akan semakin kecil potensi aliran permukaan yang terjadi. Kohnke dan Bertrand (1959) dalam Ispriyanto dkk (2001) menyatakan bahwa sisa tanaman sebagai mulsa alami dari vegetasi sangat berpengaruh terhadap sifat fisik, kimia dan biologi tanah dalam menurunkan aliran permukaan. Sifat fisik tanah yang mempengaruhi aliran permukaan dan erosi adalah kadar air tanah, infiltrasi, permeabilitas, *bulk density* dan *particle density*, porositas serta bahan organik tanah (Tabel 2). Hal ini sejalan dengan

pendapat Arsyad (1989) menyatakan bahwa sifat tanah yang mempengaruhi kepekaan tanah terhadap aliran permukaan dan erosi diantaranya adalah daya infiltrasi, permeabilitas tanah, porositas tanah dan kandungan bahan organik tanah.

Erosi Tanah

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa tingkat kemiringan lahan berpengaruh nyata terhadap erosi tanah pada berbagai kemiringan lahan dan penggunaan MB serta adanya interaksi antara tingkat kemiringan lahan dengan

Meskipun secara umum sifat fisika tanah yang diamati menunjukkan kategori yang baik, namun sifat hujan menjadi faktor terpenting dalam mempengaruhi aliran permukaan pada penelitian ini.

penggunaan MB terhadap erosi tanah di berbagai tingkat kemiringan lahan. Hasil uji lanjut DNMRT pada taraf 5% terhadap erosi tanah disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata erosi tanah (ton/ha) pada Febuari sampai April di berbagai kemiringan lahan dengan penggunaan *Mucuna bracteata* dan Tanpa *Mucuna bracteata*.

Anak petak <i>Mucuna bracteata</i>	Petak Utama Kemiringan Lahan (%)			Rata-rata <i>Mucuna bracteata</i>
	0 - 8%	8 - 15%	15 - 25%	
Erosi Tanah Febuari				
Tanpa MB	2,59 c	5,15 b	9,31 a	5,68 a
Penggunaan MB	1,89 c	2,91 c	4,85 b	3,22 b
Rata-rata Kemiringan lahan	2,24 c	4,03 b	7,08 a	
Erosi Tanah Maret				
Tanpa MB	5,00 c	9,67 b	19,23 a	11,30 a
Penggunaan MB	3,50 c	5,14 c	8,86 b	5,83 b
Rata-rata Kemiringan lahan	4,25 c	7,40	14,04 a	
Erosi Tanah April				
Tanpa MB	12,41 c	23,07 b	43,83 a	26,44 a
Penggunaan MB	5,99 e	9,76 d	12,01 cd	9,25 b
Rata-rata Kemiringan lahan	9,20 c	16,42 b	27,92 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 4 menunjukkan bahwa adanya peningkatan erosi sejalan dengan meningkatnya kemiringan lahan dan berbeda nyata secara statistik pada setiap bulan pengamatan. Erosi bulan Febuari pada berbagai kemiringan lahan lebih kecil dibandingkan dengan erosi pada bulan Maret dan April. Peningkatan erosi pada

tingkat kemiringan lahan disebabkan adanya hubungan dengan gaya berat dan aliran permukaan. Kemiringan lahan akan mempengaruhi besarnya limpasan permukaan. Hal ini dapat terjadi karena semakin besar kemiringan lahan maka akan meningkatkan jumlah dan kecepatan aliran permukaan. Dengan adanya

peningkatan jumlah dan kecepatan aliran permukaan ini akan memperbesar energi kinetik sehingga kemampuan untuk mengangkut butir-butir tanah juga akan meningkat. Menurut Kohnke dan Bertrand (1959) *dalam* Ispriyanto dkk (2001) umumnya erosi meningkat dengan bertambahnya lereng, sedangkan Baver (1961) *dalam* Ispriyanto dkk (2001) menyatakan bahwa pengaruh panjang lereng terhadap erosi sangat bervariasi tergantung dari jenis tanah.

