

## KAJIAN TINGKAT ALIRAN PERMUKAAN DAN EROSI, PADA BERBAGAI TIPE PENGGUNAAN LAHAN DI SUB DAS JENNEBERANG HULU

### Study of Run-off and Erosion Rate on Various Land Use in The Upper Jenneberang Sub Watershed

ANDI MASNANG<sup>1\*)</sup>, NAIK SINUKABAN<sup>2)</sup>, SUDARSONO<sup>3)</sup>, DAN NGALOKEN GINTINGS<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>*Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo, Kendari*

<sup>2)</sup>*Program Ilmu Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Sekolah Pasca Sarjana, IPB, Bogor*

<sup>3)</sup>*Program Studi Ilmu Tanah Sekolah Pasca Sarjana, IPB, Bogor*

<sup>4)</sup>*Badan Penelitian Sosek Kehutanan, Kementrian Kehutanan, Bogor.*

#### ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate and assess the level of run-off and erosion on various types of land use in the Upper Jenneberang Sub Watershed. This research was conducted in the Upper Jenneberang Sub Watershed, Salutto Village, Sub Tinggimoncong, Gowa regency, South Sulawesi Province. Land use type (LUT) which was used as land units of observations was determined based on land use maps of upper Jenneberang sub watershed. Based on the analysis results of map and observation in the field, it was defined four types of land use as land units of observation: 1) Natural forest, 2) Gliricidia tree-dominated agroforestry, 3) Coffee tree-dominated agroforestry, and 4) Maize monoculture. Each LUT was given the observation plot size 30 m x 10 m and plot placement was determined randomly. All LUT had slope 26%, soil type of Brown Latosol at the same altitude and climate. The composition of the observation plot was based on Randomized Block Design (RBD). Collected data on LUT included: soil physical properties, infiltration rate, run-off and erosion. The result showed that changes in land use of natural forests into agroforestry and maize monoculture types resulted in decreased amount of woody vegetation that resulted in increased run-off and erosion.

Keywords : run-off, erosion, agroforestry

#### PENDAHULUAN

Peranan hutan tropis dalam neraca karbon atmosfer ditunjukkan oleh banyaknya karbon yang tersimpan di dalam biomassa dan jumlah yang tersirkulasikan per tahun. Sirkulasi karbon melalui ekosistem hutan tropis berlangsung amat cepat. Jumlah karbon yang besar tersimpan dalam biomassa dikeluarkan melalui respirasi ke atmosfer (Murdiyarso dan Satjapradja, 1997; ESA, 2000). Pemasukan karbon berlangsung melalui fotosintesa yang dipercepat oleh faktor lingkungan yang memadai dan pengelolaan hutan yang baik.

Penebangan hutan secara fisik merupakan kegiatan yang mengubah sifat permukaan dan tataguna lahan. Kegiatan ini secara langsung

akan menimbulkan dampak terhadap transfer bahang (*heat*) dan massa (*mass*) dari dan ke permukaan yang berubah sifatnya. Dampak langsung ini selanjutnya akan mempengaruhi neraca energi, neraca air dan neraca hara (Murdiyarso dan Satjapradja, 1997).

Daerah Aliran Sungai (DAS) Jenneberang penting karena menjadi pemasok air bagi Kota Makassar, Gowa dan sekitarnya yang memiliki dam di Bili-Bili. Perubahan tataguna lahan di hulu DAS tidak hanya akan memberikan dampak di daerah dimana kegiatan tersebut berlangsung, tetapi juga akan menimbulkan dampak di daerah hilir dalam bentuk perubahan fluktuasi debit, transpor sedimen serta material terlarut dalam sistem aliran air lainnya. Oleh karena itu sistem penggunaan lahan yang diterapkan di Kabupaten Gowa

<sup>\*)</sup> Alamat korespondensi:

Email : amasnang@yahoo.com

akan mempengaruhi kuantitas dan kualitas air pada wilayah tersebut.

