

## PENGENDALIAN ALIRAN PERMUKAAN DAN EROSI PADA LAHAN BERBASIS KAKAO DI DAS GUMBASA, SULAWESI TENGAH

Oleh :  
Anthon Monde<sup>1)</sup>

### ABSTRAK

Penelitian dilakukan di DAS Gumbasa,, Desa Sejahtera Kabupaten Sigi dari Mei hingga November 2009. Penelitian ini bertujuan mengkaji efektivitas penerapan teknik konservasi tanah dan air berupa pemberian mulsa dan rorak yang diberi mulsa vertikal terhadap aliran permukaan dan erosi pada lahan kakao rakyat. Penelitian ini dilakukan di lahan kakao pada berbagai tingkatan umur. Plot pengamatan dibuat pada lahan kakao masing-masing umur kakao  $\leq 3$  tahun & 5 tahun, 8 tahun dan 12 tahun. Mulsa sebanyak 6 t/ha disebar merata pada permukaan tanah pada lahan kakao umur  $\leq 3$  tahun. Teras gulud bersaluran dibuat searah kontur di antara baris tanaman dengan vertikal interval 3-4 m (tergantung jarak tanam). Panjang teras gulud disesuaikan dengan kondisi lahan, lebar dan tinggi gulud dan dalam saluran masing-masing 30 cm. Lubang resapan dibuat dengan bor Belgia ditengah saluran dengan jarak antar lubang 1,5 m dengan kedalaman hingga 1 m. Rorak dengan panjang 200 cm, lebar dan dalam masing-masing 40 cm dibangun di antara barisan tanaman kakao sejajar kontur dengan pola zig-zag. Jarak antar rorak dalam satu garis kontur sejauh 10 m dan jarak vertikal 20 m. Pada setiap rorak dibuat 2 lubang resapan sama dengan pada saluran guludan. Rorak dan lubang resapan diisi sisa-sisa tanaman sebagai mulsa vertikal. Mulsa 6 t/ha disebar rata dipermukaan tanah pada lahan kakao umur  $\leq 3$  tahun. Penelitian ini ditata dengan rancangan acak kelompok, dimana pengelompokan dilakukan pada tiga lereng yang berbeda yakni 8%, 20% dan 35%. Selain itu dibangun plot-plot kontrol pada masing-masing kemiringan lereng. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rorak yang diberi mulsa secara vertikal efektif menekan aliran permukaan hingga 73% dibandingkan dengan kontrol. Teknik konservasi dengan rorak dapat menekan jumlah tanah yang tererosi yakni mencapai 76 % dibandingkan dengan kontrol. Pemberian mulsa 6 t/ha pada lahan kakao umur  $\leq 3$  tahun dapat menurunkan jumlah aliran permukaan hingga 71% dan erosi 87%.

**Kata kunci :** Aliran permukaan, erosi, mulsa, rorak,

### I. PENDAHULUAN

Kakaonisasi lahan dengan mengkonversi lahan hutan di Indonesia pada umumnya dan khususnya di daerah Sulawesi Tengah menjadi fenomena yang telah terjadi pada satu dasawarsa terakhir. Hal ini dipacu oleh membaiknya harga komoditas tersebut sehingga dari sisi ekonomi petani diuntungkan. Disisi lain dampak yang ditimbulkan adalah semakin besarnya sedimentasi, longsor dan banjir yang terjadi dalam satu kawasan daerah aliran sungai (DAS) sebagaimana yang terjadi pada DAS Gumbasa.

Efektivitas penerapan teknik konservasi tanah dan air dalam usaha menekan aliran permukaan dan erosi pada areal tanaman pangan telah banyak diteliti (Brata, 1998; Lubis, 2004; Hutasoit, 2005). Pada perkebunan kakao aplikasi rorak dengan mulsa vertikal masih sangat terbatas.

Pemberian mulsa yang disebar merata dipermukaan tanah dimaksudkan untuk mencegah tumbukan butir hujan secara langsung pada permukaan tanah sehingga tidak terjadi percikan tanah (erosi percik).

