

PENGUKURAN DAN PENDUGAAN EROSI PADA LAHAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DENGAN KEMIRINGAN BERBEDA

DETERMINING AND PREDICTION OF EROSION IN OIL PALM PLANTATION WITH DIFFERENT SLOPE

Kiki Ardianto¹, Al Ikhsan Amri²

Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, University of Riau
ardiantokiki@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to determine the amount of erosion in oil palm plantations in various slopes and determine the extent of erosion in oil palm plantations. This research was conducted in oil palm plantations PT. Chemical Tirta Utama, conducted over four months from December 2015 to March 2016. The study was conducted by two methods, namely the methods of measurement and prediction of erosion. Measurements of erosion are conducted by placing small plots in the area gawangan dead plant oil palm on land slope of 9%, 19% and 31%. Estimation of erosion performed using USLE method. The results showed that the amount of soil erosion in oil palm plantations using small plots highest on the slope of 9%, amounting to 5.38 tonnes / ha, whereas the lowest on slopes of 31% amounting to 2.83 tonnes / ha. For the method of soil erosion USLE highest on the slope 31% ie 431.98 tons / ha, whereas the lowest on the slope of 9% is 386.55 tons / ha. The degree of erosion in oil palm plantations by estimating method USLE at an inclination of 9%, 19% and 31%, respectively, are 11.64, 12.53 and 14.04 which are all included in the very high category. The level of erosion in oil palm plantations with small terraced plots measuring method at an inclination of 9%, 19% and 31%, respectively 0.16, 0.12 and 0.09 which are all included in the low category.

Keywords: erosion, palm oil, small plots, the slope of the land, USLE

PENDAHULUAN

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) merupakan tanaman perkebunan penghasil minyak yang menjadi faktor penting dalam perekonomian Indonesia, sehingga telah mendorong pemerintah, pihak swasta maupun masyarakat berupaya untuk terus mengembangkannya.

Dewasa ini pengembangan kelapa sawit banyak dilakukan pada lahan kering bertopografi datar sampai curam. Hal ini dikarenakan

sebagian besar lahan kering di Indonesia mempunyai kemiringan lebih dari 3% dengan bentuk wilayah berombak, bergelombang, berbukit dan bergunung, yang meliputi 77,4% dari seluruh daratan (Dariah *et al.*, 2004). Namun demikian, pengembangan kelapa sawit pada lahan kering berlereng harus memperhatikan aspek lingkungan terutama yang berkaitan dengan karakteristik tanah/lahan dan iklim. Padahal aspek karakteristik

tanah/lahan sangat penting diketahui untuk pertimbangan dalam memilih lokasi untuk pengusahaan kelapa sawit (Syakir *et al.*, 2010).

Salah satu faktor penting dalam karakteristik tanah/lahan adalah topografi lahan yang berkaitan dengan derajat kemiringan lereng dan panjang lereng. Kemiringan lereng yang optimal untuk tanaman kelapa sawit kurang dari 23% (12°) dan tidak disarankan lebih dari 38% (20°), namun dalam kenyataannya banyak kelapa sawit yang tumbuh di lahan curam (Syakir *et al.*, 2010).

Kemiringan lereng dan panjang lereng merupakan dua sifat utama dari topografi yang mempengaruhi erosi. Kemiringan lereng dan panjang lereng memberikan dampak terhadap laju aliran permukaan yang membawa lapisan tanah atas beserta unsur hara dari tempat satu ke tempat lainnya yang lebih rendah (Haridjaja *et al.*, 1991). Menurut Martono (2004), besar kemiringan lereng akan mempengaruhi laju kecepatan aliran permukaan, dimana semakin curam suatu lereng akan semakin cepat alirannya, sehingga dapat diartikan kesempatan air yang meresap kedalam tanah lebih kecil dan akan memperbesar aliran permukaan, yang akan berakibat pada besarnya erosi tanah.

Selain topografi lahan, besarnya erosi tanah juga dipengaruhi oleh air hujan. Pada tanah yang berlereng, air hujan yang turun akan lebih banyak berupa aliran permukaan, yang seterusnya air akan mengalir dengan cepat dan menghancurkan serta membawa tanah bagian atas (*top soil*) yang umumnya tanah subur (Kartasapoetra dan Sutedjo, 2005). Curah hujan dengan intensitas yang tinggi dan durasi hujan yang lama, maka energi kinetiknya semakin besar

dan erosivitasnya juga semakin besar sehingga dapat dikatakan potensi terjadinya erosi akan semakin besar (Martono, 2004).

Potensi bahaya erosi di lahan kelapa sawit perlu dilakukan penanganan terutama pada lahan-lahan berlereng. Oleh karena itu perlu kiranya dilakukan pengukuran dan pendugaan erosi agar dapat mengetahui seberapa besar erosi yang terjadi pada lahan berlereng yang ditanami kelapa sawit, sehingga dapat ditetapkan kebijaksanaan dan tindakan konservasi tanah yang diperlukan agar tidak terjadi kerusakan tanah dan dapat dipergunakan secara produktif dan lestari (Arsyad, 2010).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya erosi di lahan perkebunan kelapa sawit pada berbagai kemiringan dan mengetahui seberapa besar tingkat bahaya erosi di lahan perkebunan kelapa sawit.

BAHAN DAN METODE

Penelitian telah dilaksanakan pada areal tanaman kelapa sawit PT. Kimia Tirta Utama, Desa Pangkalan Pisang, Kecamatan Koto Gasib, Kabupaten Siak, dengan jenis tanah Inceptisol. Penelitian ini dilaksanakan selama 4 bulan dimulai dari bulan Desember 2015 sampai bulan Maret 2016.

Bahan-bahan yang digunakan selama penelitian antara lain lahan budidaya tanaman kelapa sawit, contoh tanah/sedimen, contoh air larian, peta administrasi, peta penutupan dan penggunaan lahan.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian antara lain *abney level*, *bor belgia*, *ring* sampel, cangkul, parang, meteran, drum/ember, pipa paralon, paku, seng, martil, timbangan, patok

kayu, kamera digital, ombrometer, gelas ukur dan alat tulis.