Penggunaan MB menghasilkan erosi yang lebih rendah di setiap bulan pengamatan. Penurunan erosi dapat dilihat dari efisiensi MB dalam menurunkan erosi tanah. Pada bulan Februari kemiringan 0 - 8% MB mampu menurunkan erosi sebesar 72,97%, sedangkan pada kemiringan lahan 8 - 15% dan 15 - 25%, MB menurunkan erosi masing-masing sebesar 56,50% dan 52,09%. Pada bulan Maret kemiringan lahan 0 - 8% MB mampu menurunkan erosi sebesar 70,00%. Sedangkan pada kemiringan lahan 8 - 15% dan 15 - 25%, MB mampu menurunkan erosi masing-masing sebesar 53,15% dan 46,07%. Pada bulan April kemiringan lahan 0 - 8% MB mampu menurunkan erosi sebesar 48,27%. Kemiringan lahan 8 - 15%, MB mampu menurunkan erosi sebesar 42,31%. Pada kemiringan lahan 15 - 25% MB mampu menurunkan erosi sebesar 27,40%.

Penurunan erosi pada perlakuan penggunaan MB diduga karena adanya MB yang dapat menahan aliran permukaan sehingga potensi erosi menjadi lebih kecil. MB dapat menghasilkan hijauan dan bahan kering yang dapat meningkatkan agregat tanah. Matthews (1999) *dalam* Susetyo dan Sudiharto (2006) menyebutkan bahwa MB dapat menghasilkan berat kering sebesar 1.380,7 gr/tanaman dan berat kering sebesar 246,3 gr/tanaman. Dalam penelitian Suriadikusumah dan Herdiansyah (2011) menyebutkan dampak perubahan erosi akibat beberapa penggunaan lahan pada Sub DAS Cisangkuy sebesar 257,76 ton/ha/tahun.

Pada tabel 4 juga menunjukkan bahwa interaksi antara kemiringan dengan penggunaan MB mempengaruhi erosi yang terjadi. Meskipun pada tingkat kemiringan lahan yang lebih tinggi jika penggunaan MB diterapkan akan menghasilkan erosi yang tidak berbeda nyata secara statistik dengan perlakuan tanpa penggunaan MB pada kemiringan lahan yang lebih rendah. Pada penggunaan MB di berbagai kemiringan lahan hasil juga menunjukkan bahwa penggunaan MB relatif tidak berbeda nyata kecuali pada kemiringan lahan 15 - 25%, sedangkan lahan tanpa MB menunjukkan hasil yang berbeda nyata secara statistik di berbagai kemiringan lahan.

Pada bulan Februari dan Maret erosi dengan perlakuan tanpa MB menunjukkan hasil yang berbeda nyata di berbagai kemiringan lahan. Sedangkan pada perlakuan penggunaan MB erosi tidak berbeda nyata hanya terjadi pada kemiringan lahan 0 - 8% dengan kemiringan lahan 8 - 15%, namun pada kemiringan lahan 15 - 25% menunjukkan hasil berbeda nyata. Besarnya erosi pada kemiringan lahan 8 - 15% dengan perlakuan penggunaan MB menunjukkan bahwa tidak berbeda nyata dengan kemiringan lahan 0 - 8% pada perlakuan penggunaan MB maupun tanpa MB, sedangkan pada perlakuan tanpa MB di kemiringan lahan 8 - 15% tidak berbeda nyata dengan perlakuan penggunaan MB di kemiringan lahan 15 - 25%.

Erosi pada bulan April juga menunjukkan interaksi antara kemiringan lahan dengan penggunaan MB. Erosi pada perlakuan penggunaan MB maupun tanpa MB menunjukkan berbeda nyata di berbagai kemiringan lahan kecuali pada perlakuan penggunaan MB di kemiringan lahan 15 - 25%. Pada kemiringan lahan 15 - 25% perlakuan penggunaan MB tidak berbeda nyata dengan perlakuan tanpa MB di kemiringan lahan 0 - 8% dan kemiringan lahan 8 - 15% dengan perlakuan penggunaan MB.

Erosi tanah sangat berhubungan erat dengan aliran permukaan sehingga faktor yang mempengaruhi aliran permukaan juga mempengaruhi erosi tanah. Jika dilihat dari hasil pengukuran aliran permukaan faktor yang mempengaruhi adalah sifat hujan, sifat tanah dan lingkungan sekitar petak pengamatan yang saling berinteraksi. Arsyad (1989) mengemukakan bahwa jumlah curah hujan rata-rata dalam satu masa mungkin tidak menyebabkan erosi jika intensitasnya menurun, demikian juga halnya dengan waktu yang singkat mungkin tidak menyebabkan erosi karena tidak cukup untuk mengalirkan tanah yang tererosi. Lebih lanjut Rangkuti (2006) dalam penelitiannya menyatakan bahwa hujan dengan intensitas yang besar akan menghasilkan aliran permukaan yang besar karena daya serap tanah ada batasnya.

