



**PEMANFAATAN TEKNOLOGI SISTEM INFORMASI  
GEOGRAFIS PADA STUDI EROSI DI DAERAH  
PERKEBUNAN KOPI KEBUN MALANGSARI KABUPATEN  
BANYUWANGI**

**SKRIPSI**

**Oleh :**

**Ira Anggraeni**

**111510501113**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2016**



**PEMANFAATAN TEKNOLOGI SISTEM INFORMASI  
GEOGRAFIS PADA STUDI EROSI DI DAERAH  
PERKEBUNAN KOPI KEBUN MALANGSARI KABUPATEN  
BANYUWANGI**

**SKRIPSI**

**Oleh :**

**Ira Anggraeni**

**111510501113**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2016**



**PEMANFAATAN TEKNOLOGI SISTEM INFORMASI  
GEOGRAFIS PADA STUDI EROSI DI DAERAH PERKEBUNAN  
KOPI KEBUN MALANGSARI KABUPATEN BANYUWANGI**

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Agroteknologi (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Pertanian

**Oleh :**

**Ira Anggraeni  
111510501113**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

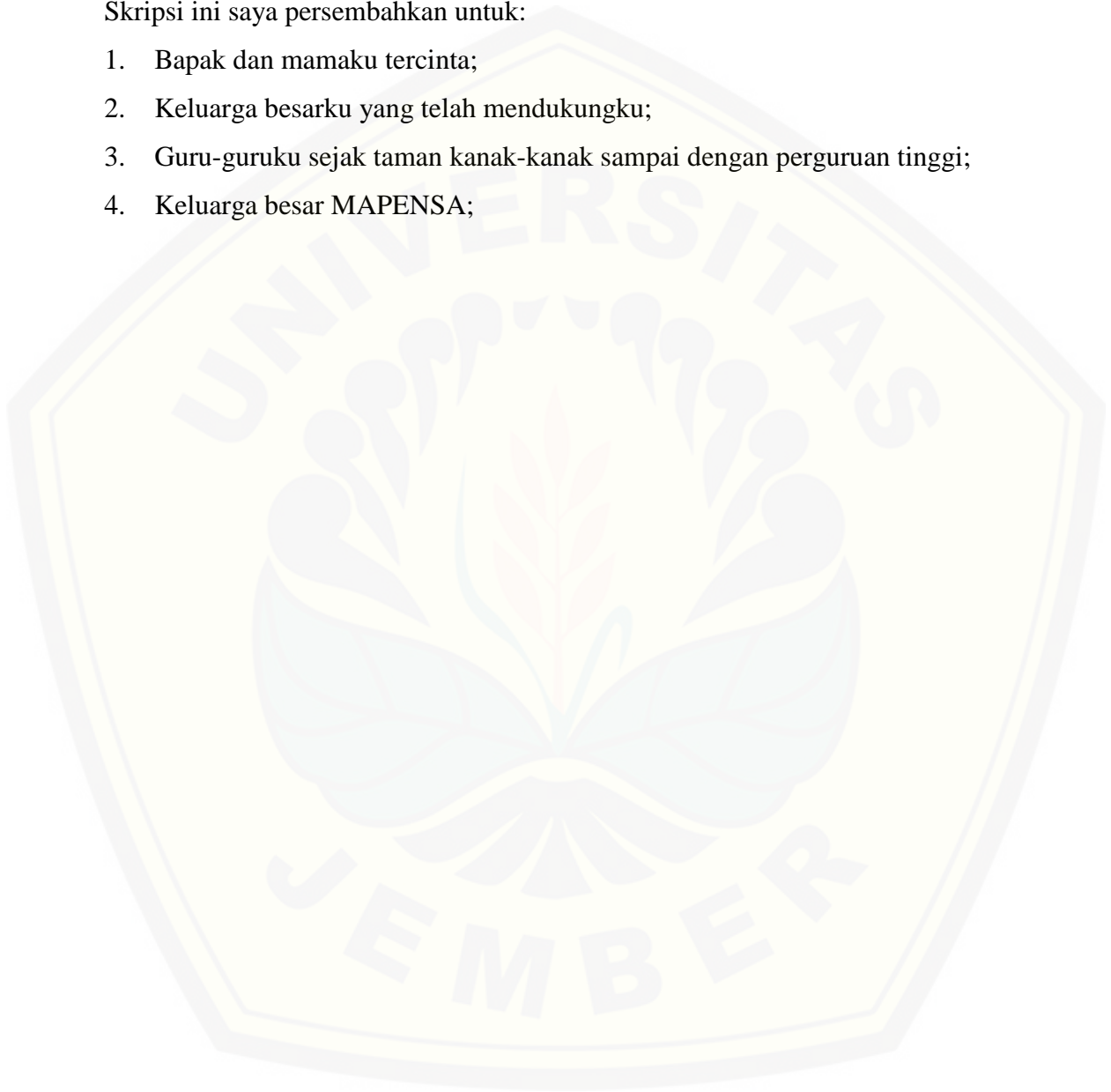
2016



### **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Bapak dan mamaku tercinta;
2. Keluarga besarku yang telah mendukungku;
3. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
4. Keluarga besar MAPENSA;



### MOTTO

"So verily, with every hardship, there is relief"  
(Al-Quran 94:5)

Seseorang yang optimis akan melihat adanya kesempatan dalam setiap malapetaka, sedangkan orang pesimis melihat malapetaka dalam setiap kesempatan.  
(Muhammad SAW)

Gantungkan cita-cita mu setinggi langit! Bermimpilah setinggi langit. Jika engkau jatuh, engkau akan jatuh di antara bintang-bintang.  
(Soekarno)

Semua yang ada didunia memiliki waktu, jika suksesku tidak datang hari ini, maka ia akan datang di hari yang lain. Berjalanlah jika waktunya berjalan. Berlarilah jika datang waktu untuk berlari. Tidak perlu terburu – buru, Tuhan punya Jam tangan-Nya sendiri.  
(Ira Anggraeni)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ira Anggraeni

NIM : 111510501113

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “*Pemanfaatan Teknologi Sistem Informasi Geografis Pada Studi Erosi Di Daerah Perkebunan Kopi Kebun Malangsari Kabupaten Banyuwangi*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus saya junjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 15 Juni 2016

Yang menyatakan,

Ira Anggraeni

NIM. 111510501113

**SKRIPSI**

**PEMANFAATAN TEKNOLOGI SISTEM INFORMASI  
GEOGRAFIS PADA STUDI EROSI DI DAERAH PERKEBUNAN  
KOPI KEBUN MALANGSARI KABUPATEN BANYUWANGI**

**Oleh :**

**Ira Anggraeni  
111510501113**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Yagus Wijayanto, MA., Ph.D.  
NIP : 196606141992011001

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Joko Sudibya, M.Si  
NIP : 196007011987021001



**PENGESAHAN**

Skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Teknologi Sistem Informasi Geografis Pada Studi Erosi Di Daerah Perkebunan Kopi Kebun Malangsari Kabupaten Banyuwangi” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Kamis, 15 Juni 2016

Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

**Dosen Pembimbing Utama,**

**Dosen Pembimbing Anggota,**

**Drs. Yagus Wijayanto, MA., Ph.D.**  
NIP.196606141992011001  
Dosen Penguji 1,

**Ir. Joko Sudibya, M.Si**  
NIP. 196007011987021001  
Dosen Penguji 2,

**Dr.Ir.Bambang Hermiyanto, MP.**  
NIP. 196111101988021001

**Ir.Niken Sulistyaningsih, MS.**  
NIP. 195608221984032001

**Mengesahkan  
Dekan,**

**Dr. Ir. Jani Januar, M.T.**  
NIP. 195901021988031002

## RINGKASAN

**Pemanfaatan Teknologi Sistem Informasi Geografis Pada Studi Erosi Di Daerah Perkebunan Kopi Kebun Malangsari Kabupaten Banyuwangi;** Ira Anggraeni, 111510501113; 2016: 70 Halaman; Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