Pengukuran erosi dilakukan dengan cara menempatkan petak kecil di area gawangan mati tanaman kelapa sawit pada lahan kemiringan 9%, 19% dan 31%. Ukuran petak kecil yang digunakan panjang 5 m dan lebar 2 m.

Pendugaan erosi dilakukan dengan menggunakan persamaan *Universal Soil Loss Equation* (USLE). Persamaan USLE digunakan untuk memprediksi tingkat bahaya erosi di lahan tanaman kelapa sawit dengan menghubungkan faktor-faktor seperti faktor erosivitas hujan, faktor erodibilitas tanah, faktor topografi, faktor vegetasi dan faktor tindakan konservasi.

Pengukuran erosi dilakukan menggunakan metode petak kecil. Langkah kegiatan penelitian dalam pengukuran erosi adalah sebagai berikut:

Penentuan lokasi petak kecil di lapangan dilakukan menggunakan metode *purposive sampling* pada berbagai kelas kemiringan lahan yaitu 9% (landai), 19% (agak curam) dan 31% (curam), dan diulang sebanyak 3 kali pada setiap kelas kemiringan.

Pengukuran erosi yang dilakukan di lapangan ialah menggunakan petak kecil dengan ukuran panjang 5 m dan lebar 2 m. Petak percobaan tersebut dibatasi menggunakan terpal plastik yang ditanam sedemikian rupa sekitar 10 cm tertanam di dalam tanah, sedangkan sisanya 20 cm menjadi dinding penahan air aliran dan sedimen. Air larian dan sedimen disalurkan ke dalam ember penampung menggunakan pipa paralon yang diletakan diujung petakkan bagian bawah. Bagian atas ember penampung diberi penutup untuk

mencegah masuknya air hujan langsung.

Petak kecil ditempatkan di antara tanaman kelapa sawit (gawangan mati), dan petak kecil ditempatkan searah lereng.

Untuk pengukuran erosi metode petak kecil variabel yang diamati adalah sedimentasi tanah dan air larian, yang pengamatan dilakukan setelah kejadian hujan.

Pendugaan erosi dilakukan dengan metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE) atau yang lebih dikenal dengan persamaan USLE. Adapun langkah kegiatan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Pengumpulan data. Data yang dikumpulkan meliputi data primer dan data skunder. Jenis variabel data primer yang dikumpulkan yaitu data curah hujan, data tanah, data topografi lahan, data vegetasi lahan atau tutupan tanah dan data pengolahan tanah (ada tidaknya tindakan konservasi tanah). Pengumpulan data skunder diperoleh melalui kajian pustakaan, jurnal, laporan dan media elektronik (internet).

Analisis tanah. Analisis tanah dilakukan di lapangan dan di laboratorium tanah Fakultas Pertanian Universitas Riau. Adapun analisis tanah yang dilakukan di lapangan yaitu pengamatan struktur tanah, warna tanah, dan kedalaman efektif tanah. Analisis tanah yang dilakukan di laboratorium yaitu permeabilitas tanah, bahan organik tanah, tekstur tanah dan kadar air tanah.

Pengolahan data. Data yang telah diperoleh dari lapangan dan dari analisis di laboratorium diolah untuk mendapatkan nilai faktor-faktor penyebab erosi (R, K, L, S, C, P) dan besarnya erosi (A) yang terjadi

menggunakan persamaan USLE. Kemudian dari data-data tersebut juga ditentukan laju erosi yang diperbolehkan (T) dan tingkat bahaya erosi (TBE).

Pengamatan yang dilakukan di lapangan yaitu sebagai berikut:

Pengamatan air larian. Besarnya air larian ditentukan dengan mengukur volume air larian yang masuk ke dalam ember penampung yang telah disiapkan. Pengukuran air larian dilakukan dengan menggunakan gelas ukur dengan satuan (ml).

Pengamatan sedimen tanah. Pengamatan sedimen tanah dilakukan dengan cara mengambil sampel tanah sebanyak 10 g dari ember penampung, kemudian sedimen sampel dikeringkan dengan cara di oven dan setelah itu ditimbang berat kering sedimen sampel.

Kedalaman efektif tanah. kedalaman efektif tanah ditentukan dengan cara melakukan pengeboran tanah sampai batas maksimal, yaitu ketika tanah sudah mulai keras atau dengan kata lain sulit untuk dibor lebih lanjut.

Kemiringan lereng pada tempat penelitian mengacu pada peta lereng dan pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan *abney level*.

Penentuan struktur tanah. pengamatan struktur tanah dilakukan di lapangan dengan cara mengamati agregat tanah dengan bantuan lup. Kemudian dilakukan penamaan tipe struktur tanah berdasarkan pembagian tipe struktur tanah menurut Hakim *et al.* (1986).

Pengamatan di laboratorium meliputi:

Permeabilitas tanah, penetapan permeabilitas dalam keadaan jenuh dilakukan mengikuti cara yang dilakukan oleh De Boodt berdasarkan hukum *Darcy*. Contoh tanah diambil

dari lapangan dengan menggunakan ring sampel (sampel tidak terganggu). Sampel dengan tabung atau ring sampel direndam selama 24 jam untuk mengeluarkan semua udara dalam pori-pori tanah. Setelah sampel direndam, kemudian dipindahkan ke alat permeabilitas dan air dialirkan melalui kran pada alat. Pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali pengukuran, kemudian dari kelima pengukuran tersebut diambil rata-rata. Selanjutnya hasil dari rata-rata 5 kali pengukuran tersebut dihitung menggunakan hukum *Darcy*.

Penetapan C–Organik. Penetapan C–Organik dilakukan di laboratorium menggunakan metode Walkley dan Black.

Penentuan tekstur tanah. Analisa tekstur tanah dilakukan di laboratorium menggunakan metode pipet dan penamaan kelas teksturnya menggunakan diagram segitiga tekstur.

Pengolahan data pendugaan erosi dilakukan menggunakan persamaan *Universal Soil Loss Equation (USLE)* yang mengkombinasi enam variabel yaitu curah hujan, erodibilitas, panjang dan kemiringan lereng, vegetasi penutup tanah serta tindakan konservasi tanah. Persamaan USLE yang digunakan adalah persamaan yang digunakan Wischmeier and Smith (1965) dalam Seta (1991) yaitu sebagai berikut:

$$A = (0,224) \times R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Dimana:

A = banyaknya tanah tererosi dalam ton ha⁻¹ tahun⁻¹

R = faktor curah hujan dan aliran permukaan, yaitu jumlah satuan indeks erosi hujan tahunan yang merupakan perkalian antara energi hujan total (E) dengan intensitas hujan maksimum 30 menit (I₃₀).