Hasil penelitian Mustafa *et al.* (1995) menunjukkan fluktuasi debit aliran Sungai Jaleko (DAS Jenneberang) sangat berbeda nyata antara musim penghujan dan kemarau sepanjang tahun (1992-1994). Debit maksimum mencapai sekitar  $422 \text{ m}^3 \text{ detik}^{-1}$  dan debit minimum  $2,6 \text{ m}^3 \text{ detik}^{-1}$ . Kondisi hidrologi Sungai Jenneberang ini sangat tidak menguntungkan sistem drainase di wilayah hilir yaitu Kota Makassar sehingga pada musim hujan selalu terjadi banjir.

DAS Jenneberang Hulu berpotensi besar dikonversi menjadi daerah pertanian lahan kering atau wanatani (agroforestri). Berbagai sistem penggunaan lahan mempunyai kemampuan berbeda dalam menyimpan karbon tergantung jenis dan keragaman tumbuhan/tanaman yang ada dan pengelolaannya. Hutan alami merupakan penyimpan karbon tertinggi diantara sistem penggunaan lahan lainnya, karena tingginya keragaman pohon dengan tumbuhan bawah dan ketebalan serasah di permukaan tanah. Alih fungsi hutan menjadi penggunaan lain dalam suatu kawasan berarti menurunkan fungsi hidrologis DAS akibat meningkatnya erosi dan sedimentasi menyebabkan daya simpan air menurun.

Transformasi ekosistem alam menjadi ekosistem pertanian umumnya akan meningkatkan erosi Fattet *et al.*, 2011; Hao *et al.*, 2001; Palmer and Smith, 2013; Tao and Wang, 2012) akibat permukaan tanah yang terbuka dan menurunnya kandungan bahan organik dan kualitas tanah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tingkat erosi, pada berbagai tipe penggunaan lahan di Sub DAS Jenneberang Hulu.

## BAHAN DAN METODE

**Lokasi Penelitian.** Penelitian dilaksanakan di Sub DAS Jenneberang Hulu, Desa Saluttoa, Kecamatan Tinggimoncong, Kabupaten Gowa, Propinsi Sulawesi Selatan terletak 2.830 m di atas permukaan laut dengan suhu  $21-24^\circ\text{C}$ , kelembaban 79-88 % dan curah hujan rata-rata tahunan (1993-2003)  $4.284 \text{ mm tahun}^{-1}$  (JCA, 2005).

**Metode Penelitian.** Tipe penggunaan lahan (TPL) yang digunakan sebagai satuan

lahan pengamatan (SLP) ditentukan berdasarkan peta penggunaan lahan Sub DAS Jenneberang Hulu. Berdasarkan hasil analisis peta dan pengamatan di lapang, ditetapkan empat tipe penggunaan lahan sebagai satuan lahan pengamatan yaitu : 1) Hutan alam (HA), 2) Agroforestri yang didominasi pohon gamal (AF-1), 3) Agroforestri yang didominasi pohon kopi (AF-2), dan 4) Monokultur jagung (J). Pada setiap SLP dibuat plot pengamatan berukuran  $30 \text{ m} \times 10 \text{ m}$  dan penempatan plot ditentukan secara acak. Semua TPL mempunyai kemiringan 26 %, jenis tanah Latosol Coklat pada ketinggian dan iklim yang sama. Susunan plot pengamatan berdasarkan pola Rancangan Acak Kelompok (RAK). Data yang dikumpulkan pada TPL meliputi: laju infiltrasi tanah, aliran permukaan dan erosi.

**Laju infiltrasi tanah.** Pengukuran laju infiltrasi menggunakan *double ring infiltrometer*.

**Aliran permukaan, erosi dan curah hujan.** Pengukuran aliran permukaan dan erosi dilakukan selama 4 bulan dengan Metode Multislot Divisor pada petak berukuran  $5 \text{ m} \times 4 \text{ m}$  dengan 3 ulangan pada setiap SLP. Pengukuran dilakukan pada pukul 07.00 pagi, apabila hari sebelumnya terjadi hujan dan menimbulkan aliran permukaan. Jumlah tanah yang tererosi ditentukan dengan pengambilan contoh sedimen setiap kejadian hujan pada masing-masing petak (di dalam bak penampung aliran permukaan dan erosi), kemudian dikeringkan dalam oven ( $105^\circ\text{C}$ ) hingga bobotnya konstan, lalu ditimbang untuk mengetahui bobot contoh sedimen. Data jumlah curah hujan selama penelitian menggunakan penakar curah hujan Tipe Ombrometer di lokasi penelitian.