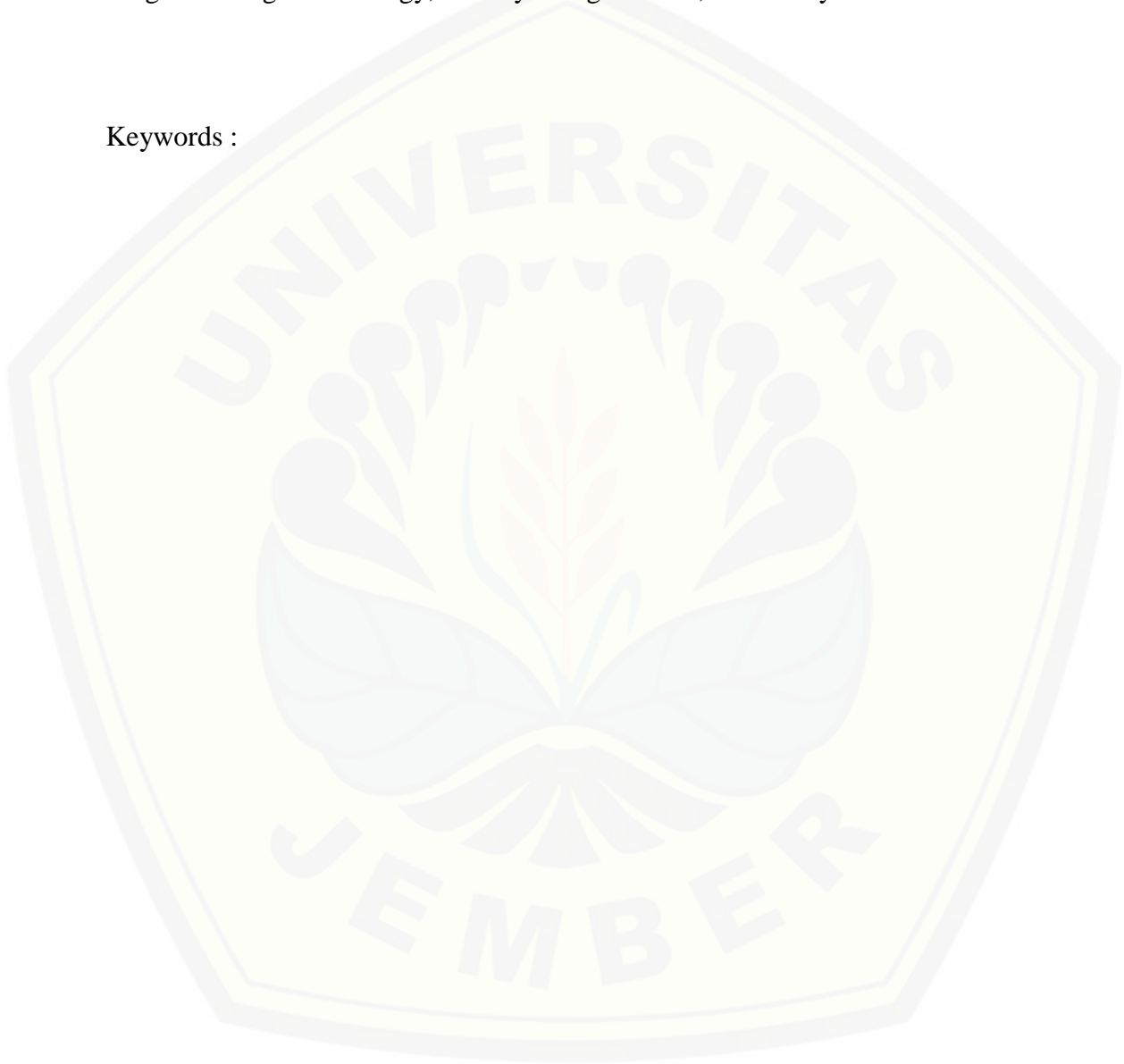
Penelitian ini dilaksanakan di di PTPN XII Malangsari desa Kebonrejo Kecamatan Kalibaru Kabupaten Banyuwangi , Laboratorium Fisika Tanah dan Laboratorium Kesuburan Tanah, Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Jember dari bulan September 2015 sampai dengan Januari 2016. Tujuan penelitian ini untuk memperkiraan besarnya erosi yang terjadi dengan menghitung banyaknya tanah yang hilang menggunakan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) yang diintegrasikan dengan metode USLE. Satuan Lahan didapatkan dari hasil tumpang susun peta RBI (Bakosurtanal) tahun 2001, peta jenis tanah, peta penggunaan lahan kebun Malangsari dan peta kemiringan lereng yang didapat dari hasil analisis peta SRTM. Teknik pengambilan sampel tanah pada setiap satuan lahan dilakukan dengan menggunakan metode pengambilan acak berstrata (*stratified random sampling*). Metode analisis laboratorium yang digunakan meliputi: tekstur tanah menggunakan metode pipet, C-Organik menggunakan metode Kurmis, permeabilitas menggunakan parameter hauble ganda, dan struktur secara kualitatif. Analisis data menggunakan SIG dan USLE. Hasil analisis laboratorium diinterpolasi menggunakan metode IDW (*Inverse Distance Weighted*) untuk mendapatkan nilai K, nilai R didapatkan dari data iklim, nilai LS didapatkan dari analisis peta DEM menggunakan analisis hidrologi, nilai C dan P didapatkan dari hasil analisis peta dan survey lapang untuk vegetasi kopi. Selanjutnya nilai R, K, LS, C dan P dihitung menggunakan *map calculator* dan dicocokkan dengan klasifikasi TBE menurut Dephut (1998) dengan kedalaman tanah > 90cm. Hasil penelitian untuk besarnya tanah yang hilang berada pada kisaran klasifikasi I yaitu 11 ton/ha/tahun dengan Tingkat Bahaya Erosi sangat ringan sampai 4464,15 ton/ha/tahun dengan Tingkat Bahaya Erosi sangat berat.

Kata kunci: *Sistem Informasi Geografis, Erosi, Kopi*

**SUMMARY**

**Using Geographic Information System for Erosion Study at Coffee Plantation Malangsari Banyuwangi Regency;**Ira Anggraeni, 111510501113; 2016: 70 pp; Study Program of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, University of Jember.

Keywords :



## PRAKATA

Segala puji bagi Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala petunjuk, karunia dan jalan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ***“Pemanfaatan Teknologi Sistem Informasi Geografis Pada Studi Erosi Di Daerah Perkebunan Kopi Kebun Malangsari Kabupaten Banyuwangi”***. Penyusunan karya tulis ilmiah ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. ALLAH SWT atas segala berkah dan hidayah-Nya yang selalu membuka pintu kemudahan dalam setiap jejak langkahku;
2. Drs. Yagus Wijayanto, MA., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama, Ir. Djoko Sudiby, M. Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota, Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, MP., selaku Dosen Pengauji I, dan Ir. Niken Sulistyoningsih, MS., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga dalam membantu penulisan skripsi ini yang banyak serta memberikan kritik, saran dan masukan yang membangun dalam penulisan skripsi ini;
3. Ir. Kacung Hariyono MP. Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama studi;
4. Bapak ku Agus Tamrin dan Mak ku Ida Suryani yang telah mengabdikan seluruh hidupnya demi ke lima anaknya, dan pengorbanan yang tiada habisnya serta semua curahan kasih sayang yang tak akan pernah putus, Do'a – Do'a mu Selalu menyertaiku;
5. Mas Dedi Santoso, Mbak Ade Rahayu dan Mbak Derik Maulina serta Adikku Abdillah Kurniawan atas bantuan yang sangat bermanfaat, tak putus sindiran dan nasehat yang kau berikan kepadaku tanpa rasa bosan;

6. Sahabat seperjuanganku Beasiswa Unggulan angkatan 2011 Sheilla Anandyta, Restu Ike, Kennardy Dewanto, Aries Dwi S, Gilang Govally dan Fajri Wildana yang telah memberikan bantuan, dukungan untuk segera menyelesaikan skripsiku;
7. Teman-temanku semua angkatan 2011 Tanah, Jamaludin, Arif Rahman, Viandra Edo, Aldy, Agus, Laily M, Deni terimakasih atas semangat, kerjasama dan persahabatan selama kuliah di Pertanian "Always Soil"
8. Keluarga Besar MAPENSA yang membuatku lebih hidup dan bermakna. Terima kasih atas pendidikan dan pengalaman yang luar biasa.
9. Angkatan 28 tercinta Siti Hajar, Ngida Zulfa, Amanah Fitria, Laily Firdaus, Putri Septiana, Adetyas In, Ilham Roby, Loihumera, Wahyu Prastyana terima kasih telah hadir dan memberi terang dalam hidupku.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 15 Juni 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>x</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xviii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 Tujuan</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4 Manfaat</b> .....	<b>3</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 Tanaman Kopi</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2 Pengertian Erosi</b> .....	<b>4</b>

2.3 Faktor yang mempengaruhi Erosi .....	5
2.4 Dampak Erosi .....	7
2.5 Prediksi Tingkat Bahaya Erosi menggunakan USLE.....	8
2.6 Sistem Informasi Geografis .....	10
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>12</b>
3.1 Waktu dan Tempat.....	12
3.2 Alat dan Bahan .....	12
3.3 Metode Penelitian .....	13
3.3.1 Tahap persiapan.....	13
3.3.2 Tahap Survey Lapang.....	14
3.3.3 Tahap Pengambilan Sampel Tanah .....	15
3.3.4 Pengamatan Biofisik.....	15
3.3.5 Analisis Contoh Tanah .....	15
3.3.6 Analisis Data .....	16
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>21</b>
4.1 Gambaran Umum Daerah Penelitian .....	21
4.2 Satuan Lahan .....	23
4.3 Faktor Erosivitas (R).....	25
4.4 Faktor Erodibilitas (K).....	26
4.4.1 Tekstur Tanah.....	27
4.4.2 Permeabilitas .....	33
4.4.3 Struktur Tanah.....	35
4.4.4 Bahan Organik.....	37
4.5 Faktor Kemiringan dan Panjang Lereng (LS).....	41
4.6 Faktor Tutupan Lahan (C) dan Teknik Konservasi (P) .....	44
4.7 Tingkat Bahaya Erosi .....	49
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>54</b>
5.1 Kesimpulan .....	54

<b>5.2 Saran .....</b>	<b>54</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>58</b>





**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
1. Peta Jenis tanah Kebun Malangsari .....	13
2. Peta Kelas Lereng menurut Puslittanak .....	14
3. Peta SPL penelitian .....	14
4. Skema Cara Kerja Penelitian .....	20
5. Peta Wilayah Daerah Penelitian Kebun Malangsari .....	21
6. Peta Sebaran Lempung (%) dengan Teknik IDW .....	29
7. Peta Sebaran Pasir halus (%) dengan Teknik IDW .....	30
8. Peta Sebaran Debu (%) dengan Teknik IDW .....	31
9. Peta Sebaran Pasir (%) dengan Teknik IDW .....	32
10. Peta Kelas Permeabilitas Kebun Malangsari .....	34
11. eta Kelas Struktur Kebun Malangsari .....	36
12. Peta Sebaran Bahan Organik dengan Teknik IDW .....	38
13. Peta Sebaran Kelas Erodibilitas Kebun Malangsari .....	39
14. Peta Sebaran Nilai LS Kebun Malangsari.....	43
15. eras yang mengalami longsor akibat erosi .....	46
16. Area disekitar tanaman kopi tanpa penutup tanaman bawah.....	46
17. Rorak .....	47
18. Peta C Kebun Malangsari.....	48
19. Peta Sebaran Kehilangan Tanah Kebun Malangsari.....	52
20. Peta Tingkat Bahaya Erosi Kebu Malangsari .....	53

## DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Kesesuaian Lahan untuk Tanaman Kopi .....	4
2. Kode struktur tanah .....	17
3. Kelas permeabilitas tanah.....	17
4. Nilai faktor P Pada Berbagai Aktivitas Konservasi Tanah.....	18
5. Tingkat bahaya erosi menurut Departemen Kehutanan (1998) .....	19
6. Penggunaan Lahan di Kebun Malangsari.....	22
7. Karakteristik Satuan Lahan Daerah Penelitian .....	23
8. Hasil Analisis Laboratorium pada masing – masing Satuan Lahan .....	24
9. Nilai Indek Erosivitas Kebun Malangsari berdasarkan data curah hujan bulanan tahun 2003-2013 .....	25
10. Nilai Erodibilitas di Kebun Malangsari.....	60
11. Nilai Indeks Kemiringan dan Panjang Lereng (LS) Kebun Malangsari	41
12. Tutupan Lahan dan Teknik Konservasi Kebun Malangsari .....	45
13. Total Kehilangan Tanah (ton/ha/tahun) Kebun Malangsari .....	49
14. Pengkelasan Tingkat Bahaya Erosi Kebun Malangsari .....	49
15. Hasil Klasifikasi Kelas TBE Kebun Malangsari .....	50

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. curah hujan Bulanan Kebun Malangsari tahun 2003 – 2013 .....	58
2. Jumlah hari hujan Kebun Malangsari 2003 – 2013 .....	59
3. Hasil Analisis Tekstur .....	60
4. Hasil Analisis konduktivitas Hidroulik (Permeabilitas).....	61
5. Hasil Analisis C organik .....	62
6. Nilai erodibilitas tiap – tiap satuan lahan .....	63
7. Foto – foto Penelitian .....	64
8. Peta Kedalaman Tanah.....	68

## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan ekonomi masyarakat merupakan salah satu pendorong adanya alih fungsi lahan. Pemanfaatan lahan yang tidak sesuai dengan kemampuannya mengakibatkan berbagai permasalahan, dan secara potensial dapat menimbulkan berbagai bencana seperti erosi, banjir dan tanah longsor. Kesemua potensi bencana tersebut merupakan bahaya yang sangat mungkin terjadi karena semakin cepatnya perubahan pemanfaatan lahan. Kebutuhan akan informasi yang cepat dan akurat sangat dibutuhkan dalam rangka mengurangi potensi bencana. Salah satu teknologi yang dapat mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan memanfaatkan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) karena teknologi ini terkait dengan domain spasial (keruangan), maka SIG sangat berpotensi dalam mengkaji permasalahan potensi kerusakan seperti erosi, banjir dan tanah longsor.

Perkebunan Malang Sari merupakan salah satu perusahaan perkebunan yang diusahakan oleh PTPN XII dengan luas 2095,310 ha . Vegetasi yang ditanam pada penggunaan lahan perkebunan di Kebun Malang Sari adalah kopi jenis robusta. Tanaman kopi robusta menurut Deptan (2003) untuk kelas kesesuaian lahan S1 dan S2 cocok dibudidayakan pada lereng 0-16% dengan bahaya erosi sangat rendah hingga sedang. Pengecekan kondisi tanah untuk kebun milik PTPN dilakukan 5 tahun sekali. Kebun Malang Sari terletak di Kecamatan Kalibaru dengan jenis tanah regosol dan latosol. Tanah regosol memiliki kandungan debu yang tinggi yang dapat mudah terangkut oleh erosi, serta memiliki kapasitas infiltrasi yang rendah. Kebun Malang Sari terletak di ketinggian 500 hingga 700 mdpl dengan kemiringan lereng yang sangat beragam dari 8 hingga 30%. Kondisi lereng berpengaruh pada kecepatan aliran permukaan. Lereng yang curam dan panjang akan mengakibatkan semakin banyak tanah yang terangkut oleh erosi. Dengan kondisi tersebut menyebabkan daerah kebun

Malangsari memiliki potensi erosi yang tinggi, sehingga memerlukan teknologi yang mampu memprediksi bahaya erosi yang terjadi secara cepat dan berkelanjutan.

Menurut Kartasapoetra (2005); Tufaila *et al* (2012), erosi merupakan proses pengangkutan dan pemindahan tanah dari satu tempat ke tempat lainnya oleh desakan kekuatan air dan angin yang terjadi secara alami maupun akibat perbuatan manusia. Erosi merupakan permasalahan ekonomi dan lingkungan yang luas dan dapat mempengaruhi bentuk landscape. Permasalahan tersebut sangat dinamis dan prosesnya sangat kompleks. Erosi menyebabkan menurunnya kualitas tanah dan produktivitas yang diakibatkan oleh hilangnya lapisan permukaan tanah karena terangkut oleh aliran permukaan (Lal, 2001; Yag *et al.*, 2003; Zhao *et al.*, 2013). Lapisan permukaan tanah yang terangkut erosi adalah lapisan atas yang merupakan lapisan paling subur. Rizalihadi *et al* (2013) ; Brady, N, dan Buckman H (1982) dalam Goro (2008) menyatakan bahwa erosi mengakibatkan hilangnya lapisan atas yang subur dan baik untuk pertumbuhan tanaman.

Erosi merupakan gejala spasial dan sangat mungkin dikaji dengan teknologi SIG, karena kemampuan SIG dalam pemasukan, analisa, dan penyajian data spasial. Pemetaan erosi tanah menggunakan sistem informasi geografis dapat dengan mudah mengidentifikasi daerah yang memiliki potensi bahaya erosi dan menyajikan informasi nilai pendugaan besarnya tanah yang hilang di berbagai lokasi (Yusof dan Baban, 1999). Namun, teknologi SIG memerlukan pendekatan gabungan dengan metode lain untuk menghitung potensi erosi yang dapat terjadi. Seperti yang dikemukakan oleh Rahim (2003) pendekatan gabungan dapat dilakukan untuk memprediksi terjadinya erosi. Metode SIG dapat diintegrasikan dengan model pendugaan erosi USLE (*Universal Soil Loss Equation*) melalui parameter – parameter yang dianalisa untuk memprediksi besarnya erosi dengan cara menghitung besarnya tanah yang hilang dalam ton per tahun per satuan hektar lahan.

Dengan menggunakan teknologi SIG dan USLE maka dapat diketahui sebaran kehilangan tanah pada suatu lahan, sehingga potensi bahaya erosi yang mengancam di

Kebun Malangsari dapat segera diatasi. Penelitian mengenai studi erosi menggunakan SIG telah dilakukan oleh Gonzales (2008) ; Bonilla *et al* (2010) ; Surono *et al* (2013) ; Santoso *et al* (2014), Penelitian dilakukan untuk mengetahui tingkat bahaya erosi dan mengkaji parameter yang mempengaruhi besarnya tingkat erosi menggunakan perhitungan

### **1.2 Rumusan Masalah**

Kondisi topografi, vegetasi, jenis tanah dan iklim di kebun Malangsari mengakibatkan adanya potensi erosi yang tinggi. Analisis sifat tanah yang digunakan sebagai acuan kebun dalam pengelolaan lahan membutuhkan waktu lama. Oleh karena itu demi menjaga kesuburan tanah sebagai dampak adanya erosi dan upaya konservasi tanah maka perlu adanya penelitian mengenai potensi erosi di daerah tersebut dengan menggunakan SIG yang dapat memprediksi erosi dengan cepat dan akurat.

### **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memperkirakan potensi kehilangan tanah dari area yang diteliti menggunakan USLE (*Universal Soil Loss Equation*) dan Sistem Informasi Geografis
2. Mengidentifikasi area yang memiliki potensi erosi tinggi
3. Menyajikan informasi mengenai tingkat bahaya erosi untuk kajian dalam kegiatan konservasi tanah di kebun kopi oleh pihak yang berkepentingan

### **1.4 Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai informasi dalam pengambilan keputusan dalam kegiatan konservasi khususnya di daerah Kebun Malangsari yang memiliki kemiringan lereng sangat beragam.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Kopi

Pertumbuhan tanaman kopi dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor genetik dan lingkungan. Faktor – faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan maupun produksi tanaman kopi antara lain adalah ketinggian tempat, sinar matahari, curah hujan, tanah dan angin. Curah hujan optimal yang dibutuhkan tanaman kopi dalam 1 tahun adalah 2000-3000 mm/tahun. Namun kopi masih bisa berkembang dengan baik di wilayah dengan curah hujan minimal 100-2000 mm/tahun (Tjasono dan Bayon, 2004). Berikut adalah kesesuaian tanaman kopi menurut FAO:

NO	KARAKTERISTIK	S1	S2
<b>LAHAN</b>			
<b>1</b>	t- Rezim temperatur		
	1. Suhu rata - rata	20-27 °C	28-30 °C
<b>2</b>	w- Ketersediaan air	-	-
	1. Bulan kering (<75mm)	2-3	3.1-5 <2
	2. Rata – rata curah hujan (mm)	2000-3000	3000-4000 2000-1500
<b>3</b>	r- Kondisi perakaran		
	1. Kelas drainase tanah	Baik	Agak baik, agak kering
	2. Tekstur tanah di permukaan	Loam, sandy clay loam, silt loam, silt, clay loam, silty clay loam	Sandy loam, sandy clay
	3. Kedalaman perakaran	> 150 cm	100-149

4	s- Topografi		
	1. Kemiringan (%)	0-8	8-15
	2. Sebaran batuan	0	1

## 2.2 Pengertian Erosi

Proses pengangkutan dan pemindahan tanah dari satu tempat ke tempat lainnya oleh desakan kekuatan air dan angin yang terjadi secara alami maupun akibat perbuatan manusia disebut erosi (Kartasapoetra, 2005). Erosi merupakan fungsi dari iklim, topografi, vegetasi, tanah dan aktivitas manusia. Selain kelima faktor penyebab erosi tersebut, sedimentasi juga dipengaruhi oleh energi yang ditimbulkan oleh kecepatan aliran air, debit air yang mengalir dan juga mudah tidaknya material-material (partikel-partikel terangkut). Semakin besar energi yang ada, semakin besar tenaga yang ditimbulkan untuk menggerus material (tanah dan batuan) yang dilalui. Demikian juga semakin besar debit (volume) aliran semakin banyak pula bahan-bahan yang terangkut. Mudah tidaknya material terangkut tergantung dari ukuran besar butir, bahan-bahan yang halus akan lebih mudah terangkut daripada bahan-bahan yang lebih besar (Tim Peneliti BP2TPDAS IBB, 2002).

