

# APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFI (SIG) UNTUK PEMETAAN DAN SIMULASI EROSI TANAH

MUJIYO, SUMANI DAN JOKO WINARNO

(Masing-masing adalah Staf Pengajar Di Jurusan Ilmu Tanah Faperta UNS)

## ABSTRACT

The aims of the research are to use the technology of the geographic information system for mapping and simulation of the soil erosion, and to know the difference between actual and potential erosion on the spesific land use type. The area of the research is Jumapolo District, Karanganyar Regency. USLE equation method ( $R = R.K.L.S.C.P$ ) was used to predict the soil erosion intensity. The steps of the research are (1) pre-survey, prepared equipments for survey, (2) survey, was done by exploring predetermined land map unit, and (3) labs, analysis of the soil samples, the rainfall data and the ArcView GIS. Analysis was done using rating based on Zachar (1982) in order to know the difference of the soil erosion intensity.

The results of the research are *first*, geographic information system is useful to mapping and simulation of the soil erosion, especially to calculate data that numerous and difficult, to overlay, to layout the map (or the other spasial data) and the statistic of land area, *second*, Jumapolo District has variability of the soil erosion intensity i.e. very slight 25,77 ha (0,62% of the agriculture land area), slight 815,71 ha (20,39%), moderate 1.094,69 ha (25,49%), severe 1.150,58 ha (33,09%), very severe 827,25 ha (18,88%) and catastrophic 243,69 ha (1,53%) and *third*, the change of the land unit type and the conservation technic can change the soil erosion intensity. Simulation process results that land area which have soil erosion intensity severe, very severe and catastrophic changes become slight and moderate, therefore the new compositions of the soil erosion intensity are very slight 25,77 ha (0,62%), slight 1.665,48 ha (40,06%), moderate 2.466,43 ha (59,32%), and each severe, very severe and catastrophic 0 ha (0%).

*Keywords : GIS, mapping, erosion*

## PENDAHULUAN

Tanah merupakan sumber daya lahan yang tidak dapat digantikan fungsinya oleh apapun dalam menyokong proses pertanian untuk menghasilkan bahan pangan. Tanah dan pertanian dapat diibaratkan dua sisi mata uang yang tak dapat dipisahkan, perubahan cara intensitas penggunaan tanah pada hakekatnya adalah bagian dari riwayat perkembangan kemajuan di bidang pertanian. Jumlah penduduk yang terus meningkat memaksa eksploitasi tanah melebihi daya dukungnya. Praktek pertanian yang tidak memperhatikan kaidah konservasi lahan akan menyebabkan kerusakan tanah berupa erosi dan sedimentasi. Erosi tanah merupakan salah satu masalah utama dalam pemanfaatan sumber daya lahan. Erosi tanah menyebabkan penurunan produktifitas pertanian secara drastis, karena hilangnya lapisan tanah subur sebagai media tumbuh tanaman.

Untuk menghindari terjadinya bahaya erosi perlu dilakukan tindakan konservasi tanah yang perencanaannya dilaksanakan dengan melakukan inventarisasi dan klasifikasi tanah agar pengelolaannya diperoleh hasil yang optimal. Inventarisasi tanah dilakukan untuk menentukan dan memetakan tingkat bahaya erosi.

Tingkat erosi potensial juga perlu diketahui apabila suatu lahan akan diusahakan dengan tipe penggunaan tertentu. Tipe penggunaan lahan menyangkut jenis dan komposisi tanaman serta tindakan konservasi lahan.

Teknologi Sistem Informasi Geografi berkembang pesat dan mampu menangani basis data dan menampilkan gambar/grafik, merupakan salah satu alternatif untuk membantu inventarisasi dan klasifikasi faktor penyebab erosi serta menganalisisnya untuk memperoleh perkiraan tingkat erosi. Simulasi dengan merubah faktor erosi akan diperoleh erosi potensial apabila lahan akan diusahakan dengan tipe penggunaan tertentu.