Rorak berfungsi sebagai embung mini yang dibuat diantara tanaman kakao searah dengan kontur. Lubang resapan dibuat pada dasar rorak dan ditambahkan serasah sisa tanaman atau bahan organik lain sebagai mulsa vertikal agar efektivitas peresapan aliran permukaan lebih efektif. Kemudian teknik konservasi tanah tersebut dapat meningkatkan cadangan air tanah saat musim kemarau. Rorak juga berfungsi sebagai sarana penampungan sedimen erosi dan secara berkala sedimen tersebut dikembalikan ke atas permukaan tanah bersamaan bahan organik (serasah) yang telah melapuk.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan teknik konservasi tanah dan air yang tepat untuk menekan laju aliran permukaan dan erosi pada lahan berbasis

<sup>1)</sup> Staf Pengajar pada Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Tadulako Palu.

kakao, agar dapat mencegah banjir dan sedimentasi.

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1. Materi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di lahan kakao pada berbagai tingkatan umur. Plot pengamatan dibuat pada lahan kakao masing-masing umur  $\leq 3$  tahun, 5 tahun (K5), 8 tahun (K8) dan 12 tahun (K12),

Rorak dengan panjang 200 cm, lebar 40 cm dan dalam 40 cm, dibangun di antara tanaman kakao sejajar kontur dengan pola zig-zag antar garis kontur. Jarak antar rorak dalam satu garis kontur sejauh 10 m dan jarak vertikal 20 m. Pada setiap rorak dibuat 2 lubang resapan berjarak 1 m antara lubang yang satu dengan yang lain, dan dengan diameter lubang 15 cm. Rorak dan lubang resapan juga diisi sisa-sisa tanaman dan semak belukar sebagai mulsa vertikal.

### 2.2. Metode Penelitian

Perlakuan dalam penelitian ini adalah umur kakao yang berbeda yakni kakao umur  $\leq 3$  tahun, 5 tahun (K5), 8 tahun (K8) dan 12 tahun (K12). Penelitian ini ditata dengan rancangan acak kelompok, dimana pengelompokan dilakukan pada tiga lereng yang berbeda yakni 8%, 20% dan  $>35\%$  (3 ulangan). Selain itu dibangun plot-plot kontrol pada masing-masing kemiringan lereng. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan dilakukan analisis ragam dan apabila memberikan pengaruh yang signifikan maka akan dilanjutkan dengan uji BNT yakni membandingkan perlakuan dengan kontrol.

#### 2.2.1. Pengamatan

Pengamatan aliran permukaan dan erosi dilakukan dengan membuat petak erosi dengan ukuran panjang 8 m dan lebar 2,5 m, atau tergantung kondisi di lapang seperti panjang lereng, jarak tanam dan lebar tajuk. Untuk menghitung besarnya aliran permukaan dan erosi maka pada setiap ujung bagian bawah plot erosi diletakkan bak penampung aliran permukaan yang membawa erosi (Wischmeier dan Smith,

1978; Arsyad, 2006; Schwab *et al.*, 1997). Air aliran permukaan dan erosi yang tertampung dalam bak erosi ditakar untuk mengetahui volume dan banyaknya erosi. Selanjutnya sampel erosi yang diambil dari bak erosi dikeringkan dengan oven, lalu ditimbang berat kering tanah yang tererosi per satuan luas per satuan waktu kejadian hujan.

Aliran permukaan dan erosi yang terjadi pada setiap plot merupakan total dari aliran permukaan dan sedimen yang tertampung dalam bak penampung dan yang masuk dalam cerigen. Aliran permukaan untuk setiap hari kejadian hujan per plot dihitung (Schwab *et al.*, 1997) dengan persamaan :

$R_p = R_g + (R_c \times L_p)$ , dan aliran permukaan per satuan luas (ha) dihitung sebagai berikut:  $RO = 10000m^2/luas\ plot\ m^2 \times R_p$  (ltr).

Ket:  $R_p$  = aliran permukaan plot (ltr),  $R_g$  = volume yang masuk bak penampung (ltr),  $R_c$  = volume yang masuk ke cerigen (ltr),  $L_p$  = banyaknya lubang pembuang,  $RO$  = aliran permukaan (ltr/ha).