- K = faktor erodibilitas tanah, yaitu laju erosi per indeks erosi hujan (R) untuk suatu tanah yang didapat dari petak percobaan standar, yaitu petak percobaan yang panjangnya 72,6 kaki (22,1 meter) terletak pada lereng 9%, tanpa tanaman ($K = A R^{-1}$).
- L = faktor panjang lereng yaitu nisbah antara besarnya erosi dari tanah dengan suatu panjang lereng tertentu terhadap erosi dari tanah dengan panjang lereng 72,6 kaki (22,1 meter) di bawah keadaan yang identik.
- S = faktor kecuraman lereng yaitu nisbah antara besarnya erosi yang terjadi dari suatu tanah dengan kecuraman lereng tertentu terhadap b esarnya erosi dari tanah dengan lereng 9% di bawah keadaan yang identik.
- C = faktor vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman yaitu nisbah antara besarnya erosi dari suatu tanah dengan vegetasi penutup dan pengelolaan tanaman tertentu terhadap besarnya erosi tanah dari tanah yang identik tanpa tanaman.
- P = faktor tindakan-tindakan khusus konservasi tanah (pengolahan dan penanaman menurut kontur, penanaman dalam strip, guludan, teras), yaitu nisbah antara besarnya erosi dari tanah yang diberi perlakuan tindakan konservasi khusus tersebut terhadap besarnya erosi dari tanah yang diolah searah lereng, dalam keadaan yang identik.
- Masing-masing faktor tersebut dihitung nilainya dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Nilai erosivitas hujan (R) dihitung menggunakan persamaan Bols (1978) dalam Arsyad (2010) sebagai berikut:

$$EI_{30} = 6,119 (RAIN)^{1,21} (DAYS)^{-0,47} (MAXP)^{0,53}$$

Dimana: EI_{30} = indeks erosivitas hujan bulanan dalam $MJ ha^{-1} h^{-1}$. RAIN = curah hujan rata-rata bulanan dalam cm. DAYS = jumlah hari hujan rata-rata perbulan MAXP = curah hujan maksimum selama 24 jam dalam bulan yang bersangkutan dalam cm.

Nilai faktor erodibilitas tanah (K) atau kepekaan erosi tanah dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut: $K = 1,292 [2,1 M^{1,14} (10^{-4}) (12-a) + 3,25 (b-2) + 2,5 (c-3)] / 100$

Dimana: K = nilai erodibilitas tanah. M = ukuran praktikel yaitu (% debu + % pasir sangat halus) x (100-% liat). a = persentase bahan organik. b=kode struktur tanah. c = kode permeabilitas tanah

Nilai faktor panjang lereng (L) dan kemiringan lereng (S) dihitung sekaligus berupa faktor LS. Nilai LS dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$LS = \sqrt{L(0,0138 + 0,00965S + 0,00138S^2)}$$

Diamana: S = kemiringan lereng (%).

L = panjang lereng (m)

Nilai C ditetapkan berdasarkan nilai faktor C beberapa jenis tanaman di Indonesia dan nilai P ditentukan menurut nilai faktor P untuk beberapa tindakan konservasi tanah.

Laju erosi yang dapat ditoleransi (T) dihitung menggunakan rumus Hammer (1981) dalam Arsyad (2010) sebagai berikut:

$$T = \frac{DE \times fd}{T} \times \text{Bulk density} \times 10$$

Dimana : T = laju erosi yang masih dapat ditoleransi ($ton ha^{-1} tahun^{-1}$). DE = kedalaman ekivalen (mm). Fd

= faktor kedalaman. T= umur guna tanah (*resources life*). Nilai faktor kedalaman tanah (fd) beberapa sub-order tanah yang disusun oleh Hammer (1981) *dalam* Arsyad (2010)

Tingkat bahaya erosi (TBE) ditentukan dengan membandingkan erosi potensial (A) dengan erosi yang masih dapat ditoleransi (T) di bawah tegakan kelapa sawit menggunakan rumus Hammer (1981) *dalam* Arsyad (2010), sebagai berikut:

$$TBE = \frac{\text{Erosi Potensial (A) (ton/ha/th)}}{T(\text{ton/ha/ha})}$$

Tabel 11. Nilai erosi tanah di lahan tanaman kelapa sawit pada percobaan petak kecil pengukuran selama 4 bulan

Kemiringan lahan (%)	Erosi tanah (ton/ha)
9	5,38
19	4,09
31	2,83

Sumber : Analisis data primer, 2016

Tabel 11 memperlihatkan bahwa nilai erosi tanah tertinggi yaitu pada kemiringan 9% sebesar 5,38 ton/ha, sedangkan yang terendah pada kemiringan 31% yaitu 2,83 ton/ha. Sehingga dapat diartikan bahwa semakin besar kemiringan lahan erosi yang terjadi semakin kecil. Hal ini berbeda secara teori, dalam Asdak (2010) yang menyatakan bahwa lahan dengan kemiringan yang lebih curam aliran permukaannya akan semakin cepat, sehingga tanah yang terangkut oleh aliran permukaan semakin banyak.

Aliran permukaan pada kemiringan 9% yaitu 4339,60 mm/10m², nilai tersebut lebih besar dibandingkan dengan kemiringan 19% dan 31%. Hal ini disebabkan oleh lambatnya permeabilitas tanah yaitu 1,12 cm/jam. Sehingga dapat dikatakan, apa bila permeabilitas tanahnya lambat maka air akan banyak tergenang diatas permukaan

Dimana: A = Erosi potensial (ton/ha/th). T = Erosi yang dapat ditoleransikan (ton/ha/th).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Erosi dengan Metode Petak Kecil

Hasil pengukuran erosi tanah di lahan perkebunan kelapa sawit pada berbagai kemiringan berbeda dapat dilihat pada Tabel 11.

tanah dan memperbesar aliran permukaan.