**Analisis Data.** Untuk melihat perbedaan pengaruh penggunaan lahan terhadap variabel yang diamati maka data dianalisis keragaman dan uji Duncan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Kapasitas Infiltrasi, Aliran permukaan dan Erosi.** Kapasitas infiltrasi merupakan variabel yang sangat menentukan masuknya air ke dalam tanah dan jumlah air yang menjadi aliran permukaan dan pada

gilirannya mempengaruhi erosi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan lahan di DAS Jenneberang Hulu nyata mempengaruhi laju infiltrasi, aliran permukaan dan erosi. Kapasitas infiltrasi

tanah nyata lebih tinggi, aliran permukaan dan erosi nyata lebih rendah pada hutan alam dibandingkan pada sistem agroforestri dan monokultur jagung (Tabel 1).

Tabel 1. Pengaruh tipe penggunaan lahan terhadap kapasitas infiltrasi, aliran permukaan dan erosi di Sub DAS Jenneberang Hulu

Tipe Penggunaan Lahan	Kapasitas Infiltrasi (cm/ jam) **	Aliran Permukaan		Erosi (ton/ ha)
		mm	% CH*	
HA	15,74 a	97,83 a	4,82	6,41 a
AF1	12,04 b	228,95 b	11,27	31,23 b
AF2	10,99 b	264,50 c	13,02	43,31 c
J	2,46 c	489,51 d	24,10	72,62 d

Keterangan : \*) Total curah hujan = 2030,8 mm, \*\*) Angka-angka dalam kolom yang sama dan diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT

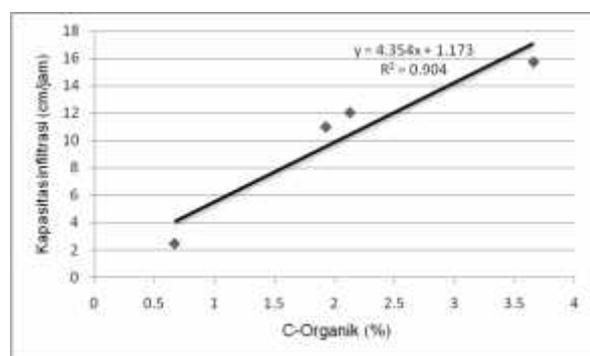
Proses infiltrasi sangat tergantung pada struktur tanah pada lapisan permukaan (LongShan, 2014) dan berbagai lapisan dalam profil tanah, sedangkan struktur tanah dipengaruhi oleh bahan organik tanah dan aktivitas biota yang sumber energinya tergantung pada bahan organik (serasah di permukaan, eksudasi organik oleh akar dan akar-akar yang mati), Ketersediaan bahan organik yang tinggi bagi biota (terutama

cacing tanah) sangat berperan dalam mengantisipasi proses penyumbatan pori makro tanah yang sangat menentukan laju infiltrasi, Oleh karena itu tingginya laju infiltrasi pada hutan alam dan sistem agroforestri disebabkan kualitas sifat fisik tanahnya lebih baik terutama porositas tanah lebih tinggi akibat tingginya kandungan C-organik tanah (Tabel 2).

Tabel 2, Pengaruh tipe penggunaan lahan terhadap, bobot isi (BI), porositas, dan bahan organik di Sub DAS Jenneberang Hulu

Tipe Penggunaan Lahan	BI (g cm <sup>-3</sup> )		Porositas (%)		Bahan organik (%)
	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm	
Hutan alam (HA)	0,97 a	1,09 a	63,35 a	59,01 a	6,94 a
Agroforestri 1 (AF1)	1,08 ab	1,18 b	58,98 b	55,58 b	4,18 b
Agroforestri 2 (AF2)	1,12 b	1,18 b	58,51 b	55,67 b	3,82 b
Jagung (J)	1,14 b	1,28 c	56,78 b	51,75 c	1,56 c