Daya jatuh atau energi kinetik curah hujan yang berat (keras) akan memecahkan bongkahan tanah menjadi butiran yang lebih kecil dan halus, butiran-butiran yang halus akan terangkut dan terhanyutkan dengan berlangsungnya aliran permukaan, sedangkan sebagian akan mengikuti infiltrasi air, dibagian ini biasanya dapat menutupi pori-pori tanah dilapisan dalam sehingga infiltrasi air kedalam tanah menjadi terhambat dan aliran permukaan meningkat. Suripin (2002) menyimpulkan bahwa banyaknya tanah yang terlempar tiap satu tetesan air hujan yang memercik berbanding lurus dengan besar dan kecepatan butir air hujan dan intensitas hujan.

Ketebalan serasah MB juga mengambil peranan penting dalam menentukan besar-kecilnya nilai aliran permukaan dan erosi. Hasil penelitian Tarigan (1994) menunjukkan bahwa nilai aliran permukaan dan erosi yang lebih besar terdapat pada petak percobaan tanpa serasah dengan ketebalan 0 cm, sedangkan nilai aliran permukaan dan erosi yang kecil ditemukan pada petak percobaan dengan serasah dan ketebalan humus 20 - 30 cm. Hal ini menunjukkan bahwa serasah melindungi tanah dari aliran permukaan dan erosi akibat percikan air hujan meskipun pada kemiringan lahan yang lebih besar. Selain serasah, ketebalan MB juga menjadi faktor penting dalam menurunkan aliran permukaan dan erosi. Dalam penelitian ini perlakuan tanpa penggunaan MB diukur 0 cm sedangkan pada perlakuan penggunaan MB menunjukan hasil yang berbeda pada setiap kemiringan lahan. Pada kemiringan lahan 0 - 8% ketebalan MB yang diukur sebesar 63,50 cm, sedangkan pada kemiringan lahan 8 - 15% ketebalan yang diukur sebesar 62,75 cm dan pada kemiringan lahan 15 - 25% ketebalan yang diukur sebesar 62,00 cm.

Korelasi Antara Jumlah Curah Hujan dan Intensitas Hujan Dengan Aliran Permukaan dan Erosi

Hubungan antara jumlah curah hujan dan intensitas hujan dengan aliran permukaan dan erosi pada petak pengamatan disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Koefisien korelasi antara jumlah curah hujan dan intensitas hujan dengan aliran permukaan dan erosi pada petak pengamatan.

	Jumlah Curah Hujan	Intensitas Hujan	Aliran Permukaan
Intensitas Hujan	0,947**		
Aliran Permukaan	0,645**	0,667**	
Erosi Tanah	0,553**	0,593**	0,983**

** . Korelasi signifikan pada taraf 1%

Tabel 5 menunjukkan korelasi yang berbeda nyata pada semua variabel yang diamati. Korelasi kuat terjadi pada jumlah curah hujan dan intensitas hujan terhadap aliran permukaan, sedangkan korelasi sedang terjadi pada variabel jumlah curah hujan dan intensitas hujan terhadap erosi. Meskipun masih dalam kriteria yang sama dalam mempengaruhi aliran permukaan dan erosi, namun variabel intensitas hujan memiliki keeratan lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah curah hujan. Hasil korelasi aliran permukaan terhadap erosi menunjukkan korelasi sangat kuat. Dari data korelasi menunjukkan bahwa semakin tinggi curah hujan dan intensitas hujan akan berakibat meningkatkan aliran permukaan, peningkatan aliran permukaan diikuti dengan meningkatnya erosi.

Peningkatan korelasi antara jumlah curah hujan dengan aliran permukaan disebabkan oleh banyaknya jumlah curah hujan selama terjadi hujan yang dapat mempengaruhi aliran permukaan, namun jumlah hujan yang tinggi tidak akan menyebabkan aliran permukaan apabila hujan tersebut terjadi merata. Sebaliknya jumlah curah hujan yang rendah akan mengakibatkan aliran permukaan jika terjadi sangat deras (intensitas hujan tinggi). Agar tanah dapat tererosi maka tanah dihancurkan terlebih dahulu sehingga butiran tanah terpisah satu sama lain. Penghancuran ini menjadikan tanah mudah diangkut ketempat lain dan juga dapat menutup pori tanah sehingga peresapan air ke dalam tanah terhambat.