Tabel 11 menunjukkan bahwa kemiringan tidak berpengaruh terhadap besarnya erosi yang terjadi. Jika dilihat dari faktor lain yang juga mempengaruhi besarnya erosi yaitu erodibilitas tanah, menunjukkan bahwa potensi terjadi erosi tertinggi pada kemiringan 9%, karena nilai erodibilitasnya 0,32 lebih besar dibandingkan dengan nilai erodibilitas pada kemiringan 19% dan 31%. Sarief (1989) menyatakan apabila nilai erodibilitas tanah tinggi maka tanah peka atau mudah tererosi dan sebaliknya apabila nilai erodibilitas tanahnya rendah maka tanah lebih tahan terhadap erosi.

Faktor vegetasi penutup tanah juga berpengaruh terhadap besarnya erosi. Nilai vegetasi penutup tanah pada kemiringan 9% yaitu 0,29, nilai tersebut tergolong besar dibandingkan dengan nilai vegetasi penutup tanah

pada kemiringan 19% dan 31%, karena pada lahan kemiringan 9% tumbuhan bawahnya 15% sehingga butiran air hujan yang jatuh langsung menghantam permukaan tanah. Ziliwu (2002) menyatakan bahwa semakin rapat atau semakin padat tanaman yang tumbuh di atas lahan maka semakin kecil terjadinya aliran permukaan.

Faktor-faktor Pendugaan Erosi Metode USLE

Faktor erosivitas hujan

Faktor erosivitas dihitung menggunakan rumus Bols (1978) dalam Arsyad (2010). Data yang digunakan adalah data curah hujan selama 4 bulan, yaitu dari bulan Desember 2015 sampai bulan Maret 2016, yang diperoleh berdasarkan data curah hujan di stasiun pengamatan curah hujan PT. Kimia Tirta Utama Kecamatan Koto Gasib. Nilai erosivitas hujan pada lokasi penelitian disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Nilai erosivitas hujan di lahan tanaman kelapa sawit PT. Kimia Tirta Utama

Bulan	RAIN (mm)	RAIN ^(1,21) (cm)	DAYS ^(c-0,47)	MAXP (mm)	MAXP ^(0,53) (cm)	EI ₃₀ (MJ/ha)
Desember	586,00	58,60	9,00	156,00	15,60	1.287,36
Januari	402,68	40,27	6,00	142,17	14,22	941,76
Februari	481,77	48,18	8,00	145,60	14,56	1.035,00
Maret	832,40	83,24	9,00	317,80	31,78	2.870,32
Jumlah	2302,85	230,29	32,00	761,57	76,16	6.134,43

Sumber: Analisis data curah hujan PT. Kimia Tirta Utama, 2016

Tabel 12 menunjukkan bahwa nilai erosivitas hujan selama empat bulan di lahan tanaman kelapa sawit PT. Kimia Tirta Utama adalah 6.134,43 MJ/ha. Nilai erosivitas tersebut merupakan indeks besarnya tenaga curah hujan yang menyebabkan erosi pada lahan perkebunan kelapa sawit PT. Kimia Tirta Utama.

Jumlah erosivitas dari ke empat bulan tersebut (Desember – Maret) adalah sebesar 6.134,43 MJ/ha. Jumlah erosivitas tersebut tergolong tinggi, karena jumlah curah hujan selama empat bulan juga tinggi yaitu sebesar 2302,85 mm. Martono (2004) menyatakan bahwa yang berpengaruh terhadap erosivitas hujan adalah energi kinetik dan intensitas curah hujan. Apa bila dibandingkan antara

energi kinetik dengan intensitas curah hujan, maka yang berpengaruh terhadap besarnya erosivitas adalah intensitas curah hujannya. Semakin tinggi intensitas curah hujan maka nilai erosivitasnya juga besar.

Faktor erodibilitas tanah

Erodibilitas merupakan kepekaan tanah terhadap pukulan butiran air hujan dan penghannyutan oleh aliran permukaan. Semakin besar nilai erodibilitas tanah maka tanah akan peka atau mudah tererosi, sebaliknya apabila nilai erodibilitas tanah itu rendah maka tanah lebih tahan terhadap erosi (Kartasapoetra dan Sutejo, 2005). Nilai erodibilitas tanah di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Nilai erodibilitas tanah di lokasi penelitian

Kemiringan lahan (%)	Erodibilitas tanah (K)	Kategori
9	0,32	Sedang
19	0,26	Sedang
31	0,25	Sedang

Sumber: Hasil analisis data, 2016

Tabel 13 menunjukkan bahwa nilai erodibilitas tanah (K) pada masing-masing kemiringan berbeda. Nilai erodibilitas tertinggi yaitu pada kemiringan 9% sebesar 0,32, sedangkan nilai erodibilitas terendah yaitu pada kemiringan 31% sebesar 0,25. Sehingga dapat dikatakan bahwa pada lahan kemiringan 9% potensi untuk terjadinya erosi lebih besar dibandingkan lahan kemiringan 31%.

Tekstur berperan besar terhadap besar kecilnya erodibilitas tanah. Tekstur tanah merupakan perbandingan relatif dari partikel tanah seperti pasir, debu dan lempung dalam suatu massa tanah. Harjadi dan Agtriary (1997) mengatakan bahwa tekstur berpengaruh pada erodibilitas tanah yaitu dengan semakin besarnya tekstur tanah, maka nilai K akan cenderung semakin besar. Sebaliknya semakin halus tekstur suatu tanah, nilai K akan semakin rendah.

Faktor yang juga mempengaruhi nilai erodibilitas adalah kandungan bahan organik tanah. Menurut Winarso (2005) bahan organik tanah dapat mempengaruhi nilai K, karena terkait dengan fungsi bahan organik sebagai bahan perekat tanah dalam pembentukan agregat tanah. Tanah dengan kandungan bahan organik yang tinggi maka akan lebih resisten terhadap erosi, karena dengan banyaknya bahan organik maka agregat tanah terbentuk dengan baik sehingga permukaan tanah sukar untuk digerus oleh aliran permukaan. Selain itu aerasi tanah, kapasitas air tanah juga akan menjadi lebih baik.

Seperti yang dikemukakan oleh Bennet (1955) dalam Suripin (2002) yang menyatakan bahwa fungsi bahan organik dalam pencegahan terjadinya erosi antara lain dapat memperbaiki aerasi tanah dan mempertinggi kapasitas air tanah serta memperbaiki daerah perakaran.