Keterangan: Angka-angka dalam kolom yang sama dan diikuti huruf yang sama tidak berbeda pada taraf nyata 0,05 menurut uji jarak berganda Duncan



Gambar 1, Hubungan antara kandungan C-organik (%) dengan kapasitas infiltrasi

Aliran permukaan kumulatif (selama pengamatan) pada hutan alam hanya 4,82 %

dari total curah hujan dan menyebabkan erosi 6,41 ton ha<sup>-1</sup>, meningkat tiga kali lipat jika dikonversi menjadi agroforestri yang didominasi tanaman kopi 13,02 % dari total curah hujan dengan besarnya erosi 43,31 ton ha<sup>-1</sup> atau meningkat 6,8 kali, Hal ini disebabkan berkurangnya penutupan permukaan oleh vegetasi sehingga menurunkan jumlah dan kualitas bahan organik tanah yang merupakan fungsi dari kualitas sifat fisik tanah, Hasil penelitian ini hampir sama dengan Laporan Widiyanto *et al*, (2007) yang menunjukkan bahwa aliran permukaan dan erosi pada sistem agroforestri sederhana berbasis kopi (umur >10 tahun) di

daerah bergunung Sumberjaya (Lampung Barat) masih tiga kali lebih tinggi daripada yang dijumpai di hutan dengan curah hujan rata-rata 1589 mm, Namun dengan sistem kopi monokultur dengan umur kopi yang sama, aliran permukaan dan erosinya 4-5 kali lebih tinggi daripada yang dijumpai di hutan,

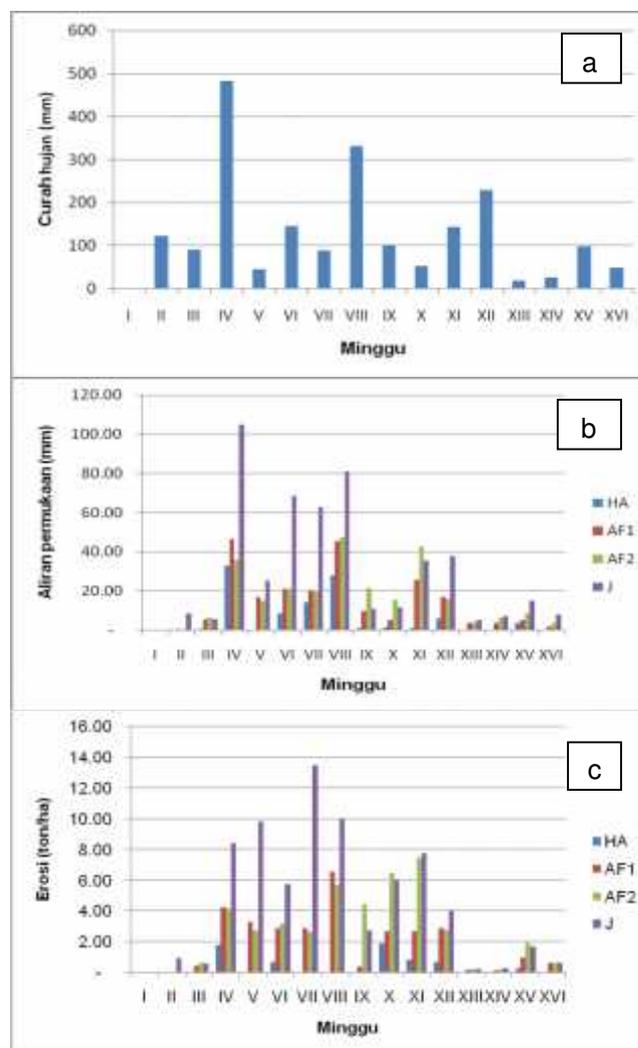
Data Tabel 1, juga menunjukkan bahwa apabila terjadi konversi penggunaan lahan dari tipe agroforestri yang didominasi pohon gamal menjadi tipe penggunaan lahan monokultur jagung yang telah berlangsung dua tahun mengakibatkan aliran permukaan dan erosi meningkat luar biasa dari 228,95 mm menjadi 489,51 mm dengan besarnya erosi dari 31,23 ton ha<sup>-1</sup> meningkat menjadi 72,62 ton ha<sup>-1</sup> terbesar dibandingkan pada tiga tipe penggunaan lahan lainnya.