Erosi tidak hanya disebabkan oleh air tapi juga disebabkan oleh angin, maupun aliran radiasi. Menurut asdak (2004) terdapat bermacam – macam erosi tanah yaitu erosi percik (*splash erosion*), erosi kulit (*sheet erosion*), erosi alur (*rill erosion*), erosi alur (*rill erosion*), Erosi parit (*gully erosion*), Erosi tebing sungai (streambank erosion). Di negara tropis seperti indonesia hujan merupakan penyebab utama terjadinya erosi. Menurut (Rachman *et al.*, 1990) tingkat kerusakan tanah akibat erosi tergantung pada intensitas dan jumlah curah hujan, persentase penutupan tanah oleh vegetasi dan sifat fisik tanah. Periode paling rawan terhadap erosi adalah pada saat pengolahan tanah dan pada awal pertumbuhan tanaman. Pada periode ini sebagian besar permukaan tanah terbuka menyebabkan butir-butir hujan dapat memecah bongkah-bongkah tanah menjadi hancur dan mudah terbawa aliran permukaan.



### 2.3 Faktor yang mempengaruhi terjadinya erosi

Erosi merupakan fungsi dari iklim, topografi, vegetasi, tanah dan aktivitas manusia. Selain kelima faktor penyebab erosi tersebut, sedimentasi juga dipengaruhi oleh energi yang ditimbulkan oleh kecepatan aliran air, debit air yang mengalir dan juga mudah tidaknya material-material (partikel-partikel terangkut). Semakin besar energi yang ada, semakin besar tenaga yang ditimbulkan untuk menggerus material (tanah dan batuan) yang dilalui. Demikian juga semakin besar debit (volume) aliran semakin banyak pula bahan-bahan yang terangkut. Mudah tidaknya material terangkut tergantung dari ukuran besar butir, bahan-bahan yang halus akan lebih mudah terangkut daripada bahan-bahan yang lebih besar (Tim Peneliti BP2TPDAS IBB, 2002).

#### 2.3.1 Faktor Iklim

Di negara tropis seperti Indonesia hujan merupakan penyebab utama terjadinya erosi. Tingkat kerusakan tanah akibat erosi tergantung pada intensitas dan jumlah curah hujan, persentase penutupan tanah oleh vegetasi dan sifat fisik tanah. Periode paling rawan terhadap erosi adalah pada saat pengolahan tanah dan pada awal pertumbuhan tanaman. Pada periode ini sebagian besar permukaan tanah terbuka menyebabkan butir-butir hujan dapat memecah bongkah-bongkah tanah menjadi hancur dan mudah terbawa aliran permukaan (Rachman *et al.*, 1990).

#### 2.3.2 Faktor Vegetasi

Faktor vegetasi juga merupakan salah satu faktor yang berpengaruh pada erosi. Vegetasi mampu menghalangi air hujan agar tidak langsung jatuh ke tanah, menghambat aliran permukaan dan meningkatkan penyerapan air ke dalam tanah (Seta, 1987). Akar-akar tanaman dapat menyebabkan agregat tanah menjadi stabil secara mekanik dan kimia. Akar serabut mengikat butir-butir tanah, sedangkan sekresi dari bagian tanaman memberikan zat-zat kimia yang berfungsi sebagai pemntap agregat tanah. Semakin tinggi penutupan tajuk oleh tanaman kayu-kayuan, nilai faktor  $c$  lahan akan semakin kecil yaitu luasan tanah yang terbuka tanpa perakaran halus, penutupan oleh tajuk tanaman semusim dan penutupan oleh batuan di permukaan (Triwilaida, 2000)

### 2.3.3 Faktor Topografi

Topografi merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap erosi, salah satunya kelerengan. Pemanfaatan lereng sesuai dengan kemampuannya akan mengurangi dampak terjadinya erosi. Lahan datar cocok diperuntukkan bagi persawahan, lahan miring untuk agroforestri, lahan curam untuk hutan lindung. Pemanfaatan lahan tersebut selain untuk mengoptimalkan produktivitas lahan juga untuk konservasi tanah (Harjadi, 1992). Kemiringan lereng memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap terjadinya erosi. Semakin besar kemiringan lereng maka laju aliran permukaan semakin tinggi dan kemampuan tanah untuk meresapkan air semakin kecil, inilah yang menyebabkan daerah yang memiliki kelerengan besar potensi erosinya lebih besar (Miardini dan Harjadi, 2011). Kondisi kemiringan lereng yang curam tanpa dilakukannya tindakan konservasi akan menurunkan kapasitas infiltrasi tanah, memperbesar jumlah aliran permukaan, dengan demikian memperbesar energi angkut aliran permukaan dan erosi menjadi berat (Dewi *et al.*, 2012).

### 2.3.4 Faktor Tanah

Erosi terjadi tidak hanya karena faktor lingkungan tetapi juga dari karakteristik tanah di lahan tersebut. Sifat – sifat tanah yang berpengaruh pada terjadinya erosi diantaranya tekstur tanah, struktur, permeabilitas dan kandungan bahan organik tanah. Tekstur adalah perbandingan total partikel – partikel tanah yaitu pasir, debu dan lempung. Tekstur yang bersifat kasar akan mudah meloloskan air karena gaya adhesi dan kohesinya lebih kecil dibandingkan tanah yang bertekstur halus. Semakin kasar teksturnya, maka laju infiltrasi akan semakin cepat dan erosi semakin tinggi (Foth, 1984). Permeabilitas berpengaruh pada kecepatan air untuk masuk ke dalam tanah. Semakin cepat air meresap ke dalam tanah, maka kemungkinan terjadi penggenangan akan semakin kecil, dan aliran permukaan semakin sedikit (Hudson, 1991). Seresah sebagai sumber bahan organik sangat penting dalam melindungi tanah dari pukulan air hujan yang dapat menyebabkan erosi. Bahan organik yang membentuk humus akan mengikat butir - butir tanah menjadi struktur yang lebih tahan terhadap pukulan air

hujan. Bahan organik akan meningkatkan permeabilitas dan dapat meningkatkan kemampuan tanah dalam mengikat air (Triwilaida, 1997).

#### **2.4 Dampak Erosi**

Dampak erosi adalah penurunan kesuburan tanah dan penurunan kapasitas tanah dalam menyerap dan menyimpan air. Erosi terjadi pada tanah lapisan atas yang berakibat terkikisnya bagian tanah dan membawa serta sejumlah besar hara yang penting bagi tanaman (Kartasapoetra, 1988). Hilangnya tanah lapisan permukaan (*top soil*) yang merupakan lapisan tanah yang subur akan menyebabkan penurunan kesuburan tanah. Penurunan kesuburan tanah merupakan kondisi yang menyebabkan produktivitas tanah berkurang karena adanya kemunduran sifat tanah baik fisik, kimiawi dan biologis. Hal penting lain yang perlu mendapatkan perhatian adalah erosi menyebabkan pengurangan ketebalan tanah terutama lapisan atas tanah yang subur dan merupakan media untuk tumbuh dan berkembangnya perakaran, padahal proses pembentukan tanah memerlukan waktu yang sangat lama sehingga kerusakan sifat fisik tersebut sulit untuk diperbaiki (Tim Peneliti BP2TPDAS IBB, 2002).

#### **2.5 Prediksi Tingkat Bahaya Erosi menggunakan USLE**

Tingkat Bahaya erosi (TBE) adalah perkiraan jumlah tanah yang hilang maksimum yang akan terjadi pada suatu lahan. Analisis tingkat bahaya erosi (TBE) secara kuantitatif dapat menggunakan formula yang dirumuskan oleh Wischmeier dan SMith (1978) berupa rumus USLE. Model penduga erosi USLE (*Universal Soil Loss Equation*) merupakan model empiris yang dikembangkan di Pusat Data Aliran Permukaan dan Erosi Nasional, Dinas Penelitian Pertanian, Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA) bekerja sama dengan Universitas Purdue pada tahun 1954 (Arsyad, 2010). Model tersebut dikembangkan berdasar hasil penelitian erosi pada petak kecil dalam jangka panjang yang dikumpulkan dari 49 lokasi penelitian.

Berdasarkan data dan informasi yang diperoleh dibuat model penduga erosi dengan menggunakan data curah hujan tanah, topografi dan pengelolaan lahan (Hidayat, 2003)

USLE merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memprediksi terjadinya erosi dan telah banyak digunakan secara luas. Dalam USLE terdapat rumus yang digunakan untuk memprediksi banyaknya tanah yang hilang seperti dibawah ini:

$$A = R K L S C P$$

dimana A adalah prediksi kehilangan tanah per satuan lahan, R adalah faktor curah hujan dan limpasan. Tingkat kerusakan tanah akibat erosi tergantung pada intensitas dan jumlah curah hujan, persentase penutupan tanah oleh vegetasi dan sifat fisik tanah. Periode paling rawan terhadap erosi adalah pada saat pengolahan tanah dan pada awal pertumbuhan tanaman. Pada periode ini sebagian besar permukaan tanah terbuka menyebabkan butir-butir hujan dapat memecah bongkah-bongkah tanah menjadi hancur dan mudah terbawa aliran permukaan (Rachman *et al.*, 1990).

K adalah faktor erodibilitas. Tanah akan lebih mudah tererosi apabila dalam kandungan debu sangat tinggi. Tanah akan sangat peka terhadap erosi jika kandungan debu berkisar pada 40 - 60% (Dariah *et al.*, 2004). Permeabilitas berkaitan dengan laju infiltrasi. Kapasitas laju infiltrasi tanah menentukan banyaknya air yang akan mengalir di permukaan sebagai aliran permukaan dan menyebabkan tanah lapisan atas mudah terbawa atau peka terhadap gerakan aliran permukaan (Supirin, 2001). Bahan organik yang membentuk humus akan mengikat butir - butir tanah menjadi struktur yang lebih tahan terhadap pukulan air hujan. Bahan organik akan meningkatkan permeabilitas dan dapat meningkatkan kemampuan tanah dalam mengikat air (Triwilaida, 1997)

L dan S adalah panjang lereng dan kecuraman. Pemnfaatan lereng sesuai dengan kemampuannya akan mengurangi dampak terjadinya erosi. Kemiringan lereng memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap terjadinya erosi. Semakin besar kemiringan lereng maka laju aliran permukaan semakin tinggi dan kemampuan tanah untuk meresapkan air semakin kecil, inilah yang menyebabkan daerah yang memiliki kelerangan besar potensi erosinya lebih besar (Miardini dan Harjadi, 2011).