Kandungan bahan organik tanah pada lahan penelitian di masing-masing kemiringan tergolong rendah. Kandungan bahan organik yang rendah mungkin disebabkan karena telah berlangsungnya erosi tanah pada lahan penelitian. Purwanto *et al.* (2013) menyatakan bahwa semakin besar erosi maka kandungan bahan organik tanah menjadi semakin rendah.

Permeabilitas merupakan kemampuan tanah dalam melewatkan air. Permeabilitas termasuk dalam faktor yang mempengaruhi besarnya nilai erodibilitas tanah. A'yunin (2008) menyatakan bahwa permeabilitas sangat tergantung pada ukuran butir tanah (tekstur), bentuk dan diameter pori-pori tanah, dan tebal selaput lengas atau hidratisasi zarah. Semakin halus tekstur tanah maka permeabilitasnya akan semakin lambat, namun apabila semakin kasar teksturnya maka permeabilitasnya akan semakin cepat.

Struktur tanah merupakan partikel-partikel tanah seperti pasir, debu dan liat yang membentuk agregat tanah antara suatu agregat dengan agregat yang lainnya. Struktur tanah berkaitan dengan agregat tanah dan kuantitas agregat tanah. Menurut Sarief (1995), ada 2 aspek

struktur tanah yang penting dalam hubungannya dengan erosi, yaitu (1) sifat fisika kimia liat yang menyebabkan terbentuknya agregat dan tetap berada dalam bentuk agregat meskipun terkena air, dan (2) adanya bahan perekat butir-butir primer sehingga terbentuk agregat mantap. Struktur tanah dapat dikatakan baik apabila di dalamnya terdapat penyebaran ruang pori-pori yang baik, yaitu terdapat ruang pori di dalam dan di antara agregat yang dapat diisi air dan udara dan sekaligus mantap keadaannya.

Struktur pada semua kemiringan tergolong granuler dan remah. Hal itu menunjukkan bahwa di daerah penelitian tersebut telah terjadi erosi yang cukup besar karena sangat sedikit ditemukan adanya agregat dan bahkan banyak ditemukan tanah-tanah bertekstur pasir. Hal itu didukung oleh sedikitnya kandungan lempung dan bahan organik yang mampu berperan sebagai bahan perekat. Tanah-tanah bertekstur kasar membentuk struktur tanah yang ringan, sebaliknya tanah-tanah yang berbentuk atau tersusun dari tekstur halus menyebabkan terbentuknya tanah-tanah yang berstruktur berat (A'yunin, 2008).

Adanya perbedaan struktur tanah yang terjadi, secara tidak langsung mempengaruhi ukuran dan jumlah pori-pori tanah yang terbentuk. Tanah-tanah dengan struktur yang berat mempunyai pori halus yang banyak, miskin akan pori-pori besar, dan mempunyai kapasitas infiltrasi kecil. Sebaliknya tanah-tanah yang berstruktur ringan mengandung banyak pori besar dan sedikit pori halus, kapasitas infiltrasinya lebih besar dibandingkan dengan tanah yang berstruktur berat. Namun karena sangat sedikit ditemukan adanya agregat dan bahkan banyak ditemukan tanah dengan tekstur pasir sehingga mengakibatkan terjadinya aliran permukaan yang mampu mengerosi permukaan tanah.

Faktor panjang dan kemiringan lereng

Ada 2 hal yang mempengaruhi topografi lahan yaitu panjang lereng dan kemiringan lereng. Faktor topografi juga mempengaruhi besarnya erosi yang terjadi dengan menggunakan metode USLE. Panjang lereng dan kemiringan lereng (LS) dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Nilai panjang dan kemiringan lereng (LS) pada tiap kemiringan

Kemiringan lahan (%)	Bentuk Wilayah	Nilai LS
9	Bergelombang	6,03
19	Berbukit	8,67
31	Berbukit	14,37

Sumber: Hasil analisis data, 2016

Tabel 14 menunjukkan bahwa nilai LS tiap kemiringan berbeda, dengan bentuk wilayah berbukit nilai LS lebih besar dibandingkan dengan bentuk wilayah bergelombang. Hasil analisis Tabel 14 nilai LS kemiringan 9% yaitu 6,03 kemudian kemiringan

19% yaitu 8,67 dan kemiringan 31% sebesar 14,37.

Kelerengan merupakan faktor yang paling dominan dalam mempengaruhi erosi dan walaupun faktor lainnya secara bersama-sama mempengaruhi terjadinya erosi,

namun tidak begitu kuat secara sendiri-sendiri. Kartasapoetra dan Sutejo (2005) menyatakan bahwa semakin panjang lereng pada tanah akan semakin besar pula kecepatan aliran air di permukaannya sehingga pengikisan terhadap bagian-bagian tanah semakin besar. Semakin panjang lereng suatu lahan menyebabkan semakin banyak air permukaan yang terakumulasi, sehingga aliran permukaan menjadi lebih tinggi kedalaman maupun kecepatannya. Martono (2004) juga mengemukakan bahwa besar kemiringan lereng akan mempengaruhi laju kecepatan aliran permukaan, semakin curam suatu lereng akan semakin cepat alirannya, sehingga bisa diartikan kesempatan air yang meresap ke dalam tanah lebih kecil dan akan memperbesar aliran permukaan, yang akan berakibat pada besarnya erosi

Pada lahan datar, percikan butir air hujan melemparkan partikel tanah ke udara ke segala arah secara acak. Pada lahan miring, partikel tanah

lebih banyak yang terlempar ke arah bawah dari pada yang ke atas, yang semakin besar dengan meningkatnya kemiringan lereng. Selain memperbesar kecepatan aliran permukaan, kecuraman lereng yang semakin besar juga mampu memperbesar energi angkut aliran permukaan dan jumlah butir-butir tanah yang terpercik ke bagian bawah lereng oleh pukulan butir-butir hujan semakin banyak (Rahim, 2000).