Vegetasi dan lapisan serasah melindungi permukaan tanah dari pukulan langsung tetesan air hujan yang dapat menghancurkan agregat tanah, sehingga terjadi pemadatan tanah, Hancuran partikel tanah akan menyebabkan penyumbatan pori tanah makro sehingga menghambat infiltrasi air tanah, akibatnya limpasan permukaan akan meningkat, Peran lapisan serasah dalam melindungi permukaan tanah sangat dipengaruhi oleh ketahanannya terhadap pelapukan serasah yang mengandung nitrogen tinggi akan mudah melapuk sehingga fungsi penutupan permukaan tanah tidak bertahan lama, namun demikian tipe serasah seperti ini menyediakan unsur hara yang lebih cepat, Serasah yang berupa daun, ranting dan sebagainya yang belum mengalami pelapukan yang menutupi permukaan tanah, merupakan pelindung tanah terhadap kekuatan perusak butir-butir hujan yang jatuh, Serasah tersebut juga menghambat aliran air di atas permukaan tanah sehingga mengalir dengan lambat, walaupun terletak pada lahan dengan kemiringan yang cukup curam yaitu 26 %, Menurut Assouline (2006); Bracken dan Kirkby (2005); Moreno *et al.*, (2010) bahwa tingkat kemiringan lereng dapat mempengaruhi jumlah aliran permukaan dan erosi, semakin curam kemiringan lereng menyebabkan aliran permukaan dan erosi semakin tinggi (Liu *et al.*, 1994; Wischmeier dan Smith, 1978),

Tingginya curah hujan pada periode minggu ke dua dan ke tiga belum

menimbulkan aliran permukaan dan erosi yang tinggi (Gambar 2a, 2b, 2c),

Apabila besarnya aliran permukaan dan erosi diamati per minggu, tampak bahwa pada minggu pertama hingga minggu ke tiga, persen curah hujan yang menjadi aliran permukaan pada keempat TPL kurang dari 10 % hal ini disebabkan oleh lapisan tanah masih dalam keadaan kering akibat musim kemarau pada bulan-bulan sebelumnya, Sehingga walaupun pada periode tersebut merupakan awal terjadinya curah hujan, namun sebagian besar air hujan terserap ke dalam tanah, Ini diindikasikan bahwa kandungan air tanah sebelumnya masih rendah sehingga kapasitas infiltrasi masih tinggi menyebabkan aliran permukaan dan erosi masih rendah,



Gambar 2, Data curah hujan (mm) (a), Pengaruh tipe penggunaan lahan terhadap aliran permukaan (% CH) (b) dan erosi (c)

Hal lain yang dapat mempengaruhi besarnya aliran permukaan dan erosi adalah periode pertumbuhan tanaman khususnya pada tanaman jagung. Pada sistem monokultur jagung menunjukkan bahwa pada periode pertumbuhan vegetatif maksimum yaitu pada minggu ke 9 hingga minggu ke 11 setelah tanam jumlah aliran permukaan lebih rendah yaitu 11,06 mm dibandingkan dengan tipe AF2 sebesar 21,51 mm (Gambar 2b). Pada sistem monokultur jagung menunjukkan bahwa pada periode pertumbuhan vegetatif maksimum tersebut mendekati kondisi hidrologi pada tipe penggunaan agroforestri baik gamal maupun kopi. Namun pada minggu ke 12 jumlah aliran permukaan kembali meningkat. Pada periode tersebut pertumbuhan jagung sudah mengalami stagnasi yang ditandai dengan daun tanaman yang mulai mengering sehingga fungsi tajuk sebagai penahan sebagian curah hujan juga mengalami penurunan. Meningkatnya aliran permukaan pada monokultur jagung pada periode tersebut tidak disertai dengan peningkatan erosi (Gambar 2c). Hal ini dapat disebabkan pada periode tersebut kondisi permukaan tanah yang tertutupi oleh daun tanaman yang rontok dan tumbuhnya rumput/gulma yang dapat berperan menurunkan energi tumbukan air hujan dan sebagai filter terhadap aliran permukaan, sehingga mengurangi erosi.

