



**PERKIRAAN TINGKAT BAHAYA EROSI MENGGUNAKAN
UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION (USLE) DAN *GIS*
DI WILAYAH UPT PSDA LUMAJANG**

SKRIPSI

Oleh:

**Hariyadi
NIM 111710201015**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**PERKIRAAN TINGKAT BAHAYA EROSI MENGGUNAKAN
UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION (USLE) DAN *GIS*
DI WILAYAH UPT PSDA LUMAJANG**

SKRIPSI

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

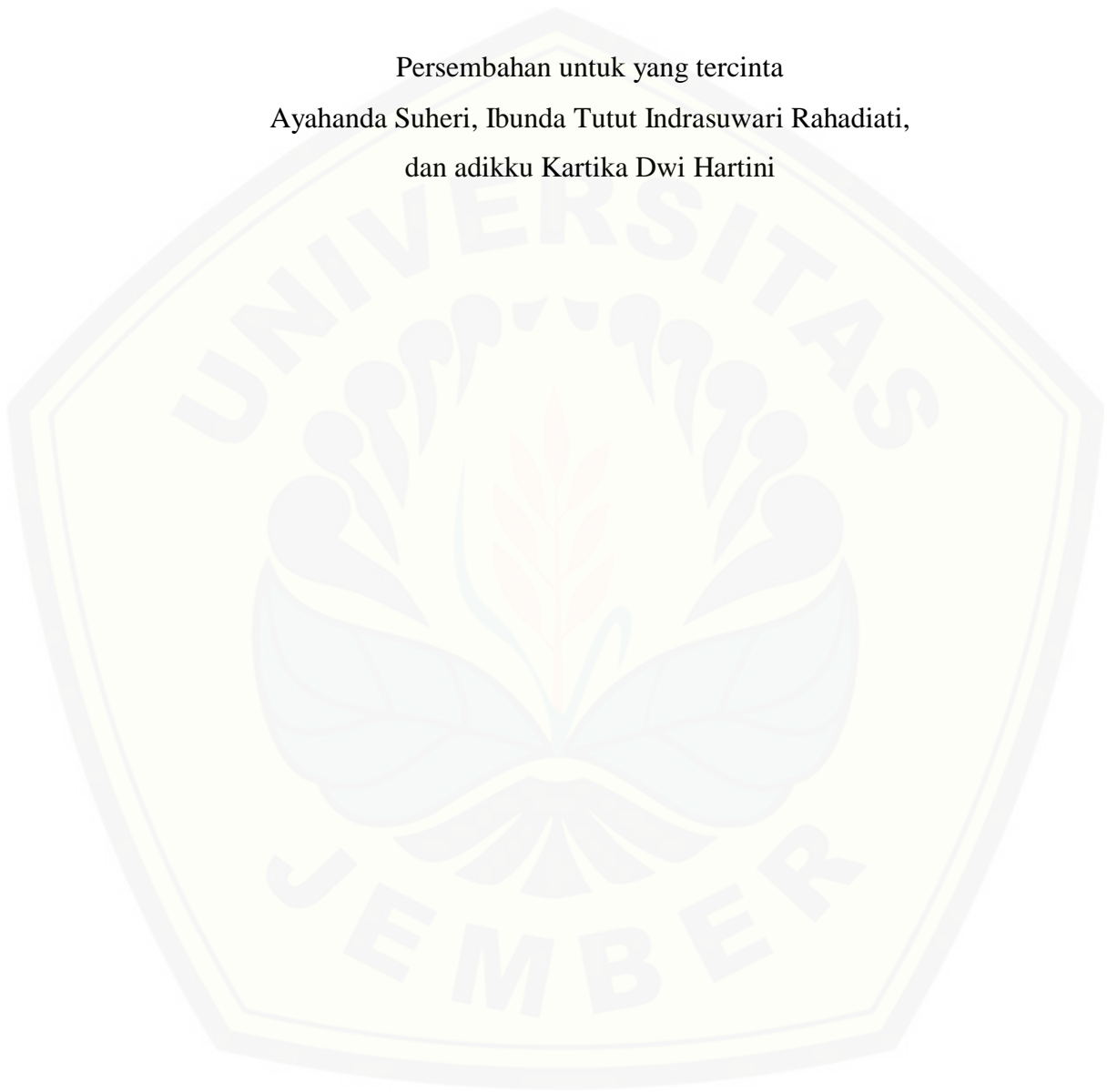
Oleh:

Hariyadi
NIM 111710201015

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Persembahan untuk yang tercinta
Ayahanda Suheri, Ibunda Tutut Indrasuwari Rahadiati,
dan adikku Kartika Dwi Hartini



MOTTO

“Never give up on what you really want to do. The person with big dreams is more powerful than the one with all the facts.”

(Albert Einstein)

“Try not to become a man of success, but rather try to become a man of value.”

(Albert Einstein)

“Kegagalan dapat dibagi menjadi dua sebab, yaitu orang yang berpikir tetapi tidak pernah bertindak, dan orang yang bertindak tetapi tidak pernah berpikir.”

(W. A. Nance)

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

nama : Hariyadi

NIM : 11710201015

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Perkiraan Tingkat Bahaya Erosi Menggunakan *Universal Soil Loss Equation* (USLE) dan *GIS* di Wilayah UPT PSDA Lumajang” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali dalam kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isi skripsi ini sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun.