Faktor pengelolaan tanaman (C) dan tindakan konservasi tanah (P)

Faktor pengelolaan tanaman dan tindakan konservasi tanah merupakan faktor penting dalam erosi. Penentuan nilai C dilakukan di lapangan dengan mengidentifikasi jenis penggunaan lahan, sedangkan nilai P ditentukan berdasarkan ada tidaknya suatu tindakan terhadap lahan, khususnya ada tidaknya tindakan konservasi. Nilai faktor pengelolaan tanaman dan konservasi tanah dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Nilai faktor pengelolaan tanaman (C) dan tindakan konservasi tanah (P)

Kemiringan lahan (%)	Faktor C				Nilai faktor C1+ nilai faktor C2	Faktor P	Nilai faktor P
	1	Nilai faktor	2	Nilai faktor			
9	Tanaman kelapa sawit	0,2	Rumput 15%	0,09	0,29	Tanaman perkebunan disertai penutup tanah sedang	0,50
19	Tanaman kelapa sawit	0,2	Rumput 50%	0,07	0,27	Tanaman perkebunan disertai penutup tanah sedang	0,50
31	Tanaman kelapa sawit	0,2	Rumput 75%	0,05	0,25	Teras bangku konstruksi kurang bik	0,35

Sumber: Hasil analisis data, 2016

Tabel 15 menunjukkan bahwa faktor pengelolaan tanaman C terdiri dari dua faktor yaitu tanaman kelapa sawit dan rumput yang tumbuh dibawah tegakan tanaman kelapa sawit. Tanaman kelapa sawit pada semua kemiringan telah berumur lebih dari 15 tahun, sehingga nilai faktor C nya 0,2. Hasil penelitian

Syah *et al.* (2013) menyatakan bahwa tanaman kelapa sawit yang berumur 6-12 tahun memiliki nilai C yang terbaik, karena tanaman dengan umur tersebut fisiologi tanaman masih sangat segar dan kokoh dengan produktivitas optimal jika dibandingkan dengan umur tanaman yang tua dan muda.

Tabel 15 memperlihatkan bahwa nilai faktor C2 adalah rumput, dimana kerapatan populasi rumput pada setiap kemiringan berbeda, sehingga nilai faktor C nya juga berbeda tergantung persentase kerapatan populasinya. Nilai faktor C terendah terdapat pada kemiringan lahan 31%, dimana kerapatan populasi rumputnya 75%, sehingga dapat dikatakan bahwa aliran permukaan dan daya pukulan air hujan menjadi berkurang.

Tanaman penutup tanah mempunyai peranan besar dalam menghambat dan mencegah erosi, karena tanaman penutup tanah dapat menghalangi pukulan langsung butir-butir hujan sehingga kerusakan tanah oleh pukulan air hujan dapat dicegah, selain itu juga dapat mengurangi kecepatan aliran permukaan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Arsyad (2010) yang menyatakan bahwa pola pertanaman dan jenis tanaman yang dibudidayakan sangat berpengaruh terhadap erosi dan aliran permukaan karena berpengaruh terhadap penutupan tanah dan produksi bahan organik yang berfungsi sebagai pemantap tanah.

Tabel 15 memperlihatkan bahwa tindakan konservasi yang telah dilakukan pada lokasi penelitian antara lain adalah tanaman

perkebunan disertai penutup tanah sedang yang terdapat pada kemiringan 9% dan 19%, kemudian teras bangku kontruksi kurang baik pada kemiringan 31%. Tindakan konservasi (P) sangat berperan dalam meminimalisir besarnya erosi yang akan terjadi di lahan perkebunan.

Nilai C dan P besar peranannya dalam menentukan laju erosi yang terjadi. Vegetasi (kanopi tanaman) memiliki peran yang sangat penting di dalam mengintersep air hujan, sehingga mampu mengurangi kecepatan aliran permukaan dan kekuatan merusak yang ditimbulkan oleh air hujan (Arsyad, 2010). Santoso (1985) menyatakan bahwa vegetasi akan lebih efektif melindungi tanah dari erosi jika pohon-pohon tersusun membentuk strata tajuk adanya tumbuhan bawah. Karena tanaman perkebunan biasanya hanya membentuk satu stratum tajuk, sehingga dengan demikian peranannya terhadap pencegahan erosi sangat ditentukan oleh adanya tumbuhan bawah.

Pendugaan Erosi Metode USLE

Hasil pendugaan erosi dengan metode USLE di lahan perkebunan kelapa sawit PT. Kimia Tirta Utama disajikan pada Tabel 16.

Tabel 16. Nilai pendugaan erosi di lahan tanaman kelapa sawit dengan metode USLE berdasarkan data curah hujan selama 4 bulan

Kemiringan lahan (%)	Kostanta	R	K	LS	C	P	Erosi (a) ton/ha/bln
9	0,224	6.134,43	0,32	6,03	0,29	0,50	386,55
19	0,224	6.134,43	0,26	8,67	0,27	0,50	412,54
31	0,224	6.134,43	0,25	14,37	0,25	0,35	431,98

Sumber:Hasil analisis data, 2016

Tabel 16 menunjukkan bahwa nilai pendugaan erosi tertinggi pada kemiringan lahan 31% sebesar 431,98 ton/ha, sedangkan nilai pendugaan erosi yang terendah pada kemiringan

lahan 9% yaitu sebesar 386,55 ton/ha. Nilai pendugaan erosi tersebut menunjukkan bahwa semakin curam dan panjang lereng nilai erosinya semakin besar.

Dari hasil analisis, Tabel 16 menunjukkan bahwa besarnya erosi potensial dari semua kemiringan dipengaruhi oleh bentuk lahan/kemiringan lereng. Panjang kemiringan lereng merupakan faktor yang paling dominan dalam mempengaruhi erosi, semakin panjang lereng pada tanah, akan semakin besar pula keceptan aliran dipermukaannya sehingga pengikisan terhadap bagian-bagian tanah semakin besar (Kartasapoetra dan Sutedjo, 2005).

Selain faktor kemiringan dan panjang lereng faktor erodibilitas tanah (K) juga mempengaruhi besarnya erosi. Dilihat pada Tabel 16 bahwa nilai erodibilitas tanah pada setiap kemiringan berbeda, seharusnya semakin besar nilai erodibilitas tanahnya semakin besar pula nilai erosinya. Tetapi ternyata nilai K tertinggi pada kemiringan lahan 9% yang nilai erosinya rendah,

hal ini disebabkan oleh tekstur tanah pada kemiringan 9% bertekstur pasir.