Berdasarkan uraian diatas, perlu dilakukan penelitian dengan memanfaatkan teknologi SIG untuk mengetahui perkiraan tingkat erosi aktual pada keadaan lahan sebenarnya dan tingkat erosi potensial apabila lahan akan diusahakan dengan tipe penggunaan tertentu. Penelitian ini mempunyai tujuan untuk memanfaatkan teknologi SIG untuk pemetaan dan simulasi erosi tanah dan mengetahui perbedaan tingkat erosi aktual dan potensial.

## METODOLOGI PENELITIAN

Wilayah penelitian adalah Kecamatan Jumapolo dengan luas wilayah 6.167 ha yang terdiri dari 12 desa. Secara geografis terletak pada 110°56'30" - 111°04'45" BT dan 07°40'45" - 07°44'25" LS. Wilayah ini terletak pada lereng gunung lawu bagian barat daya. Kecamatan Jumapolo mempunyai keragaman jenis tanah, topografi dan land use yang diharapkan dapat menghasilkan peta tingkat erosi yang beragam pula.

Urutan langkah penelitian dibagi menjadi 3 tahap yaitu (1) pra-survei, (2) survei dan (3) laboratorium. Pra-survei dengan mempersiapkan peta, bahan dan alat serta menentukan 1 titik pengamatan sebagai perwakilan satuan peta lahan. Satuan peta lahan berdasarkan curah hujan, jenis tanah, topografi dan penggunaan lahan. Survei melakukan gerak penjelajahan untuk pengambilan sampel tanah dan mengisi boardlist, plotting titik pengamatan kedalam peta dan mengambil data curah hujan. Laboratorium menentukan nilai R dengan mengetahui curah hujan rata-rata bulanan (Rain), jumlah hari hujan rata-rata per bulan (Days) dan curah hujan maksimum (MaxP), kemudian dimasukkan ke dalam persamaan  $EI_{30}$  bulanan =  $R \text{ bulanan} = 6,119 (\text{Rain})^{1,21} (\text{Days})^{-0,47} (\text{MaxP})^{0,53}$ ,  $R \text{ tahunan} = \sum R \text{ bulanan}$ , melakukan analisis tekstur, bahan organik dan permeabilitas tanah.

$$\text{Nilai } K = (2.1 \times 10^{-4} \times M^{1.14} (12-a)) + (3.25(b-2)) + (2.5(c-3)) / 100$$

dengan  $M = \% \text{ debu} \times (100 - \% \text{ lempung})$ ,

$a = \text{kandungan bahan organik} (\%)$ ,

$b = \text{kelas struktur tanah (pengamatan lapangan)}$

$c = \text{kelas permeabilitas}$ .

Berdasarkan interpretasi dari Peta Topografi dan pengamatan lapangan ditentukan besarnya nilai panjang lereng (L) dan kemiringan lereng (S).  $L = (x/22.13)^m$  dengan  $x = \text{panjang lereng (m)}$ ,  $m = 0.5$  apabila  $s > 5 \%$ ,  $m = 0.4$  apabila  $3.5 \% - 4.5 \%$ ,  $m = 0.3$  apabila  $1\% - 3 \%$  atau  $m = 0.2$  apabila  $< 1 \%$ .  $S = (0.43 + 0.3s + 0.04s^2)/6.613$  dengan  $s = \text{slope/ kemiringan lereng} (\%)$

Pengamatan tipe penggunaan lahan dan dengan Tabel Nilai Faktor C menurut Hammer, W.I. (1978) dalam Supriyanto (1999) diperoleh nilai C. Pengamatan tindakan konservasi lahan dan dengan Tabel Nilai Faktor P menurut Hammer, W.I. (1978) dalam Supriyanto (1999) diperoleh nilai P.

Kemudian semua faktor R, K, L, S, C dan P dimasukkan ke dalam persamaan USLE,  $A = R.K.L.S.C.P$ , A = tingkat erosi (ton/ha/th).