C adalah faktor penutup lahan dan manajemen sedangkan P adalah faktor aktivitas manusia. Faktor vegetasi juga merupakan salah satu faktor yang berpengaruh pada erosi. Vegetasi mampu menghalangi air hujan agar tidak langsung jatuh ke tanah, menghambat aliran permukaan dan meningkatkan penyerapan air ke dalam tanah (Seta, 1987).

Beberapa faktor tersebut dianggap mewakili untuk mengukur besarnya tanah yang hilang akibat adanya erosi. Hampir semua penilaian erosi pada skala daerah menggunakan model USLE. Berdasarkan hal tersebut, kehilangan tanah merupakan hasil dari perhitungan beberapa faktor yang berdiri sendiri, oleh karena itu USLE cocok diintegrasikan dengan sistem informasi geografis dengan cakupan wilayah yang luas (Bruijnzeel dan Bonell, 2005).

## **2.6 Sistem Informasi Geografis**

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem yang dirancang khusus untuk mengumpulkan, memeriksa, mengintegrasikan dan menganalisis informasi - informasi yang berhubungan dengan permukaan bumi dan didalamnya melibatkan teknologi komputer (Kusrini, 2007). Sistem Informasi Geografis membutuhkan analisis yang dapat mengolah data dengan cepat. Interpolasi adalah salah satu analisis yang digunakan untuk mendapatkan data melalui proses estimasi pada wilayah yang tidak disampel berdasarkan dari beberapa data yang telah diketahui nilainya dalam pemetaan. Interpolasi spasial mengasumsikan bahwa atribut data bersifat kontinu di dalam ruang dan atribut ini saling berhubungan secara spasial (Anderson, 2001). Dalam SIG terdapat beberapa metode interpolasi yang dapat digunakan diantaranya *Inverse Distance Weighted (IDW)*, *Trend*, *Spline* dan *Krigging*. Setiap metode tersebut akan memberikan hasil yang berbeda. Salah satu interpolasi yang sering digunakan adalah IDW. IDW adalah metode untuk mendapatkan data dengan sederhana dengan mempertimbangkan titik disekitarnya. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Pramono (2008), metode IDW memberikan hasil interpolasi yang lebih akurat dari

metode Kriging. Hasil interpolasi dari IDW memberikan nilai maksimum dan minimum yang lebih mendekati nilai dari sampel data.

Penelitian mengenai studi erosi menggunakan SIG telah dilakukan oleh Gonzales (2008) ; Bonilla *et al* (2010) ; Surono *et al* (2013) ; Santoso *et al* (2014), Penelitian dilakukan untuk mengetahui tingkat bahaya erosi dan mengkaji parameter yang mempengaruhi besarnya tingkat erosi menggunakan perhitungan USLE. Penelitian yang dilakukan oleh Gonzales (2008) adalah perhitungan erosi tanah menggunakan penginderaan jauh dan SIG pada daerah daerah aliran sungai (DAS). Metode tersebut diintegrasikan dengan USLE. Penginderaan jauh memungkinkan untuk mengukur parameter hidrologi dalam skala spasial, sementara itu SIG digunakan untuk mengolah data tersebut. Faktor penutup tanah dan teknik konervasi yang dilakukan didapatkan dari citra LandSat ETM, begtu juga dengan nilai LS. Faktor panjang dan kemiringan lereng didapat dari peta lereng dan peta kenampakan melalui analisis DEM (Digital Elevation Model). Menurut Blanco and Nadaoka, 2006 dalam Breiby (2006) aplikasi SIG memerlukan data Digital Elevation Model (DEM) untuk menghasilkan gambaran faktor LS yang lebih spesifik dalam setiap pixelnya. Dalam perkembangannya, ada beberapa formula untuk menentuka nilai faktor LS berbasis DEM dalam SIG yang mempertimbangkan heterogenitas lereng serta mengutamakan arah dan akumulasi aliran dalam perhitungannya. Semua peta faktor yaitu R, K, LS dan C selanjutnya digabung untuk mendapatkan peta erosi.

Penelitian lain yang menggunakan SIG sebagai alat untuk memprediksi erosi adalah Bonilla (2010) tujuan penelitian yang dilakukan adalah untuk memprediksi besarnya tanah yang hilang dengan beberapa skenario alternatif vegetasi penutup tanah. metode yang digunakan adalah dengan mengintegrasikan SIG dan model USLE. Implementasi USLE pada SIG adalah dengan mendeskripsikan parameter - parameter pendugaan erosi yaitu iklim, topografi dan penggunaan lahan. Informasi disajikan dalam bentuk raster. Implementasi ini memungkinkan nilai parameter untuk dengan

mudah diubah dalam rangka untuk mengevaluasi efek dari setiap skenario alternatif vegetasi penutup tanah terhadap erosi.

Penelitian yang dilakukan selanjutnya yaitu oleh Surono *et al* (2013) dan Santoso *et al* (2014) dengan tujuan untuk memprediksi laju erosi dan tingkat bahaya erosi di Sub-DAS Dumoga. Metode prediksi erosi menggunakan metode USLE dan SIG. Penelitian yang dilakukan menggunakan *software* Arcview untuk analisis spasial. Peta faktor kelerengan didapatkan dari peta kontur. Peta faktor erodibilitas didapatkan dari peta jenis tanah daerah penelitian. Peta faktor erosivitas didapatkan dari interpolasi stasiun curah hujan. Sedangkan peta faktor penggunaan lahan didapatkan dari citra *Google Earth*.

### **BAB 3. METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat**

Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2015 – Maret 2016. Lokasi penelitian bertempat di Kebun Malangsari Kecamatan Kalibaru Kabupaten Banyuwangi. Analisis contoh tanah dilakukan di laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah dan Laboratorium Kesuburan Tanah.

#### **3.2 Bahan dan Alat**

##### **3.2.1 Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan pada penelitian yaitu adalah Peta Rupa Bumi Skala 1 : 25.000 lembar Kalibaru dan Sumber Gandeng, (Bakosurtanal) tahun 2001 untuk mendapatkan gambaran kondisi lahan di lapangan, peta citra satelit SRTM, peta jenis tanah, dan data curah hujan bulanan dari Kebun Malangsari. Bahan – bahan yang digunakan untuk analisis sifat fisik tanah di laboratorium, antara lain: Aquadest, Hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) 30%, Natrium phyrosphospat ( $Na_2PO_4O_7$ ) 0,2N. Larutan Kalium Birokromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) dan larutan Asam Sulfat pekat ( $H_2SO_4$ ) digunakan untuk analisis c-organik. Data yang diambil di lapangan yaitu datautupan lahan dan teknik konservasi

##### **3.2.2 Alat Penelitian**

Alat penelitian yang diperlukan yaitu laptop, Software Arc.View 3.3 dan Arc. GIS untuk mengolah data spasial, GPS, dan Abney Level untuk menentukan kemiringan lereng dan posisi koordinat dan ketinggian tempat. Pengambilan sample tanah menggunakan alat yaitu bor tanah, ring sampel, dan GPS. Sedangkan alat yang digunakan dalam melakukan analisis sifat fisik di laboratorium yaitu beaker glass 600 ml, ayakan 0,05 mm, hotplate, set alat pipet tekstur, bak perendam sampel, cawan alumunium, permeater hauble ganda, tabung sedimen dan spektrofotometer untuk analisis c-organik



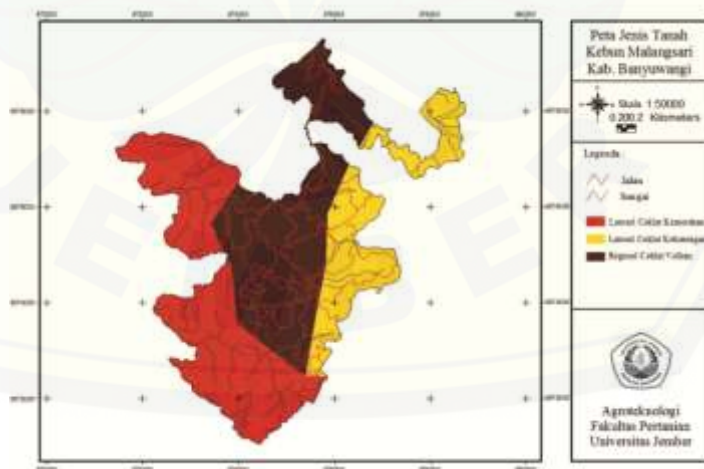
### 3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dengan melakukan analisa peta, data lapang dan analisis laboratorium untuk mempelajari potensi erosi di Kebun Malangsari. Secara garis besar penelitian ini dilakukan dalam 6 tahapan yaitu:

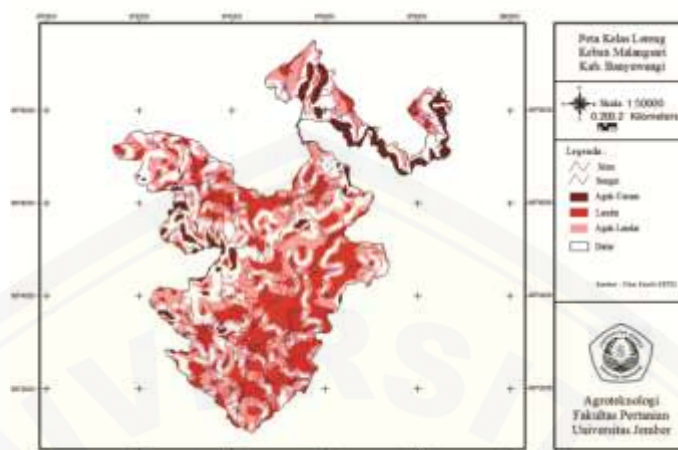
1. Tahap persiapan
2. Tahap survey lapang
3. Tahap pengambilan sample tanah
4. Pengamatan biofisik
5. Analisis Contoh tanah
6. Analisis Data

#### 3.3.1 Tahap persiapan

Pembuatan peta satuan lahan untuk pengambilan sampel tanah menggunakan peta dasar gabungan Peta Rupa Bumi Skala 1 : 25.000 lembar Kalibaru dan Sumber Gandeng, (Bakosurtanal) tahun 2001, peta jenis tanah, peta penggunaan lahan kebun Malangsari dan peta kemiringan lereng yang didapat dari hasil analisis citra satelit SRTM.