Total erosi per plot dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Schwab *et al.*, 1997):

$E_p = (S_g \times V_g) + S_c (R_c \times L_p)$ , dan erosi dalam satu hektar dihitung dengan rumus  $E = 10000 (m^2)/luas\ plot\ (m^2) \times E_p$  (g)

Ket :  $E_p$  = erosi plot (g/plot),  $S_g$  = kadar erosi/sedimen dalam sampel bak penampung (g/ltr),  $V_g$  = volume aliran permukaan yang masuk bak penampung (ltr,  $R_c$  = volume aliran permukaan yang masuk ke cerigen (ltr),  $S_c$  = kadar erosi dalam sampel cerigen (g/ltr),  $L_p$  = banyaknya lubang pembuang,  $E$  = erosi (g/ha).

Sampel erosi diambil pada setiap kejadian hujan. Pengambilan sampel pada bak penampung dan jerigen dilakukan secara proporsional. Pengambilan sampel dilakukan dengan terlebih dahulu dilakukan pengadukan sehingga suspensi aliran permukaan menjadi homogen. Sampel erosi yang diperoleh kemudian dikeringkan dalam

oven dan seterusnya ditimbang untuk mengetahui besarnya erosi per plot.

Pengamatan beberapa sifat fisik tanah dilakukan dengan mengambil sampel tanah utuh dengan menggunakan ring sampel. Melalui sampel utuh tersebut dianalisis bobot isi dan porositas tanah. Pengamatan curah hujan dilakukan dengan menggunakan alat manual yang dipasang pada setiap blok pengamatan.

### 2.3. Erosi Dapat Ditoleransi

Erosi yang terjadi tidak boleh melampaui erosi yang dapat ditoleransi (Etol) agar lahan dapat digunakan secara lestari. Dengan perkataan lain besarnya erosi minimal harus sama dengan atau lebih kecil dari Etol. Erosi yang dapat ditoleransi dihitung melalui persamaan yang dikemukakan oleh Wood dan Dent (1983) sebagai berikut:

$$ETol = \left[ \frac{D_e - D_{Min}}{MPT} + LPT \right] * BD * 10$$

Ket.:

Etol = erosi yang dapat ditoleransi (mm/tahun)

$D_e$  = kedalaman ekuivalen (kedalaman efektif x nilai faktor kedalaman, mm)

$D_{Min}$  = kedalaman tanah minimum untuk kakao (mm)

LPT = laju pembentukan tanah (mm/tahun)

MPT = masa pakai tanah (tahun)

BD = bulk density

Bobot isi diukur dengan pengambilan sampel tanah menggunakan ring sampel kemudian dikeringkan dalam oven selama dua kali 24 jam pada suhu 105 derajat Celsius. Untuk mengetahui porositas tanah ditentukan dengan membandingkan bobot isi (*bulk density*) dengan bobot partikel tanah (*particle density*).

Untuk pengukuran seresah pada masing-masing lahan pada berbagai umur tanaman kakao dilakukan dengan mengambil sampel pada petak dengan ukuran 1m x 1m kemudian ditimbang (berat kering lapang).

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Aliran Permukaan

Banyaknya aliran permukaan yang terjadi ditentukan oleh banyaknya air yang

tertampung dalam bak penampung pada plot erosi saat terjadinya hujan. Data hasil pengamatan aliran permukaan di daerah penelitian disajikan pada Table 1. Hasil uji menunjukkan bahwa penggunaan rorak yang diberi mulsa pada berbagai umur lahan kakao (5 tahun, 8 tahun, dan 12 tahun) berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol (tidak mendapat perlakuan).

Rorak yang diberi mulsa vertikal efektif menekan aliran permukaan. Berbagai umur lahan kakao (5, 8 dan 12 tahun) yang diberi/dibangun teras gulud bersaluran dengan mulsa dapat menekan aliran permukaan 73%. Sedangkan pada lahan kakao umur 3 tahun yang diberi mulsa penutup permukaan tanah dapat menurunkan aliran permukaan sebesar 71%. Hasil penelitian Murtalaksono *et al.* (2007) pada lahan kelapa sawit dengan aplikasi teras gulud dan rorak selain menekan aliran permukaan juga meningkatkan kadar air tanah. Selanjutnya dikemukakan bahwa dari kedua bentuk aplikasi teknik konservasi ini, teras gulud lebih tinggi kemampuannya dalam menekan aliran permukaan.