Proses pembuatan peta dengan tema faktor R, K, L, S, C dan P. Perlakuan untuk

*Aplikasi Sistem Informasi ..... (Mujiyo, et.all)*

masing-masing tema sama dari proses digitasi sampai layout on screen maupun pencetakan (hardcopy). Semua proses menggunakan software ArcView GIS. Proses pembuatan basis data menggunakan fasilitas table dalam format excel menggunakan database file (excel ekstensi dbf). Perhitungan faktor R, K, L, S, C dan P juga menggunakan fasilitas tersebut.

Operasi tabular (tabel), prose entry data termasuk operasi-operasi statistik dilakukan dalam excel database file yang kompatibel dengan modul tabel tersebut. Melalui modul ini setiap tema peta memiliki data atribut secara default, dapat diperbaiki, dikurangi dan ditambahi serta dilakukan operasi statistik sesuai kebutuhan data dan informasi yang ingin diberikan ke dalam setiap poligon (satuan peta lahan). Logika-logika statistik sederhana dapat digunakan pada perhitungan-perhitungan bersyarat.

Kemudian dilakukan analisis sistem informasi geografi. Semua peta ditampilkan dalam satu view kemudian dilakukan overlay dengan modul geoprocessing wizard dan union. Hasil dari proses ini akan didapatkan satu peta yaitu Satuan Peta Lahan berdasarkan tingkat erosi.

Dilakukan pengklasasian skor akhir melalui modul query dan calculate. Skor akhir berupa tingkat erosi dengan mengoperasikan modul statistik fungsi perkalian dari setiap tema asal (R, K, L, S, C dan P). Kemudian untuk setiap nilai skor akhir diberi keterangan sesuai kebutuhan pada kolom yang ditambahkan, dalam hal ini disesuaikan dengan pengharkatan tingkat erosi, keterangan ini akan dapat ditampilkan pada legenda peta. Harkat erosi lembar menurut Zachar (1982) adalah sebagai berikut ; A (ton/ha/th) < 0,6 sangat ringan, 0,6 - 6 ringan, 6 - 18 sedang, 18 - 60 berat, 60 - 240 sangat berat dan > 240 parah.

Proses terakhir adalah layout. Di dalam layout ini dapat ditampilkan Peta Erosi Tanah beserta semua keterangan peta sesuai kebutuhan ; teks, garis lintang, skala, legenda, mata angin, dan lain sebagainya.

Proses simulasi, merupakan percobaan dengan mengandaikan apabila lahan mengalami perubahan faktor C dan P. Tingkat erosi yang terjadi kemudian merupakan fungsi dari perubahan kombinasi C dan P. Hasil simulasi dianalisis dengan membandingkan kelas erosi sebelumnya. Hasil simulasi dinyatakan berbeda apabila terjadi perubahan kelas erosi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kecamatan Jumapolo menurut Schmidt Ferguson termasuk tipe iklim C yaitu agak basah. Erosivitas hujan tahunan (R) sebesar 2124,67

yang termasuk kategori sedang. Faktor penting dalam curah hujan adalah besar, intensitas dan distribusinya. Energi kinetik curah hujan merupakan unsur utama mengapa curah hujan menjadi penyebab erosi tanah. Butir air yang jatuh menghancurkan agregat tanah menjadi partikel-partikel kemudian melarutkan dan mengangkutnya bersama-sama aliran permukaan.

Pada lahan yang mengalami erosi ringan erodibilitas tanahnya (kepekaan terhadap erosi) rendah (contoh titik pengamatan nomor 12, Tabel 1), tanah ini lebih tahan terhadap bahaya erosi. Penyebab utama mengapa tanah ini mempunyai erodibilitas rendah adalah permeabilitas yang cepat dan didukung oleh tekstur pasiran, curah hujan yang jatuh sebagian besar dapat masuk ke dalam tanah (infiltrasi) sedangkan aliran permukaan kecil sehingga erosi yang terjadi pada tanah ini juga kecil.