Gambar 3.1. Peta Jenis tanah Kebun Malangsari

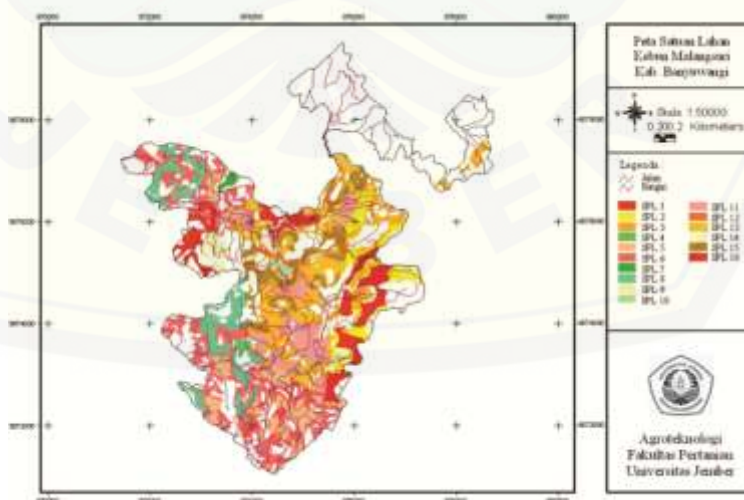


Gambar 3.2. Peta Kelas Lereng menurut Puslittanak (2003)

Berdasarkan satuan peta lahan yang dibuat didapatkan 16 SPL dengan ketentuan unit terkecil dari satuan peta adalah 25 ha.

### 3.3.2 Tahap survey lapang

Survey lapang digunakan dengan melakukan pengamatan visual di lapangan dan mengumpulkan informasi pendukung untuk mengetahui kondisi wilayah sebelum pengambilan data dan mencocokkan peta satuan lahan perkebunan yang telah dibuat dengan kondisi sebelumnya di tempat penelitian. Pada tahap ini juga ditentukan titik lokasi pengambilan sampel.



Gambar 3.3 Peta SPL penelitian

### 3.3.3 Tahap pengambilan sample tanah

Penentuan titik pengambilan contoh tanah dilakukan dengan menggunakan metode pengambilan acak berstrata (stratified random sampling). Pada metode tersebut area dibagi ke dalam sub area yang disebut strata dengan jumlah contoh ditentukan sebelum pengambilan contoh (Balitbang pertanian, 2006). Strata yang dimaksud adalah ciri geografi di lahan penelitian. Ciri tersebut dikelompokkan lalu ditentukan jumlah sampel dengan pemilihan titik lokasi secara acak. Strata yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan parameter - parameter yang digunakan dalam pendugaan erosi diantaranya jenis tanah, kelerengan, penggunaan lahan dan jaringan jalan. Jaringan jalan ditambahkan sebagai strata untuk memudahkan dalam pemilihan titik lokasi pengambilan sampel. Selanjutnya semua strata digabung (overlay) untuk mendapatkan titik yang mewakili daerah penelitian.

Berdasarkan dengan skala petadasar yang dipakai yaitu 1: 25000 dan peta output adalah 1:50000 menurut Abdullah (1993) jumlah contoh tanah tiap satuan lahan adalah 1 sampel. Sehingga jumlah sampel yang diambil adalah 16 titik. Contoh tanah yang diambil terdiri atas dua macam contoh tanah, yaitu terusik dan tidak terusik. Tanah terusik untuk analisis tekstur, struktur dan bahan organik sedangkan tanah tidak terusik menggunakan ring sample untuk analisis permeabilitas tanah.

### 3.3.4 Pengamatan biofisik

Pengamatan biofisik meliputi dua pengumpulan data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yaitu pengukuran lereng dan teknik konservasi yang dilakukan sedangkan data sekunder yaitu curah hujan.

### 3.3.5 Analisis Contoh Tanah

Analisis Contoh tanah dilakukan di laboratorium fisika dan kimia tanah Fakultas Pertanian Uviversitas Jember, meliputi:

- a. Tekstur menggunakan metode Hidrometer
- b. Permeabilitas dengan menggunakan metode parameter houble ganda
- c. Bahan organik menggunakan metode curmis

### 3.3.6 Analisis Data

#### a. Metode prediksi erosi tanah USLE

Untuk mengetahui bahaya erosi digunakan metode USLE yaitu:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Dimana:

- A = Kehilangan tanah (ton/ha/tahun)
- R = Indeks erovisitas hujan
- K = Indeks erodibilitas tanah
- LS = Indeks panjang lereng dan kemiringan lereng
- C = Indeks Penutupan Vegetasi
- P = Indeks Pengolahan lahan/tindakan konservasi tanah

Faktor curah hujan R yang disebut erosivitas hujan. Data yang dibutuhkan yaitu data curah hujan bulanan. Metode yang digunakan sebagai penentuan sebaran erosivitas hujan berdasarkan perkebunan Malangsari. Persamaan erosivitas hujan menggunakan rumus Lenvain

$$Rm = 2,21(Rain)m^{1,36}$$

Dimana:

- Rm = Erosivitas hujan rata-rata tahunan (Kj/Ha)
- Rain(m) = Curah hujan rata – rata bulanan (cm)

Faktor tanah (K) disebut indeks erodibilitas tanah. Nilai erodibilitas tanah didapatkan melalui analisis sampel tanah yang dibuat berdasar peta satuan lahan. Analisis meliputi penentuan nilai permeabilitas, kelas tekstur, struktur dan bahan organik. Perhitungan K dilakukan dengan rumus Weischmeier dan Smith (1978):

$$K = \frac{\{2,71M^{1,14} (10^{-4}) (12-OM) + 3,25 \times (s-2) + 2,5 (p-3)\}}{100}$$

Dimana:

K = erodibilitas tanah

M = (%debu + % pasir sangat halus) x (100 - % clay)

OM = persentase bahan organik (% C x 1,724)

s = kode struktur tanah

p = kelas permeabilitas tanah

Tipe dan struktur tanah ditentukan secara langsung di lapangan, selanjutnya diklasifikasikan sesuai dengan tabel di bawah ini:

Tabel 3.1. Kode struktur tanah

Kelas struktur tanah (ukuran diameter)	Kode
Granuler sangat halus (<1 mm)	1
Granuler halus (1-2 mm)	2
Granuler sedang sampai kasar (2-10 mm)	3
Blok, blocky, plat, masif	4

Sumber: Arsyad, 2000

Pengukuran permeabilitas tanah dilakukan di laboratorium selanjutnya diklasifikasikan sesuai dengan tabel dibawah ini:

Tabel 3.2. Kelas permeabilitas tanah

Kelas permeabilitas	Kecepatan (cm/jam)	Kode
Sangat Lambat	< 0.5	6
Lambat	0.5 – 2.0	5
Agak Lambat	2.0 – 6.3	4
Sedang	6.3 – 12.7	3
Agak cepat	12.7– 25.4	2
Cepat	>25.4	1

Sumber: Arsyad, 2000

Faktor lereng (L.S) yaitu indeks kemiringan dan panjang lereng. Penentuan kelas lereng menggunakan Analisis *Digital Elevation Model* (DEM). Selanjutnya untuk klasifikasi kelas lereng berdasarkan Departemen Kehutanan.

Nilai P yaitu pengolahan tanah dan konservasi tanah diperoleh dari hasil pengamatan yang diusahakan pada waktu pengamatan. Teknik konservasi tanah yaitu teknik yang digunakan untuk pemeliharaan. Berdasarkan pengamatan tersebut akan dilakukan penyesuaian untuk mendapatkan indeks penilaian dari data indeks pengelolaan tanaman dan teknik konservasi. Nilai faktor C untuk vegetasi kopi adalah 0,6 menurut data Puslittanak (1973-1981) dalam Arsyad (2010).

Tabel 3.3. Nilai faktor P Pada Berbagai Aktivitas Konservasi Tanah

<b>Teknik Konservasi Tanah</b>	<b>Nilai P</b>
Teknik bangku :	
a. Konstruksi baik	0,04
b. Konstruksi sedang	0,15
c. Konstruksi kurang baik	0,35
d. Teras tradisional	0,40
Strip tanaman rumput Bahia	0,40
Tanaman dalam kontur :	
a. Kemiringan 0 – 8 %	0,50
b. Kemiringan 9 – 20 %	0,75
c. Kemiringan > 20 %	0,90
Mulsa limbah jerami :	
a. 6 ton/ha/th	0,30
b. 3 ton/ha/th	0,50
c. 1 ton/ha/th	0,80
Tanaman perkebunan :	
a. Disertai penutup tanah rapat	0,10
b. Disertai penutup tanah sedang	0,50
Tanpa tindakan konservasi	1,00

Sumber : Asdak, 2004 dan Arsyad, 1989

Hasil perhitungan besarnya kehilangan tanah selanjutnya digunakan untuk menentukan Tingkat Bahaya Erosi yang terjadi di Kebun Malangsari menurut Klasifikasi Departemen Kehutanan (1998) yang tersaji pada tabel 3.4

Tabel 3.4. Tabel Tingkat bahaya erosi menurut Departemen Kehutanan (1998)

Solum Tanah (cm)	Kelas Bahaya Erosi				
	I	II	III	IV	V
	Erosi (ton/ha/tahun)				
	<15	15-60	60-180	180-480	>480
Dalam >90	SR	R	S	B	SB
Sedang 60-90	R	S	B	SB	SB
Dangkal 30-60	S	S	B	SB	SB
Sangat dangkal <30	B	B	SB	SB	SB

Sumber : Departemen Kehutanan (1998) dalam Utomo (1994)

#### b. Analisis Erosi menggunakan Sistem Informasi Geografis

Penelitian ini memanfaatkan teknologi sistem informasi geografi sebagai alat untuk mendapatkan data awal, memproses data, hingga menghasilkan output berupa peta. Data awal yang digunakan pada penelitian ini yaitu peta curah hujan, peta jenis tanah, peta lereng, peta kebun Malangsari sebagai tempat penelitian dan peta penggunaan lahan kebun.