Namun demikian secara umum pada tipe penggunaan lahan monokultur jagung jumlah aliran permukaan dan erosi paling tinggi. Apabila terjadi konversi penggunaan lahan dari tipe agroforestri yang didominasi pohon gamal menjadi tipe penggunaan lahan monokultur jagung yang sudah berlangsung dua tahun mengakibatkan limpasan dan erosi meningkat luar biasa dari 228,95 mm menjadi 489,51 mm dengan besarnya erosi dari 31,23 ton ha<sup>-1</sup> meningkat menjadi 72,62 ton ha<sup>-1</sup> terbesar dibandingkan pada tiga tipe penggunaan lahan lainnya.

Hal ini disebabkan karena kurangnya bahan serasah atau material lain yang berfungsi sebagai *barrier* aliran permukaan yang membawa sedimen sehingga tidak terjadi selektivitas ukuran butir sedimen yang mengalami transportasi oleh energi aliran permukaan. Akibat dari kondisi seperti ini menyebabkan kemampuan tanah melewati air ke lapisan tanah juga lebih rendah yang

ditunjukkan pada angka infiltrasi kumulatif yang lebih rendah. Terbentuknya agregat tanah yang lebih baik dan memantapkan agregat yang telah terbentuk sehingga aerasi, permeabilitas dan infiltrasi menjadi lebih baik. Pergerakan air secara vertikal atau infiltrasi dapat diperbaiki dan tanah dapat menyerap air lebih cepat sehingga aliran permukaan dan erosi diperkecil. Akibatnya adalah daya tahan tanah terhadap erosi akan meningkat.

Hasil analisis data erosi dan limpasan memperlihatkan bahwa pada curah hujan yang sama tidak memberikan respon yang sama pada setiap tipe penggunaan lahan. Hal tersebut mengindikasikan bahwa ke empat jenis penggunaan lahan tersebut memiliki karakteristik biofisik dan hidrologi yang berbeda.

Penutupan tajuk yang semakin rapat mendorong peningkatan kegiatan biologi di permukaan tanah karena ketersediaan bahan organik dan perbaikan lingkungan (iklim mikro dan kelembaban). Kegiatan biologi tanah ini juga berdampak positif terhadap porositas tanah dan peningkatan laju infiltrasi. Adanya kecenderungan perbaikan sifat-sifat fisik tanah di bawah vegetasi yang didominasi kopi memberikan harapan dalam upaya melestarikan sumber daya lahan. Namun ternyata penanaman kopi belum bisa mengembalikan fungsi hidrologis hutan secara penuh, terbukti dari limpasan permukaan dan erosi pada lahan kopi yang berumur 6 – 10 tahun masih jauh lebih besar dibandingkan yang terjadi pada lahan hutan.

Tingginya biomassa pohon pada hutan alam memperbaiki sifat fisik tanah dan meningkatkan laju infiltrasi. Perubahan penggunaan lahan hutan alam menjadi tipe agroforestri dan monokultur jagung mengakibatkan menurunnya jumlah vegetasi berkayu sehingga terjadi peningkatan jumlah aliran permukaan dan erosi.

## SIMPULAN DAN SARAN

**Simpulan.** Laju erosi pada agroforestri dominan gamal, agroforestri dominan pohon kopi dan monokultur jagung telah melampaui laju erosi yang dapat ditoleransikan (9,0 ton ha<sup>-1</sup> th<sup>-1</sup>). Tipe penggunaan lahan agroforestri dominan gamal atau Agroforestri kopi, erosi meningkat 5 sampai 7 kali lipat dibandingkan dengan hutan alam. Perubahan tipe

penggunaan lahan agroforestri dominan gamal menjadi monokultur jagung yang baru berlangsung dua tahun mengakibatkan limpasan dan erosi meningkat tajam dari 229,0 mm menjadi 490,0 mm dengan besarnya erosi dari 31,2 ton ha<sup>-1</sup> menjadi 72,6 ton ha<sup>-1</sup>,