Perbedaan umur tanaman kakao juga memberikan pengaruh yang berbeda, semakin dewasa tanaman kakao cenderung berdampak terhadap semakin meningkatnya aliran permukaan. Intensitas pengelolaan yang semakin tinggi pada kakao dewasa mengakibatkan meningkatnya pemadatan tanah (Tabel 3). Meningkatnya pemadatan tanah (*bulk density*) berdampak terhadap menurunnya permeabilitas atau kemampuan melewatkan air ke dalam tanah (Monde *et al.*, 2008).

Tabel 1. Hasil pengamatan aliran permukaan pada penggunaan rorak dan pemberian mulsa dengan berbagai umur kakao.

Umur Kakao	Aliran Permukaan (m <sup>3</sup> /ha)	
	Rorak	Pemberian mulsa
Kontrol	711,92 <sup>a</sup>	672,76 <sup>a*</sup>
12 tahun	247,48 <sup>b</sup>	
8 tahun	224,83 <sup>b</sup>	
5 tahun	201,88 <sup>b</sup>	
≤3 tahun		136,02 <sup>b</sup>

Ket : Notasi yang sama dengan kontrol dalam satu kolom tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%

Aliran permukaan merupakan sebagian dari air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah. Jumlah air yang menjadi aliran permukaan tergantung dari intensitas

hujan (jumlah hujan per satuan waktu), keadaan penutupan tanah, topografi (terutama kemiringan lereng), jenis tanah dan ada tidaknya hujan yang terjadi sebelumnya (kadar air tanah sebelum terjadinya hujan). Jumlah dan kecepatan aliran permukaan selain tergantung dari luas areal tangkapan, juga yang tidak kalah pentingnya kepada koefisien *runoff* dan intensitas hujan maksimum. Aliran permukaan dengan jumlah dan kecepatan yang besar sering menyebabkan pemindahan atau pengangkutan massa tanah secara besar-besaran. Aliran permukaan memegang peranan penting terhadap terjadinya erosi. Pada kondisi lahan terbuka atau tidak tertutup sempurna, semakin tinggi aliran permukaan yang terjadi, maka erosi yang dihasilkan juga semakin tinggi. Menurut Arsyad (2006) bahwa kecepatan aliran permukaan dipengaruhi oleh dalamnya aliran atau radius hidrolis, kekerasan permukaan dan kecuraman lereng. Laju aliran permukaan atau debit ditentukan oleh luas penampang air dan kecepatan alirannya.

### 3.2. Erosi

Rorak yang dilengkapi dengan mulsa vertikal efektif menekan erosi (sedimen). Data hasil erosi pada berbagai umur kakao disajikan pada Tabel 2. Efektivitas aplikasi rorak cukup tinggi dalam menekan terjadinya erosi yakni mencapai 71%. Pemberian mulsa pada lahan kakao umur  $\leq 3$  tahun dapat menurunkan erosi sebesar 87%. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa lahan kakao yang diberi bangunan rorak menghasilkan erosi lebih rendah dibandingkan dengan kontrol. Rorak yang dibuat pada interval 10 m arah horizontal dan 20 m arah vertikal diduga tidak dapat menerima/menahan semua erosi yang terjadi pada lahan kakao mengingat ukurannya relatif pendek (hanya 2 m). Brata (1998) mengemukakan bahwa semakin pendek jarak antar guludan/rotak pada lereng yang sama, semakin efektif menekan erosi dan aliran permukaan. Pembangunan teras gulud/rorak akan semakin efektif menekan erosi bila jarak antar guludan 4 m pada lereng 8% yang dikombinasikan dengan pemberian mulsa vertikal (Subekti, 2006,

Lubis, 2004). Nampak bahwa semakin dewasa tanaman kakao erosi yang dihasilkan semakin menurun, hal ini terjadi karena semakin banyaknya tumpukan seresah yang dihasilkan sebagaimana disajikan dalam Table 3. Tingginya tumpukan seresah pada lahan kakao tersebut dapat menghindarkan tanah dari kerusakan akibat benturan butir air saat hujan turun.

Hasil perhitungan besarnya erosi yang dapat ditoleransi (Etol) pada daerah penelitian rata-rata 31,7 t/ha/tahun. Sementara erosi yang dihasilkan lahan kakao umur 5 hingga 12 tahun umumnya lebih rendah dari Etol yakni rata-rata 11,3 t/ha/tahun.