Sebaliknya pada lahan yang mengalami erosi berat erodibilitas tanahnya tinggi (contoh titik pengamatan nomor 16, Tabel 1), tanah ini peka terhadap bahaya erosi. Penyebab utama tanah ini mempunyai erodibilitas tinggi adalah

permeabilitas yang lambat, curah hujan yang jatuh hanya sebagian kecil yang dapat masuk ke dalam tanah (infiltrasi) sedangkan aliran permukaan besar sehingga menyebabkan erosi yang terjadi pada tanah ini juga besar.

Faktor topografi yang menentukan besar erosi adalah panjang dan kemiringan lereng. Lahan yang mengalami erosi parah, panjang dan tingkat kemiringan lerengnya besar (contoh titik pengamatan nomor 21, Tabel 1) sehingga faktor LS juga besar. Semakin panjang lereng, semakin besar akumulasi aliran permukaan di lereng bagian bawahnya dan menyebabkan daya perusak air semakin besar sehingga lebih banyak tanah yang terangkut. Tingkat kemiringan lereng yang besar menyebabkan (1) jumlah aliran permukaan bertambah, karena semakin sedikit kesempatan air untuk dapat masuk ke dalam tanah, (2) kecepatan aliran permukaan meningkat, karena semakin curam suatu penampang lahan maka pergerakan air ke lereng bagian bawah semakin cepat dan (3) jumlah butir-butir tanah yang terpercik ke bawah meningkat.

Tabel 1. Tingkat Erosi dari Prediksi USLE di 25 Titik Pengamatan

No.	R	K	LS	C	P	Erosi (ton/ha/th)	Kelas Erosi
1	2124,67	0,07	7,18	0,010	0,15	1,60	Ringan
2	2124,67	0,04	7,18	0,700	0,15	64,04	Sangat berat
3	2124,67	0,04	14,18	0,700	0,04	33,75	Berat
4	2124,67	0,11	7,47	0,010	0,15	2,62	Ringan
5	2124,67	0,17	8,62	0,010	0,15	4,67	Ringan
6	2124,67	0,02	17,55	0,500	0,35	130,52	Sangat berat
7	2124,67	0,25	12,10	0,357	0,15	344,24	Parah
8	2124,67	0,12	1,56	0,561	0,04	8,91	Sedang
9	2124,67	0,15	5,74	0,096	0,15	26,32	Sangat berat
10	2124,67	0,07	5,58	0,200	0,15	24,90	Berat
11	2124,67	0,17	10,85	0,079	0,15	46,45	Berat
12	2124,67	0,002	1,31	0,200	0,50	0,56	Sangat ringan
13	2124,67	0,18	8,18	0,010	0,15	4,69	Ringan
14	2124,67	0,07	1,13	0,096	0,04	0,65	Ringan
15	2124,67	0,05	0,66	0,200	0,35	4,93	Ringan
16	2124,67	0,33	13,33	0,195	0,15	273,38	Parah
17	2124,67	0,15	2,49	0,200	0,04	6,35	Sedang
18	2124,67	0,19	0,42	0,200	0,15	5,14	Ringan
19	2124,67	0,20	83,81	0,096	0,15	512,82	Parah
20	2124,67	0,30	14,85	0,010	0,15	14,20	Sedang
21	2124,67	0,24	93,51	0,200	0,15	1430,45	Parah

22	2124,67	0,11	1,90	0,010	0,15	0,66	Ringan
23	2124,67	0,08	0,66	0,399	0,40	17,99	Sedang
24	2124,67	0,10	6,13	0,200	0,35	91,22	Sangat berat
25	2124,67	0,22	7,89	0,700	0,04	103,21	Sangat berat