Selain itu faktor pengelolaan tanaman dan tindakan konservasi tanah juga sangat berperan dalam mempengaruhi besar kecilnya erosi. Poesen (1983) dalam Syah (2013) menyatakan bahwa kepekaan tanah terhadap erosi bukan hanya dipengaruhi oleh sifat-sifat tanah, topografi, namun ditentukan oleh faktor erosi lainnya yakni seperti erosivitas, vegetasi, fauna dan aktivitas manusia.

Erosi yang Dapat Ditoleransi (T)

Toleransi erosi (T) adalah nilai laju erosi yang diperbolehkan. Nilai T perlu diketahui terlebih dahulu untuk mengetahui kelas kategori erosi pada semua lokasi pengukuran laju erosi. Erosi yang ditoleransi pada lahan tanaman kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Nilai erosi tanah yang dapat ditoleransi di lahan tanaman kelapa sawit PT. Kimia Tirta Utama

Kemiringan (%)	Kedalaman efektif tanah (mm)	*Faktor kedalaman tanah	Daya guna tanah (tahun)	BD (g/cm ³)	** T
					ton/ha
9	1021	0,95	400	1,37	33,221
19	1118	0,95	400	1,24	32,925
31	919	0,95	400	1,41	30,775

Sumber: Hasil analisis data, 2016

* : Berdasarkan sub-order tanah Aquept

** : Dihitung menggunakan rumus Hammer (1981) dalam Arsyad (2010)

Besarnya nilai erosi yang dapat ditoleransi (T) dipengaruhi oleh besarnya nilai kedalaman efektif tanah, jenis tanah yakni sub-ordo tanah untuk penentuan faktor kedalamannya serta nilai *bulk density*. Berdasarkan Tabel 17 diketahui bahwa nilai T pada masing-masing kemiringan berbeda, nilai T pada Tabel 17 menunjukkan bahwa pada lahan tanaman kelapa sawit erosi

yang dapat ditoleransi yaitu sebesar 33,221 ton/ha pada kemiringan 9%, 32,925 ton/ha pada kemiringan 19% dan 30,775 ton/ha pada kemiringan 31%.

Tabel 17 menunjukkan bahwa erosi yang dapat ditoleransi pada lahan tanaman kelapa sawit tergolong tinggi. Erosi ditoleransi dipergunakan untuk mengukur sejauh mana erosi tanah yang bisa ditoleransikan atau

dibiarkan pada suatu lahan, dengan mengetahui besar laju erosi ditoleransikan, maka pengelolaan lahan dan teknik konservasi tanah dan air dapat disesuaikan saat pemanfaatan lahan.

Tingkat Bahaya Erosi (TBE)

Erosi ditoleransikan (T) sangat berkaitan dengan tingkat bahaya erosi (TBE), karena semakin besar nilai T

dengan besar erosi tanah (A) yang sama, maka TBE akan semakin rendah, dan jika T semakin kecil maka TBE akan semakin tinggi. Pengukuran tingkat bahaya erosi bertujuan untuk mengetahui potensi erosi tanah yang terjadi di lahan tanaman kelapa sawit di PT. Kimia Tirta Utama. Nilai tingkat bahaya erosi dapat dilihat pada Tabel 18 dan Tabel 19.

Tabel 18. Nilai tingkat bahaya erosi di lahan tanaman kelapa sawit berdasarkan pendugaan metode USLE

Kemiringan lahan (%)	Erosi potensial (ton/ha)	Toleransi erosi (T) (ton/ha)	Tingkat bahaya erosi (TBE)	Kelas Bahaya Erosi
9	386,55	33,22	11,64	Sangat tinggi
19	412,54	32,93	12,53	Sangat tinggi
31	499,22	30,78	14,04	Sangat tinggi

Sumber: Hasil analisis data, 2016

Tabel 19. Nilai tingkat bahaya erosi di lahan tanaman kelapa sawit berdasarkan pengukuran metode petak percobaan

Kemiringan lahan (%)	Erosi aktual (ton/ha)	Toleransi erosi (T) (ton/ha)	Tingkat bahaya erosi (TBE)	Kelas Bahaya Erosi
9	5,38	33,22	0,16	Rendah
19	4,09	32,93	0,12	Rendah
31	2,83	30,78	0,09	Rendah

Sumber: Hasil analisis data, 2016

Berdasarkan Tabel 18 tingkat bahaya erosi di lahan tanaman kelapa sawit berdasarkan pengamatan dengan metode USLE, menunjukkan bahwa pada kemiringan 9%, kemiringan 19% dan kemiringan 31% tingkat bahaya erosinya semua termasuk dalam kategori sangat tinggi. Pada Tabel 19 memperlihatkan bahwa nilai tingkat bahaya erosi dengan pengukuran erosi metode petak kecil nilai TBE pada kemiringan 9% sebesar 0,16, kemiringan 19% sebesar 0,12, dan 31% sebesar 0,09 dimana tingkat bahaya erosinya termasuk dalam kategori rendah.

Pendugaan erosi dengan metode USLE yang nilainya diperoleh dari erosi potensial menunjukkan nilai

TBE pada lokasi penelitian sangat tinggi. Jika dibandingkan dengan pengukuran menggunakan metode petak kecil yang nilai erosi tanahnya diperoleh dari nilai erosi aktual, nilai TBE nya lebih rendah.

Tabel 18 secara umum menunjukkan bahwa tingkat bahaya erosi tergolong sangat tinggi, namun apabila dilihat pada Tabel 19 tingkat bahaya erosi tergolong rendah. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tindakan konservasi yang telah diterapkan baik secara mekanik dan vegetatif telah membuktikan dapat menekan laju erosi pada lokasi penelitian. Karena pada dasarnya pengukuran erosi menggunakan metode petak kecil ditujukan untuk mengevaluasi tindakan konservasi

tanah yang telah diterapkan. Menurut Putri (2003) cara konservasi dengan pendekatan mekanik yaitu penggunaan vegetasi penutup tanah, tanaman penutup tanah atau tanaman pelengkap (*smother crops*), tanaman pesaing (*competitive crop*) jenis *Leguminosae* lebih efektif di dalam menekan laju erosi potensial. Di samping Ayudyaningrum (2006) menyatakan dengan pembuatan teras gulud mampu menekan laju aliran permukaan sampai dengan 73% dan erosi 95%. Murtalaksono *et al.* (2009) juga berpendapat bahwa penggunaan teknik mekanik berupa teras gulud dan rorak yang dilengkapi dengan lubang resapan dan mulsa vertical mampu menurunkan erosi 41,94 %. Sementara itu Lubis (2004) juga mengatakan bahwa teknik mekanik teras gulud, rorak, dan mulsa vertical mampu menekan aliran permukaan sampai 100 %.