Tabel 2 Hasil pengamatan erosi pada penggunaan rorak dan pemberian mulsa dengan berbagai umur kakao.

Umur Kakao	Erosi (t/ha)	
	Rorak	Pemberian Mulsa
Kontrol	6.766,72 <sup>a</sup>	19.462.36a*
12 tahun	1.910,93 <sup>b</sup>	
8 tahun	2.277,60 <sup>b</sup>	
5 tahun	2.688,16 <sup>b</sup>	
3 tahun		2.432,46 <sup>b</sup>

Ket : Notasi yang sama dengan kontrol dalam satu kolom tidak berbeda menurut uji BNT taraf 5%.

### 3.3. Bobot Isi, Porositas dan Jumlah Seresah Penutup Tanah

Hasil pengamatan bobot isi cenderung meningkat dengan bertambahnya umur kakao, sebaliknya porositas tanah menurun dengan meningkatnya umur kakao dan seresah penutup tanah semakin meningkat dengan bertambahnya umur kakao (Tabel 3)

Pengamatan bobot isi tanah pada kakao umur 5 tahun memiliki bobot isi yang lebih kecil dan porositas yang tinggi. Aktivitas pengelolaan oleh petani pada lahan kakao dewasa mengakibatkan kepadatan tanah meningkat. Bobot isi berbanding terbalik dengan porositas tanah, bila bobot isi tanah rendah maka porositas tinggi dan sebaliknya bobot isi tanah tinggi, maka porositas tanah rendah. Pengelolaan lahan juga turut andil dalam proses pemadatan tanah, dimana partikel yang halus akan mengisi pori tanah sehingga bobot isi akan bertambah besar. Menurut Iqbal *et al.*, (2006) terjadinya peningkatan bobot isi pada lahan kakao disebabkan oleh adanya pengelolaan yang dilakukan secara intensif

dalam rangka peningkatan hasil yang maksimal.

Selain itu tinggi rendahnya bobot isi dan porositas tanah dipengaruhi oleh tekanan beban baik dari alat pertanian yang digunakan maupun pijakan kaki dari petani itu sendiri yang secara rutin memberikan pemeliharaan tanaman, seperti mengolah tanah, menyiang, memupuk, pencegahan hama/ penyakit, panen dan sebagainya. Terjadinya erosi juga mempengaruhi meningkatnya bobot isi tanah, dimana partikel-partikel halus mengisi pori tanah dan bahan organik sebagian besar telah terangkat erosi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa semakin lama penggunaan lahan khususnya lahan pertanaman kakao, semakin meningkat pula bobot isi, sebaliknya porositas tanah menurun (Arsyad, 2006). Menurunnya kandungan bahan organik pada lahan pertanian umumnya juga menjadi faktor penyebab meningkatnya bobot isi tanah (Sinukaban *et al.*, 2000; Lal, 1986) Meningkatnya bobot isi tanah terutama terjadi pada lahan yang umumnya dekat dengan pemukiman petani. Akses yang cukup dekat tersebut memungkinkan petani dan keluarganya sering mengunjungi lahan tersebut.

Hasil pengamatan jumlah seresah yang dilakukan pada berbagai tingkatan umur kakao menunjukkan bahwa kakao dengan umur 5 tahun memiliki jumlah daun atau bagian tanaman lainnya yang gugur lebih sedikit dibandingkan kakao umur 8 tahun dan 12 tahun. Semakin bertambahnya umur tanaman kakao (semakin dewasa) jumlah tumpukan seresah yang dihasilkan semakin tinggi. Meningkatnya jumlah seresah pada lahan kakao berdampak terhadap semakin tingginya prosentase penutupan permukaan tanah (Monde *et al.*, 2007).

Tabel 3. Hasil pengamatan bobot isi, porositas dan seresah penutup tanah pada berbagai umur kakao.