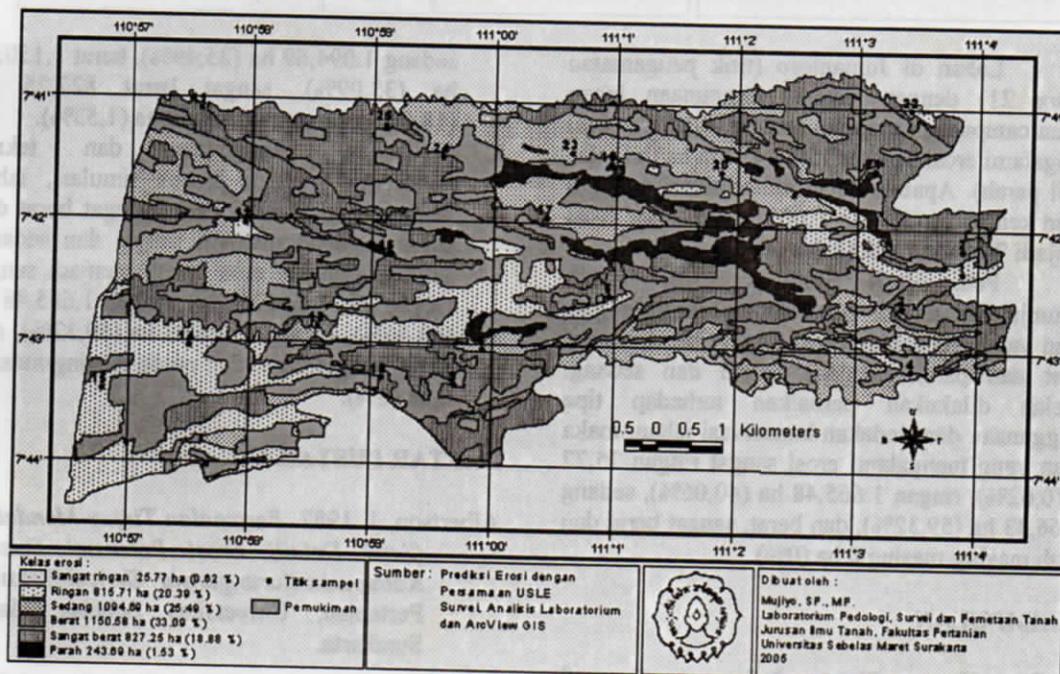
Sumber data : Analisis Data Primer

Lahan yang mengalami erosi sangat berat (contoh titik pengamatan nomor 6, Tabel 1) disebabkan oleh penggunaan lahan berupa kebun campuran dengan kerapatan rendah dan konstruksi teras bangku tidak sempurna. Peranan vegetasi dalam kasus ini sangat menentukan besarnya erosi. Vegetasi mempengaruhi besar erosi melalui (1) intersepsi hujan oleh tajuk tanaman, sehingga energi jatuh air ke permukaan tanah akan berkurang, (2) adanya vegetasi mampu mengurangi kecepatan aliran permukaan dan kekuatan perusak air, (3) pengaruh akar vegetasi dan kegiatan biologi tanah dalam memperbaiki porositas dan stabilitas agregat tanah, termasuk meningkatnya kandungan bahan organik tanah dan (4) transpirasi yang dilakukan oleh vegetasi mampu mengurangi kandungan air

dalam tanah. Keadaan teras bangku yang kuat konstruksinya akan mampu menahan laju aliran permukaan sehingga akan mengurangi energi perusak dari air dan akan memperbesar jumlah air yang terinfiltrasi.

Penggunaan lahan untuk sawah ternyata mampu menahan laju erosi. Sebagai contoh titik pengamatan nomor 1 di Dusun Kawis Desa Jumantoro. Penggunaan lahan di daerah ini untuk sistem sawah dan teknik konservasi teras bangku dalam kondisi baik dengan ditanami rumput-rumputan di bibir teras mampu menahan laju erosi walaupun topografinya berombak (kemiringan lereng 15%). Adanya teras dan permeabilitas tanah cepat akan memperbesar infiltrasi air dan mengurangi laju aliran permukaan sehingga laju erosi dapat ditekan.