Hardjowigeno (2007) menyebutkan bahwa faktor terpenting aliran permukaan dan erosi adalah sifat hujan, dalam hal ini yaitu jumlah curah hujan, intensitas hujan dan distribusi hujan. Meskipun pada intensitas hujan sedang jika terjadi pada hari yang beruntun maka akan menyebabkan aliran permukaan yang besar. Hal ini disebabkan kondisi kadar air tanah tidak mengalami peresapan yang sempurna serta kehilangan air akibat evaporasi dapat tertahan. Jika dilihat dari data penelitian, maka jumlah curah hujan

dalam penelitian ini memiliki rata-rata curah hujan bulanan antara 9,70 - 22,66 mm dengan intensitas hujan sedang hingga deras dan dalam waktu sebaran yang padat.

Aliran permukaan berhubungan erat dengan erosi dan produktivitas lahan, Henry (1994) dalam Purba (2009) menyebutkan pentingnya pengukuran aliran permukaan adalah untuk menghitung kehilangan air, banyaknya tanah (nutrisi dan hara) yang terangkut serta mengendapnya tanah yang dapat mengurangi kapasitas penyimpanan air. Erosi terjadi karena peningkatan aliran permukaan akibat kurangnya infiltrasi tanah. Besarnya erosi juga banyak berkaitan dengan aliran permukaan. Erosi adalah akibat interaksi antara faktor iklim, topografi, tumbuhan (vegetasi), dan manusia terhadap tanah. Penelitian Aleksander (2010) juga menunjukkan bahwa hubungan antara curah hujan dengan aliran permukaan dan erosi memiliki tingkat korelasi yang tinggi yang menggambarkan tingkat keeratan hubungan sebesar $> 67\%$. Hal tersebut membuktikan bahwa aliran permukaan dan erosi sangat erat berkaitan.

Secara umum perbedaan hasil pengukuran aliran permukaan dan erosi pada petak pengamatan disebabkan karena faktor sifat hujan. Dalam hal ini sifat hujan yang sangat mempengaruhi adalah jumlah curah hujan, intensitas hujan dan distribusi hujan. Meskipun hasil analisis sifat fisik tanah menunjukkan hasil kriteria yang relatif baik antara perlakuan penggunaan MB dan tanpa, namun hujan yang terjadi dengan intensitas sedang dan dalam hari yang beruntun menyebabkan perbedaan nilai aliran permukaan menjadi besar. Besarnya aliran permukaan yang terjadi berakibat pada besarnya erosi, karena aliran permukaan merupakan media yang sangat penting sebagai pembawa massa tanah yang tererosi. Dari uraian tersebut faktor sifat tanah tidak berpengaruh secara dominan karena faktor sifat hujan (jumlah curah hujan dan intensitas hujan) lebih

dominan dalam mereduksi aliran permukaan dan erosi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Kemiringan lahan mempengaruhi besar nilai aliran permukaan dan erosi yang terjadi, semakin tinggi tingkat kemiringan lahan maka semakin besar pula aliran permukaan dan erosi yang terjadi.
2. Penggunaan *Mucuna bracteata* menurunkan aliran permukaan dan erosi dibandingkan dengan lahan tanpa *Mucuna bracteata*.
3. Kombinasi kemiringan dengan *Mucuna bracteata* menghasilkan aliran permukaan dan erosi yang lebih rendah meskipun ditingkat kemiringan lahan yang lebih besar.

4. Terdapat Korelasi positif antara intensitas hujan dengan aliran permukaan dan aliran permukaan dengan erosi. Semakin meningkat intensitas hujan akan berakibat meningkatkannya aliran permukaan, peningkatan aliran permukaan diikuti dengan peningkatan erosi.