##### 1. Peta Erosivitas (R)

Kebun Malangsari terletak di daerah cakupan 1 stasiun cuaca yaitu Stasiun Cuaca Pager Gunung yang terletak di Desa Kebunrejo. Setelah itu masukkan nilai erosivitas yang didapat dari hasil perhitungan data hujan berdasarkan rumus Lenvain lalu tambahkan nilai sebagai data atribut.

##### 2. Peta Erodibilitas (K)

Peta Erodibilitas didapatkan dari hasil interpolasi metode IDW (*Inverse Distance Weighted*) masing – masing parameter indeks erodibilitas yaitu permeabilitas, tekstur, struktur dan bahan organik sesuai dengan lokasi titik pengambilan sampel yang selanjutnya dianalisis menggunakan map calculator menggunakan rumus erodibilitas.

### 3. Peta Panjang dan Kemiringan Lereng (Nilai LS).

Peta kelerengan (LS) didapat melalui analisis DEM (*Digital Elevation Modelling*) dengan petadasar hasil citra satelit SRTM yang kemudian didapatkan peta kontur. Peta kontur kemudian dianalisis menggunakan 3D analyst dan spatial analyst melalui menu *surface*. Panjang lereng didapat dari analisis hidrologi yaitu *Flow direction* dan *Flow Accumulation* yang selanjutnya dilakukan perhitungan menurut rumus LS dengan raster calculator.

Rumus LS pada map calculator menurut Moore and Burch (1986) dan Mitasova *et al* dalam Benzer (2010).

$$LS = (flow\ accumulation * cell\ size / 22,13)^{0,6} (Sin(Slope*0,01745)/0,09)^{1,3}$$

LS = Faktor panjang dan kemiringan lereng

Flow accumulation = Akumulasi aliran

Cell size = Ukuran piksel

Slope = kemiringan lereng

### 4. Peta Faktor Pengelolaan Tanaman (Nilai C) dan Peta Faktor Konservasi (Nilai P)

Pembuatan peta penutupan lahan pada Kebun Malangsari berasal dari peta penggunaan lahan kebun yang kemudian dimasukkan nilai faktor pengelolaan tanaman (nilai c). Faktor pengelolaan tanaman dalam penelitian ini ditentukan berdasarkan Data Puslitanah ,1973-1981 dalam Arsyad, 2010 untuk tanaman kopi. Faktor tindakan konservasi disesuaikan dengan faktor P menurut Asdak (2004 dan Arsyad) 1989 Hasil nilai P untuk setiap penutupan lahan selanjutnya dimasukan ke peta penutupan lahan.

### 5. Peta Tingkat Bahaya Erosi

Peta Tingkat Bahaya Erosi didapat dari hasil overlay peta sebaran kehilangan tanah dan peta kedalaman tanah. Peta sebaran kehilangan tanah didapat dengan melakukan perhitungan menggunakan analisis *map calculator* menggunakan rumus USLE pada peta faktor R, K, LS, C dan P yang telah dirubah jenis filenya dari .shp menjadi grid.



## **BAB 5. PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan yaitu perkiraan besarnya erosi per-satuan luas pada masing-masing area memiliki nilai yang bervariasi, mulai 11 ton/ha/tahun sampai 4464,50 ton/ha/tahun. Tingkat Bahaya erosi di daerah Kebun Malangsari terdiri dari sangat ringan, ringan, sedang, tinggi hingga tinggi. Didominasi oleh TBE sangat tinggi dengan luas 1137,01 Ha. Daerah yang memiliki tingkat bahaya erosi tinggi hingga sangat tinggi terdapat didaerah yang didominasi tanaman kopi baik TTAD maupun TM yang memiliki jenis tanah Regosol Coklat Vulkan dengan kandungan debu tinggi, nilai permeabilitas lambat, kandungan bahan organik yang rendah dan nilai LS yang besar.

### **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan adalah dilakukan perbaikan teknik konservasi di Kebun untuk mengurangi resiko ancaman erosi yang terjadi hampir diseluruh kebun agar konservasi tanah dan air dapat terjaga.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Alwi, La Ode. Naik Sinukaban, Soleh Solahuddin, dan Hidayat Pawitan. 2011. Kajian dampak dinamika penggunaan lahan terhadap erosi dan kondisi hidrologi Das Wanggu. *Hidrolitan* 2(2); 74-86
- Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press
- Asdak, C. 2007. *Hidrologi dan Pengendalian Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press
- Bonilla, C.A., Reyes, J.L., Magri, Antoni. 2010. Water Erosion Prediction Using The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) In A Gis Framework, Central Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 70(1): 159-169
- Breiby, Todd. 2006. Assessment of Soil Erosion Risk with a Subwatershed using GIS and RUSLE with a Comparative Analysis of the use of STATSGO and SSURGO Soil Databases. Papers in Resource Analysis. Saint Mary's University of Minnesota Central Services Press
- Bruijnzeel, L.A dan Bonell, M. 2005. *Forests, water and people in the humid tropics: past, present, and future hydrological*. Cambridge: United Kingdom at the University Press
- Budiyanto, Eko. 2002. *Sistem Informasi Geografis Menggunakan ArcView GIS*. Yogyakarta: Andi
- Dariah, Ai, Yusrial, Mazwar. 2005. *Penetapan Konduktivitas Hidrolik Tanah dalam keadaan jenuh: Metode laboratorium: Sifat fisik tanah dan metode analisisnya*. Bogor: Pusat Penelitian dan Penelitian Tanah dan Agroklimat (Puslitbangtanak)
- Dewi, I Gusti Ayu Surya Utami, Ni Made Trigunasih, Tatiek Kusmawati. 2012. Prediksi erosi dan perencanaan konservasi tanah dan air pada daerah aliran sungai saba. *Agroekoteknologi Tropika* 1(1)
- Ferreira, V., T Panagopoulos, R. Andrade, C. Guerrero and L. Loures. 2015. Spatial Variability of Soil Properties and Soil Erodibility in the Alqueva Reservoir Watershed.
- Gonzales, Alejandra M. Rojas. 2008. *Soil Erosion Calculation Using Remote Sensing and GIS in Rio Grande De Arecibo Watershed, Puerto Rico*. Annual Conference, Portland Oregon

- Hardjowigeno, S. 1993. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Jakarta: Akademika Presindo
- Hardjowigeno, S dan S. Sukmana. 1995. *Menentukan Tingkat Bahaya Erosi*. Bogor: Centre for Soil and Agroclimate Research
- Harjadi, B. 2004. Penetapan Rumus Prediksi Erosi Sebagai Pendekatan Nilai Erosi Aktual Pada Lahan Kering Palawija di Banjarnegara. Sains Tanah. *Penelitian Ilmu Tanah dan Agroklimatologi* 3(1):1-5
- Harjadi, B. dan S. Agtriariny. 1997. Erodibilitas Lahan dan Toleransi Erosi Pada Berbagai Variasi Tekstur Tanah. *Buletin Pengelolaan DAS* 3(2): 19-28
- Harjadi, B. dan D.R. Inrawati. 1998. Tingkat Erodibilitas Lahan (K) dan Toleransi Erosi (T) Pada Lima Tipe Batuan di SUB DAS Keduang. *Buletin Teknologi Pengelolaan DAS*
- Harjadi, B. dan Farida 1996. Kaitan Perbedaan Kelas Lereng Lahan Terhadap Faktor Erodibilitas Tnaha dan Batas TOLeransi Erosi. *Buletin Pengelolaan DAS* 3(1)
- Lal, R. 2001. Soil Degradation by Erosion. *Land Degrad. Dev* 12: 519-539
- Miardini, A.B. Harjadi. 2011. Aplikasi Penginderaan Jauh dan SIG dalam Penilaian Potensi Erosi Permukaan Secara Kualitatif di Daerah Tangkapan Waduk Kedung Ombo. *Forum Geografi* 25 (2): 152-163
- Kartasapoetra, A.G. 1989. *Kerusakan Tanah Pertanian*. Jakarta: Bina Aksara
- Prahasta E. 2001. *Konsep – Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Bandung: Penerbit Informastika Bandung
- As-syakur, Abdul Rahman. 2008. Prediksi Erosi Dengan Menggunakan Metode USLE dan Sistem Informasi Geografis (SIG) Berbasis Piksel di Daerah Tangkapan Air Danau Buyan. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH). Universitas Udayana
- Rahim, Efendi. 2003. *Pengendalian Erosi Tanah Dalam Rangka Pelestarian Lingkungan Hidup*. Jakarta: Bumi Aksara
- Santoso, A.A., Nugraha, A.L., Wijaya, A.P. 2014. Analisis Ancaman Bencana Erosi Pada Kawasan DAS Beringin Kota Semarang Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Geodesi UNDIP* ISSN:2337-845X 3(4): 60-68

- Triwilaida. 1997. Pengaruh Konservasi Tanah Pada Hutan Jati Terhadap Tanah Sedimentasi dan Aliran Permukaan (Tahun 1995-1997). ABSTRAK, Hasil Penelitian Balai Teknologi Pengelolaan DAS Surakarta. Surakarta.
- Triwilaida, 2000. Efektivitas Berbagai Jenis Tanaman Kayu-Kayuan Dalam Pengendalian Erosi Di DTW Wonogiri: Suatu Analisis. Buletin Teknologi Pengelolaan DAS 4 (1) : 32-46.
- Tufaila, M., Jufri Karim, Syamsu Alam. 2012. Analisis Spasial Tingkat Bahaya Erosi Di Daerah Aliran Sungai (DAS) Moramo dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Agroteknos ISSN 2097-7706 2(3):134-142
- Yang, D. Kanae , S. Oki T. Koikel T., Musiake, T. 2003. Global Potential Soil Erosion with reference to land use and climate change, Hydrol. Process., 17:2913-2928.
- Yusof KW, Baban Serwan MK. 1999. A Preliminary Attempt to Develop An Erosion Risk Map For Langawi Island, Malaysia using the USLE, Remote sensing and Geographical Information System. Paper presented at ACRS, GIS Development, Kuala Lumpur.
- Zhao, G., Mu, X., Wen Z., Wang F., and Gao, P. 2013. Soil erosion, conservation, and eco-environment changes in the loess plateau of China, land Degrad. Dev 24: 499-510