### PETA EROSI TANAH KECAMATAN JUMAPOLO



Tabel 1 dan Peta Erosi Tanah Kecamatan Jumapolo menunjukkan bahwa Kecamatan Jumapolo mengalami erosi dalam berbagai tingkatan. Pemukiman tidak dimasukkan ke dalam perhitungan. Lahan yang mengalami erosi sangat ringan 25,77 ha (0,62%), ringan 815,71 ha (20,39%), sedang 1.094,69 ha (25,49%), berat 1.150,58 ha (33,09%), sangat berat 827,25 ha (18,88%) dan parah 243,69 ha (1,53%).

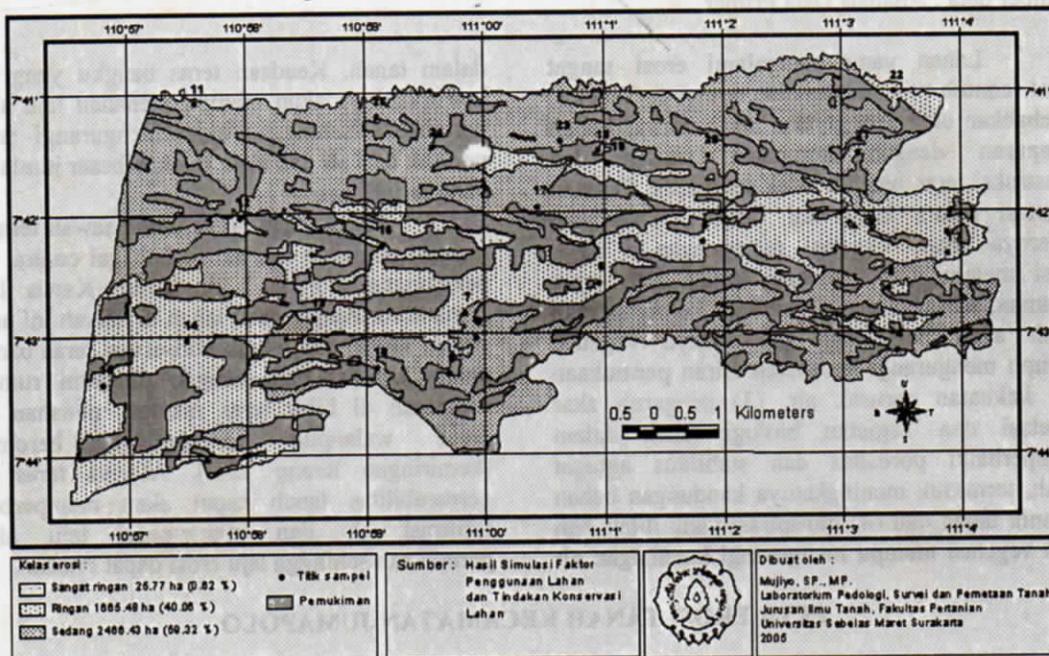
Lahan yang mengalami erosi berat seperti di Dusun Tengklik Desa Ploso (titik pengamatan nomor 6) dapat ditekan laju erosinya dengan melakukan penyempurnaan teras bangku yang sudah ada (nilai  $P = 0,35$ ) sehingga

konstruksinya lebih baik (nilai  $P = 0,04$ ). Maka laju erosi semula 91,22 ton/ha/th (kelas erosi berat) akan menjadi 10,43 ton/ha/th (kelas erosi sedang). Usaha untuk menekan erosi sekecil mungkin dilakukan dengan perpaduan usaha lain

yaitu merubah sistem penggunaan lahan. Kebun campuran kerapatan rendah (nilai C = 0,5) diubah kerapatannya menjadi tinggi (nilai C = 0,1) maka

erosi yang terjadi hanya sebesar 2,09 ton/ha/th (kelas erosi ringan).