Saran

Dalam usaha penanggulangan aliran permukaan dan erosi di lahan kelapa sawit disarankan untuk mengaplikasikan teknik konservasi dengan menggunakan *Mucuna bracteata* pada semua tingkat kemiringan lahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwiganda R. 1998. **Pedoman klasifikasi kesuburan tanah di areal perkebunan kelapa sawit.** Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit Medan, Volume 6 (2): 63 - 69.
- Aleksander A. 2010. **Aliran permukaan dan erosi permukaan tanah di areal perusahaan hutan alam produksi PT Andalas Merapi Timber Provinsi Sumatera Barat.** Skripsi Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Arsyad S. 1989. **Konservasi Tanah dan Air.** IPB Press. Bogor.
- Arsyad S. 2010. **Konservasi Tanah dan Air.** Edisi kedua. IPB Press. Bogor.
- Baver L.D. 1956. **Soil Physic**, Third Edition. Jhon Wiley and Sons Inc. New York.
- Briggs D.J. 1977. **Soil Sources and Methods in Geography.** Betterworless & Co. LTD. London.
- Daud S.S. 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).
- Haridjaja O., K. Murtalaksono, Sudarmo dan Rachman. 1991. **Hidrologi Pertanian.** IPB Press. Bogor.
- Hardjowigeno S. 1993. **Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis.** Akademika Pressindo. Jakarta.
- Hardjowigeno S. 2007. **Ilmu Tanah.** Akademika Pressindo. Jakarta.
- Ispryanto R., Arifjaya dan Hendrayanto. 2001. **Erosi di areal tumpangsari tegakan pinus *Merkusii* Jungh. Et de Vriese umur 1 tahun (Studi kasus di KPH Tasikmalaya, Perum Perhutani Unit III Jawa**

- Barat). *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, Volume 7 (1): 37 - 47.
- Kurnia U., A. Rachman dan Ai Dariah. 2004. **Teknologi Konservasi Tanah pada Lahan Kering Berlereng**. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Manurung E.G.T. 2001. **Analisis valuasi ekonomi investasi perkebunan kelapa sawit di Indonesia**. Laporan Teknis kepada Natural Resources Management Program. Jakarta.
- Muhdi. 2004. **Kerusakan fisik lingkungan akibat penyaradan dengan sistem mekanis**. Skripsi Ilmu Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Pato U. 2006. **Pedoman Penulisan Usulan Penelitian, Skripsi dan Praktek Kerja Profesi Fakultas Pertanian**. UNRI Press. Pekanbaru
- Purba M.P. 2009. **Besar aliran permukaan (run-off) pada berbagai tipe kelerengan dibawah tegakan *Eucalyptus* spp. (Studi kasus di HPHTI PT. Toba Pulp Lestari, Tbk. Sektor Aek Nauli)**. Skripsi Ilmu Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Rangkuti I. 2006. **Erosi dan aliran permukaan pada hutan bekas tebangan dan bervegetasi pinus umur 35 tahun di hutan penelitian Aek Nauli Kabupaten Simalungun**. Skripsi Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Subronto dan Harahap I.Y. 2002. **Penggunaan kacang penutup tanah *Mucuna bracteata* pada pertanaman kelapa sawit**. Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit Medan, Volume 10 (1): 1 - 6.
- Suntoro., Syekhfani, Handayanto E dan Sumarno. 2001. **Pengaruh pemberian bahan organik, dolomit dan pupuk K terhadap produksi kacang tanah (*arachis hipogaea*) pada *oxic dystrodept*. Di Jumapolo Karanganyar, Jawa Tengah**. *Jurnal Agrivita*, Volume 23 (1): 57 - 65.
- Suriadikusumah A dan G. Herdiansyah. 2011. **Dampak beberapa penggunaan lahan terhadap erosi dan tingkat bahaya erosi di Sub-DAS Cisangkuy**. *Jurnal Pascasarjana Prodi Ilmu Prodi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Jatinangor*.
- Suripin. 2002. **Peletarian Sumber Daya Tanah dan Air**. Penerbit Andi. Yogyakarta
- Susetyo Idan Sudiharto. 2006. **Penutup tanah kacang (Legume Cover Crops) di Perkebunan Karet**. Prosiding Balai Penelitian Getas. Disampaikan dalam Lokakarya Agronomi Budidaya Tanaman Karet 2006, Salatiga.
- Tarigan F.M. 1994. **Pengaruh serasah terhadap sifat fisik tanah, aliran permukaan dan erosi pada tanah andosol di Taman Hutan Raya (TAHURA) Bukit Barisan Berastagi**. Skripsi Jurusan Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Velayati T. 2015. **Pengaruh mulsa jerami dan kemiringan lereng terhadap laju aliran permukaan dan erosi pada tanah inceptisols**. Tesis Program Studi Teknik Pertanian Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Wiradisastra. 1999. **Geomorfologi dan Analisis Lanskap**. Laboratorium Penginderaan Jauh dan Kartografi Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.