Lampiran

1



Tabel curah hujan Bulanan Kebun Malangsari tahun 2003 – 2013

No	Tahun	Total curah hujan bulanan (mm)												Total
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agst	Sept	Okt	Nov	Des	
1	2003	439	510	324	276	300	0	27	0	89	91	509	213	2778
2	2004	246	577	452	329	126	242	115	239	0	0	205	327	2858
3	2005	390	327	109	217	233	88	29	434	55	82	592	442	2998
4	2006	340	524	87	85	181	43	83	12	92	67	89	363	1966
5	2007	246	477	492	329	126	142	115	239	0	0	205	327	2698
6	2008	150	330	345	157	154	58	29	53	10	94	337	283	2000
7	2009	283	429	303	270	158	22	83	18	51	65	141	193	2016
8	2010	319	480	325	341	359	162	245	140	82	30	241	261	2985
9	2011	230	180	250	234	230	241	148	13	115	12	518	396	2567
10	2012	305	301	334	58	56	135	378	3	41	50	68	443	2172
11	2013	410	146	364	294	265	167	230	234	24	22	523	414	3093
Jumlah		4811	5760	4868	3547	2426	1860	1629	1398	786	1636	4271	4510	37502
Rerata		253,2	303,2	256,2	186,7	127,7	97,9	85,7	73,6	41,4	86,1	224,8	237,4	2557,36



## Lampiran 2

Tabel Jumlah hari hujan Kebun Malang Sari 2003 – 2013

No	Jumlah hari hujan per bulan													
	tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sept	Okt	Nov	Des	Total
1	2003	24	21	11	13	11	0	3	0	5	7	14	11	120
2	2004	6	13	28	15	10	20	16	17	0	0	6	15	146
3	2005	16	16	12	7	15	6	6	13	9	11	21	22	154
4	2006	13	21	9	7	13	5	3	3	10	2	4	11	101
5	2007	6	13	28	15	10	20	16	17	0	0	6	15	146
6	2008	9	16	22	9	11	6	2	9	2	13	19	12	130
7	2009	17	17	16	11	13	3	5	2	9	6	9	12	120
8	2010	21	19	13	19	24	15	16	13	18	15	15	15	203
9	2011	16	14	19	19	11	5	2	2	3	10	15	23	139
10	2012	18	16	19	5	8	1	7	2	2	1	4	24	107
11	2013	29	10	18	8	7	7	18	13	6	3	18	18	155
Jumlah	240	231	245	259	173	145	108	112	95	81	109	179	235	1972
Rerata	12,63	15,40	16,33	17,27	11,53	9,67	7,20	7,47	6,33	5,40	7,27	11,93	15,67	138



## Lampiran 3

## Hasil Analisis Tekstur

NO	Pasir	Debu	Liat	F. Debu	F. Liat	F.Total	% P	% D	% L	Total %
1	1,7933	0,1618	0,1207	2,0550	6,0350	9,8833	18,14	20,79	61,06	100,000
2	1,4745	0,1726	0,1238	2,4400	6,1900	10,1045	14,59	24,15	61,26	100,000
3	1,5913	0,1647	0,1233	2,0700	6,1650	9,8263	16,19	21,07	62,74	100,000
4	2,4250	0,1440	0,1046	1,9700	5,2300	9,6250	25,19	20,47	54,34	100,000
5	2,4546	0,1494	0,0793	3,5050	3,9650	9,9246	24,73	35,32	39,95	100,000
6	2,3139	0,1429	0,0744	3,4250	3,7200	9,4589	24,46	36,21	39,33	100,000
7	1,5198	0,1707	0,0969	3,6900	4,8450	10,0548	15,12	36,70	48,19	100,000
8	1,9607	0,1610	0,1189	2,1050	5,9450	10,0107	19,59	21,03	59,39	100,000
9	1,0510	0,1785	0,1297	2,4400	6,4850	9,9760	10,54	24,46	65,01	100,000
10	1,6319	0,1744	0,0332	7,0600	1,6600	10,3519	15,76	68,20	16,04	100,000
11	2,5929	0,1543	0,0302	6,2050	1,5100	10,3079	25,15	60,20	14,65	100,000
12	1,6204	0,1794	0,0254	7,7000	1,2700	10,5904	15,30	72,71	11,99	100,000
13	1,4123	0,1677	0,0247	7,1500	1,2350	9,7973	14,42	72,98	12,61	100,000
14	2,4864	0,1494	0,0205	6,4450	1,0250	9,9564	24,97	64,73	10,29	100,000

15	1,4294	0,1800	0,0219	7,9050	1,0950	10,4294	13,71	75,80	10,50	100,000
16	1,4977	0,1810	0,0238	7,8600	1,1900	10,5477	14,20	74,52	11,28	100,000



## Lampiran 4

## Hasil Analisis konduktivitas Hidroulik (Permeabilitas)

<b>Kode SL</b>	<b>t (detik)</b>	<b>V (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>l (t.rg cm)</b>	<b>F (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Dh (cm)</b>	<b>Ks (cm/det)</b>		<b>Ks (cm/Jam)</b>	<b>Nilai Indeks</b>
1	60	14,21	5	19,625	21,5	0,0028	60	0,1684	6
2	60	8,64	5	19,625	16,9	0,0022	60	0,1303	6
3	60	12,25	5	19,625	22	0,0024	60	0,1419	6
4	60	137,79	5	19,625	19,5	0,0300	60	1,8003	5
5	60	55,22	5	19,625	14,5	0,0162	60	0,9703	5
6	60	55,31	5	19,625	20,5	0,0115	60	0,6874	5
7	60	202,44	5	19,625	14,5	0,0593	60	3,5570	4
8	60	42,09	5	19,625	21	0,0085	60	0,5106	5
9	60	76,57	5	19,625	16,5	0,0197	60	1,1823	5
10	60	76,7	5	19,625	16,5	0,0197	60	1,1843	5
11	60	66,5	5	19,625	14,5	0,0195	60	1,1685	5
12	60	61,5	5	19,625	13,5	0,0193	60	1,1607	5
13	60	66,22	5	19,625	14,5	0,0194	60	1,1635	5
14	60	78,91	5	19,625	19	0,0176	60	1,0581	5

15	60	21,31	5	19,625	19,5	0,0046	60	0,2784	6
16	60	19,67	5	19,625	22,7	0,0037	60	0,2208	6



## Lampiran 5

Tabel Analisis C organik

No.	C-Organik (Abs)	ml/g	ppm Kurva	fk	fp	ppm	% c organik	OM
1	0,07	200	54,50	1,00	1,00	10933,78	1,09	1,88
2	0,07	200	52,83	1,00	1,00	10614,15	1,06	1,83
3	0,17	200	139,50	1,00	1,00	27988,97	2,80	4,83
4	0,05	200	38,67	1,00	1,00	7765,76	0,78	1,34
5	0,07	200	53,67	1,00	1,00	10773,01	1,08	1,86
6	0,08	200	59,50	1,00	1,00	11941,86	1,19	2,06
7	0,07	200	55,33	1,00	1,00	11103,71	1,11	1,91
8	0,11	200	82,00	1,00	1,00	16454,47	1,65	2,84
9	0,06	200	42,83	1,00	1,00	8593,49	0,86	1,48
10	0,11	200	87,83	1,00	1,00	17610,74	1,76	3,04
11	0,11	200	88,67	1,00	1,00	17788,03	1,78	3,07
12	0,09	200	65,33	1,00	1,00	13104,44	1,31	2,26
13	0,07	200	54,50	1,00	1,00	10937,86	1,09	1,89
14	0,03	200	22,83	1,00	1,00	4585,72	0,46	0,79

<b>15</b>	0,08	200	59,50	1,00	1,00	11946,51	1,19	2,06
<b>16</b>	0,10	200	77,83	1,00	1,00	15613,69	1,56	2,69



## Lampiran 6

Tabel nilai eodibilitas tiap – tiap satuan lahan

Kode SL	% P	% D	% L	M	% c organik	OM	kode struktur	Permeabilitas	K
1	5,44	20,79	61,06	1021,40	1,884983	1,88	3	6	0,18
2	4,38	24,15	61,26	1105,25	1,82988	1,83	3	6	0,19
3	4,86	21,07	62,74	966,15	4,825299	4,83	3	6	0,16
4	7,56	20,47	54,34	1279,85	1,338817	1,34	3	5	0,18
5	7,42	35,32	39,95	2566,54	1,857266	1,86	3	5	0,29
6	7,34	36,21	39,33	2642,18	2,058777	2,06	3	5	0,30
7	4,53	36,7	48,19	2136,13	1,91428	1,91	3	4	0,23
8	5,88	21,03	59,39	1092,82	2,836751	2,84	3	5	0,15
9	3,16	24,46	65,01	966,42	1,481517	1,48	3	5	0,15
10	4,73	68,2	16,04	6123,20	3,036091	3,04	2	5	0,55
11	7,55	60,2	14,65	5782,46	3,066656	3,07	2	5	0,52
12	4,59	72,71	11,99	6803,17	2,259205	2,26	2	5	0,67
13	4,32	72,98	12,61	6755,25	1,885687	1,89	2	5	0,69
14	7,49	64,73	10,29	6478,86	0,790578	0,79	2	5	0,72

15	4,11	75,8	10,5	7151,95	2,059578	2,06	2	6	0,74
16	4,26	74,52	11,28	6989,36	2,6918	2,69	2	6	0,68





Lampiran 7

Foto – foto Penelitian