### PETA SIMULASI EROSI TANAH KECAMATAN JUMAPOLO



Lahan di Jumantoro (titik pengamatan nomor 21) dengan sistem penggunaan lahan kebun campuran kerapatan sedang (nilai C = 0,2) mengalami erosi sebesar 1.430,45 ton/ha/th (kelas erosi parah). Apabila lahan dimodifikasi menjadi hutan kembali (nilai C = 0,001) maka besar erosi menjadi 7,15 ton/ha/th (kelas erosi sedang).

Peta Hasil Simulasi Erosi Tanah menunjukkan terjadi perubahan persentase luas lahan yang mengalami erosi tingkat berat, sangat berat dan parah menjadi ringan dan sedang. Setelah dilakukan perbaikan terhadap tipe penggunaan dan tindakan konservasi lahan, maka lahan yang mengalami erosi sangat ringan 25,77 ha (0,62%), ringan 1.665,48 ha (40,06%), sedang 2.466,43 ha (59,32%), dan berat, sangat berat dan parah masing-masing 0 ha (0%).

#### KESIMPULAN

1. Pemanfaatan Sistem Informasi Geografi sangat membantu dalam pemetaan dan simulasi erosi tanah, terutama dalam perhitungan-perhitungan yang banyak dan rumit, teknik overlay (tumpang susun), menampilkan data-data spasial (keruangan) dan statistik luas lahan.
2. Tingkat erosi tanah di Kecamatan Jumapolo berbeda-beda ; sangat ringan 25,77 ha (0,62% dari luas lahan pertanian non pemukiman), ringan 815,71 ha (20,39%),

- sedang 1.094,69 ha (25,49%), berat 1.150,58 ha (33,09%), sangat berat 827,25 ha (18,88%) dan parah 243,69 ha (1,53%).
3. Perubahan penggunaan dan teknik konservasi melalui proses simulasi, lahan dengan tingkat erosi berat, sangat berat dan parah berubah menjadi ringan dan sedang, sehingga tingkat erosi tanah menjadi sangat ringan 25,77 ha (0,62%), ringan 1.665,48 ha (40,06%), sedang 2.466,43 ha (59,32%), dan berat, sangat berat dan parah masing-masing 0 ha (0%).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Albertson, J. 1987. *Peramalan Tinjau Mendalam (Semi Detail) Erosi Potensial Daerah Kabupaten Karanganyar*. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Asjak, C. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Dessaunet, J. R. 1977. *Catalogue of Landforms for Indonesia. Examples of a Physiographic Approach to Land Evaluation for Agricultural Development*. Soil Research Institute, Bogor. Indonesia.

- FAO. 1990. *Guidelines For Soil Description*. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Rome.
- Hakim, N., Nyakpa, M. Y., Lubis, A.M., Nugroho, S.G., Saul, M.R., Diha, M.A., Hong, G.B. dan Bailey, H.H. 1986. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Penerbit Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Landon, J. R. 1984. *Booker Tropical Soil Manual*. Booker Agriculture International Limited. England.
- Montanarella, L. and Negre, T. 2001. *The Development of The Alpine Soil Information System*. ITC Journal. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences. Enschede, The Netherlands.
- Prahasta, E. 2004. *Sistem Informasi Geografi : Tutorial ArcView*. Penerbit Informatika. Bandung.
- Purwadhi, S. H. 1994. *Sistem Informasi Geografi*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Jakarta.
- Seminar, K. B. 2004. *Pembangunan Sistem Informasi*. MSc in Information Technology for Natural Resources Management. Faculty of Mathematics and Natural Sciences. Bogor Agricultural University. Bogor.
- Setiawan, I. 2004. *Konsep Dasar Sistem Informasi Geografi dan Implementasinya*. SEAMEO BIOTROP. Bogor.
- Supriyanto, N. 1999. *Pengawetan dan Konservasi Lahan*. Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Wibowo, A. 2004. *Teknologi Informasi untuk Pengelolaan Sumber Daya Alam*. Balai Penelitian dan Pengkajian Teknologi. Jakarta.
- Zachar, D. 1982. *Soil Erosion*. Elsevier Scientific Publishing Company. Bratislava, Czechoslovakia.