**Saran,** Pada tipe penggunaan monokultur jagung perlu adanya pohon atau vegetasi berkayu sebagai sisipan yang berfungsi sebagai peredam aliran permukaan dan erosi, Hal ini penting karena penggunaan lahan tipe monokultur jagung di DAS Jenneberang Hulu tidak dapat ditinggalkan oleh masyarakat setempat karena merupakan sumber tambahan pangan yang lebih cepat untuk dipanen,

### DAFTAR PUSTAKA

- Assouline, S, dan M, Ben-Hur, 2006, Effects of rainfall intensity and slope gradient on the dynamics of interrill erosion during soil surface sealing. *Catena* 66:211-220,
- Bracken LJ, Kirkby MJ. 2005. Differences in hillslope runoff and sediment transport rates within two semi-arid catchments in southeast Spain. *Geomorphology* 68:183-200,
- Buckman HO and Nyle CB, 1982, *The Nature and Properties of Soils*, Copyright, The Macmillan Company, New York,
- Ecological Society of America, 2000, *Carbon Sequestration in Soil*, Washington, DC,
- Fattet M, Fu Y, Ghestem M, Ma W, M Foulonneau, J Nespoulous, 2011, Effects of vegetation type on soil resistance to erosion: Relationship between aggregate stability and shear strength. *Catena* 87(1): 60-69, Elsevier,
- Hao Y, Lal R, Izaurralde RC, Ritchie JC, Owens LB and Hothem DL, 2001, Historic assessment of agricultural impacts on soil and soil organic carbon erosion in an Ohio Watershed, *Soil Science* 166 (2): 116-126,
- JICA, 2005, The study on capacity development for Jenneberang river basin management in the Republic of Indonesia, Final report, Volume II, Main report,
- Liu, B,Y,, M,A, Nearing dan L,M, Risse, 1994, Slope gradient effects on soil loss for steep slopes, *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 37:1835-1840,
- LongShan, Z, 2014, Soil surface roughness change and its effect on runoff and erosion on the Loess Plateau of China. *J. Arid Land* 6(4):400-409
- Moreno de las Heras M, JM, Nicolau, L, Merino-Martin, dan B,P, Wilcox, 2010, Plot-scale effects on runoff and erosion along a slope degradation gradient, *Water Resources Research* 46(4):4503,
- Murdiyarsa, D, dan O, Satjapradja, 1997, Dampak Penebangan Hutan Tropis terhadap Variasi Iklim, Dalam Sumber Daya Air dan Iklim dalam Mewujudkan Pertanian Efisien, Kerja sama Departemen Pertanian dengan Perhimpunan Meteorologi Pertanian Indonesia (PERHIMPI),
- Mustafa M, Rampisela A, Tangkaisari R, 1995, Model Teknologi Pengendalian Daerah Aliran Sungai (DAS), Kongres Nasional HITI, Serpong, Jawa Barat,
- Palmer RC and RP Smith, 2013, Soil structural degradation in SW England and its impact on surface-water runoff generation, *Soil Use and Management* 29(4): 567-575,
- Snukaban N. 2007, *Konservasi Tanah dan Air, Kunci Pembangunan Berkelanjutan*, Direktorat Jenderal RLPS, Cetakan Pertama, ISBN: 978-979-97118-4-7
- Tao Peng, Shi-jie Wang. 2012, Effects of land use, land cover and rainfall regimes on the surface runoff and soil loss on karst slopes in southwest China, *Catena* Vol, 90: 53-62, Elsevier,
- Widiyanto, Suprayogo D, Noveras H, Widodo RH. 2004, Alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian: apakah fungsi hidrologis hutan dapat digantikan sistem kopi monokultur, [http:// outputs.worldagroforestry.org](http://outputs.worldagroforestry.org),
- Wischmeier, W,H, dan D,D, Smith, 1978, Predicting rainfall erosion losses, A guide to conservation planning, USDA Agricultural Handbook 537, Washington, DC, pp, 58,