Umur Kakao (tahun)	Bobot isi (g/cm <sup>3</sup> )	Porositas (%)	seresah penutup tanah (t/ha)
≤3	1,12	57,74	<1
5	1.19	54.43	5.6
8	1.31	50.57	10.96
12	1.44	45.66	12.36

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1. Kesimpulan

- Teknik konservasi tanah dan air pada lahan kakao umur 5 – 12 tahun dengan rorak yang diberi mulsa vertikal efektif menurunkan aliran permukaan hingga 71%
- Aplikasi rorak bermulsa pada lahan kakao umur 5- 12 tahun dapat menekan erosi hingga 72%.
- Pemberian mulsa 6 t/ha pada lahan kakao umur ≤3 tahun dapat menurunkan jumlah aliran permukaan hingga 71% dan erosi 87%

### 4.2. Saran

- Untuk lebih meningkatkan efektifitas dalam menekan aliran permukaan dan erosi pada lahan kakao maka kedua teknik konservasi tanah ini dipadukan dalam satu lahan dimana rorak selain berfungsi sebagai sarana serapan aliran permukaan juga berfungsi sebagai lubang pengomposan.
- Untuk lahan yang masih terbuka saat tanaman kakao masih berumur ≤3 tahun perlu diberikan mulsa minimal 6 t/ha untuk mencegah erosi yang tinggi
- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang efektifitas pemanfaatan bahan organik yang diberikan dalam rorak dan penebaran bahan organik dalam piringan tanaman.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad S. 2006. Konservasi Tanah dan Air. UPT Produksi Media Informasi. Lembaga Sumberdaya Informasi Institut Pertanian Bogor. IPB Press.
- Brata K R. 1998. Pemanfaatan jerami padi sebagai mulsa vertikal untuk pengendalian aliran permukaan dan erosi serta kehilangan unsur hara dari pertanian lahan kering. *J. Ilmu Tanah dan Lingkungan* 1(1): 21-27
- Hutasoit V R M. 2005. Efektivitas micrcatchmen dalam menekan aliran permukaan dan erosi serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai pada musim kemarau. Skripsi. Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Faperta IPB.
- Iqbal, T Mandang dan EN Sembiring, 2006. Pengaruh lintasan traktor dan pemberian bahan organik terhadap pemadatan tanah dan keragaan tanaman kacang tanah. *Jurnal Keteknikan Pertanian. Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) dan Departemen Teknik Pertanian (FATETA) IPB, Bogor.* 20: 225-234
- Lal R. 1986. Deforestation and soil erosion. *In* R. Lal, PA Sanchez, RW Cummings (Eds.) *Land Clearing and Development in the Tropics.* AA Balkema, Rotterdam. p.199-316.
- Lubis A. 2004. Pengaruh modifikasi sistem microcatchment terhadap aliran permukaan, erosi serta pertumbuhan dan produksi kacang tanah pada pertanian lahan kering. Skripsi. Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Faperta IPB
- Monde A, N Sinukaban, K Murtalaksono dan N H Pandjaitan, 2007. Dinamika karbon (c) akibat alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian. *J. Agroland* 15(1). pp22-26 Fakultas Pertanian Universitas Tadulako.
- Monde A, N Sinukaban, K Murtalaksono dan N H Pandjaitan, 2008. Dinamika kualitas tanah, erosi dan pendapatan petani akibat alih guna lahan hutan menjadi lahan kakao di DAS Nopu, Sulawesi Tengah. *J. Forum Pascasarjana IPB. Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor,* pp. 215-225.
- Murtalaksono K., E. S. Sutarta, Hasri H. Siregar, W. Darmosarkoro, dan Y. Hidayat, 2008. Penerapan teknik konservasi tanah dan air dalam upaya menekan aliran permukaan dan erosi di kebun Kelapa Sawit. *Proseiding Seminar dan Kongres Nasional MKTI VI. Masyarakat Konservasi Tanah dan Air Indonesia.* Jakarta. pp 15-38
- Schwab G O, R K Frevert, T W Etmister and K K Barnes. 1997. *Soil and Water Conservation Engineering.* Jhon Wiley & Sons. New York.
- Subekti, M 2006. modifikasi mikro *catchment* untuk menanggulangi aliran permukaan di lahan kering berlereng. Skripsi. Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan. Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Sinukaban N, SD Tarigan, W Purwakusuma, DPT.Baskoro, and ED Wahyuni. 2000. *Analysis of watershed functions. Sediment transfer across various types of filter strips.* IPB,Bogor
- Wischmeier WH and DD Smith. 1978. *Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning.* USDA Agrc. Handbook No. 537. 58pp. Wisconsin.
- Wood S R. and F J Dent. 1983. *LECS. A Land Evaluation Computer System Methodology.* Center for Soil Research, Bogor.