KESIMPULAN

Besarnya erosi tanah yang terjadi di lahan perkebunan kelapa sawit menggunakan metode petak kecil yaitu tertinggi pada kemiringan 9% sebesar 5,38 ton/ha, sedangkan yang terendah pada kemiringan 31% sebesar 2,83 ton/ha

Besarnya erosi tanah yang terjadi di lahan perkebunan kelapa sawit menggunakan metode USLE tertinggi pada kemiringan lahan 31% yaitu 431,98 ton/ha, sedangkan nilai pendugaan erosi yang terendah pada kemiringan lahan 9% yaitu 386,55 ton/ha

Tingkat bahaya erosi di lahan perkebunan kelapa sawit dengan pendugaan erosi metode USLE pada kemiringan 9%, 19%, dan 31% berturut-turut yaitu 11,64, 12,53 dan 14,04 yang semuanya termasuk dalam kategori sangat tinggi.

Tingkat bahaya erosi di lahan perkebunan kelapa sawit dengan pengukuran metode petak petak kecil pada kemiringan 9%, 19%, dan 31% berturut-turut yaitu 0,16, 0,12 dan 0,09 yang semuanya termasuk dalam kategori rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- A'yunin, Q. 2008. **Prediksi tingkat bahaya erosi dengan metode USLE di lereng timur Gunung Sindoro**. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. Surakarta. (Tidak dipublikasikan).
- Arsyad, S. 2010. **Konservasi Tanah dan Air**. Edisi Kedua. IPB Press. Bogor.
- Asdak, C. 2010. **Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai**. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ayudyaningrum, P. 2006. **Pengaruh jarak simpanan depresi terhadap aliran permukaan dan erosi pada tanah latosol darmaga**. Skripsi. Jurusan Tanah. IPB. (Tidak dipublikasikan)
- Dariah, A., R. Achmad dan K. Undang. 2004. **Erosi dan degradasi lahan kering di Indonesia**. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah Agroklimat. Badan Litbang
- Hakim, N. M. Y Nyakpa, A. M Lubis, S. G Nugroho, MR Saul, M. A Diha, G. B Hong, dan H. H Bailey. 1986. **Dasar – Dasar Ilmu Tanah**. Universitas Lampung. Lampung.
- Harjadi, B. dan S. Agtriariny. 1997. **Erodibilitas lahan dan toleransi erosi pada berbagai variasi tekstur tanah**. Buletin

- Pengelolaan DAS, volume 2(3): 19-28.
- Kartasapoetra, G. dan A. G. Sutedjo. 2005. **Teknologi Konservasi Tanah dan Air**. Rineka Cipta. Jakarta.
- Lubis, A. 2004. **Pengaruh modifikasi sistem microactment terhadap aliran permukaan erosi serta pertumbuhan dan produksi kacang tanah pada pertanian lahan kering**. Skripsi. Jurusan Tanah. IPB. Bogor. (Tidak dipublikasikan)
- Martono. 2004. **Pengaruh intensitas hujan dan kemiringan lereng terhadap laju kehilangan tanah pada tanah Regosol kelabu**. Tesis. Megister Teknik Sipil Universitas Diponogoro. Semarang. (Tidak dipublikasikan).
- Murtalaksono, K., W. Darmosarkoro, E. E. Sigit, H. H. Siregar, dan Y. Hidayat. 2009. **Upaya peningkatan produksi kelapa sawit melalui Penerapan Teknik Konservasi Tanah dan Air**. Jurna Tanah Tropis. Vol 1, hlm. 1 s.d 11.
- Purwanto, Sukresno, S. A. Cahyono, E. Irawan dan D. Yuliantoro. 2013. **Nilai ekonomi erosi tanah Ultisols (studi kasus di sub DAS Ngunut, Desa Ngunut, Kec. Jumantho, Kab. Karanganyar, Jawa Tengah)**. Jurnal Teknologi Pengelolaan DAS volume IX(2): 1-21.
- Putri, L. A. P. 2003. **Pengelolaan penutup tanah**. repository. Usu.ac.id/bitstream/123456789/1130/1/tanah-lollie.pdf.15 Oktober 2016.
- Rahim, S. E. 2000. **Pengendalian Erosi Tanah dalam Rangka Pelestarian Lingkungan Hidup**. Bumi Aksara. Jakarta.
- Santosa, W. 1985. **Aliran permukaan dan erosi pada tanah yang tertutup oleh tanaman teh dan hutan alam di Gambung**. Tesis. Magister Sains Fakultas Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor. (Tidak dipublikasikan).
- Sarief, S. . 1989. **Fisika-Kimia Tanah Pertanian**. Pustaka Buana. Bandung.
- _____. 1995. **Konservasi Tanah dan Air**. Pustaka Buana. Bandung.
- Seta, A. K. 1991. **Konservasi Sumber Daya Tanah dan Air**. Kalam Mulia. Jakarta.
- Suripin. 2002. **Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air**. Andi. Yogyakarta.
- Syah, D., M. A. Rusli, A. Syamaun dan Ali. 2013. **Prediksi erosi pada beberapa tingkat umur kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq)**. Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan, volume 2(4): 304-354.
- Syakir, M., A. David, P. Zulkarnain, Syafaruddin dan R. Widi. 2010. **Budidaya Kelapa Sawit**. Askar Media. Bogor.
- Winarso, S. 2005. **Kesuburan Tanah**. Gava Media. Yogyakarta.
- Ziliwu Y. 2002. **Pengaruh beberapa macam tanaman terhadap aliran permukaan dan erosi**. Tesis. Program Megister Teknik Sipil Universitas Diponogoro. Semarang (Tidak dipublikasikan)