Jember, 27 Mei 2016

Yang menyatakan,

Hariyadi
NIM 11710201015

SKRIPSI

**PERKIRAAN TINGKAT BAHAYA EROSI MENGGUNAKAN
UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION (USLE) DAN *GIS*
DI WILAYAH UPT PSDA LUMAJANG**

Oleh:

**Hariyadi
NIM 111710201015**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Dr. Indarto, S. TP., DEA.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Hamid Ahmad

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Perkiraan Tingkat Bahaya Erosi Menggunakan *Universal Soil Loss Equation* (USLE) dan *GIS* di Wilayah UPT PSDA Lumajang” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada:

hari, tanggal : 27 Mei 2016

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Prof. Dr. Indarto, S. TP., DEA.

NIP. 197001011995121001

Ir. Hamid Ahmad

NIP. 195502271984031002

Ketua Penguji

Anggota Penguji

Dr. Sri Wahyuningsih S.P.,M.T.

NIP. 197211301999032001

Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, MP.

NIP. 196111101988021001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

Dr. Yuli Witono, S.TP., M.P.

NIP. 19691212199821001

SUMMARY

Estimation of Soil Loss Erosion Rate Using Universal Soil Loss Equation (USLE) and GIS at administrative area of UPT PSDA Lumajang; Hariyadi, 111710201015; 2016: 77 pages; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, University of Jember.

The objectives of this research is to estimate and to classify soil erosion rate. Research was conducted at administrative area of UPT PSDA Lumajang. Two watersheds i.e.: Mayang (247 km²), and Wonorejo (178,6 km²) were used for this study. The input data for this research consist of digital maps of : rainfall data, soil type, land use, and ASTER GDEM2. Then, soil erosion map was predicted by means of USLE on the top of GIS Software. The research procedure include: (1) data inventory, (2) rainfall data processing, (3) calculate the soil erosion factors and re-class layers: R, K, CP, and LS, (4) calculate soil erosion rate $A = R \times K \times CP \times LS$. Furthermore, the soil erosion rate are classified. Were A is the erosion rate in tons/year, R is the value of rainfall erosivity in MJ.cm/year, K is value of soil erodibility factors in ton/MJ.mm, CP is an index of crop management and conservation factors and LS is value of length and slope factors. R factor was determined by the selection, calculation and interpolation of point's rainfall data around the watersheds. K factors was interpreted from available soil layers, and LS factor was derived from ASTER GDEM2. Finally, CP factors were interpreted from existing soil and land use maps. The results show that soil erosion rate in the two watersheds areas are dominated by very low class of erosion rate. The average soil erosion rate predicted at Mayang Watershed is 18.5 tons/ha/year or 1,5 mm/year, and at Wonorejo Watershed is 13.1 tons/ha/year or 1.1 mm/year.

Key Word: USLE, GIS, Soil erosion rate, Watershed.

RINGKASAN

Perkiraan Tingkat Bahaya Erosi Menggunakan *Universal Soil Loss Equation* (USLE) dan GIS Di Wilayah UPT PSDA Lumajang; Hariyadi, 111710201015; 2016: 77 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung dan mengklasifikasikan tingkat bahaya erosi (TBE) di wilayah administratif UPT PSDA Lumajang. Dua DAS, yaitu: DAS Mayang (247 km²), dan DAS Wonorejo (178,6 km²) digunakan untuk perhitungan tingkat bahaya erosi.

Input data untuk penelitian adalah peta digital, terdiri dari: layer data hujan, layer jenis tanah, peruntukan lahan dan data DEM (*Digital Elevation Model*) yang berasal dari ASTER GDEM2. Selanjutnya, tingkat bahaya erosi dihitung menggunakan persamaan USLE di atas platform GIS. Tahap penelitian terdiri dari : (1) inventarisasi data, (2) pengolahan data hujan dan pembuatan layer hujan, (3) perhitungan faktor erosi (R, K, CP, dan LS), (4) perhitungan tingkat bahaya erosi ($TBE = R \times K \times CP \times LS$). Selanjutnya, hasil perhitungan TBE di klasifikasi dan diinterpretasikan dengan literatur yang ada. Dimana TBE adalah tingkat bahaya erosi dalam ton/tahun, R = nilai faktor erosivitas hujan dalam MJ.cm/tahun), K = nilai faktor erodibilitas tanah (ton/MJ.mm), CP = nilai indek yang dihasilkan dari interpretasi peta peruntukan lahan dan faktor konservasi dan faktor LS adalah nilai faktor kemiringan lereng yang diturunkan dari ASTER GDEM2.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat bahaya erosi pada 2 DAS tersebut didominasi oleh kelas sangat rendah. Prediksi rata-rata laju erosi dari DAS Mayang = 18,5 ton/ha/tahun atau 1,5 mm/tahun, dan DAS Wonorejo = 13,1 ton/ha/tahun atau 1,1 mm/tahun.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perkiraan Tingkat Bahaya Erosi Menggunakan *Universal Soil Loss Equation* (USLE) Dan *GIS* Di Wilayah UPT PSDA Lumajang”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Indarto, S. TP., DEA., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian serta kesabaran dalam memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
2. Bapak Ir. Hamid Ahmad selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah banyak memberikan materi serta perbaikan dalam penyusunan skripsi ini;
3. Dr. Sri Wahyuningsih S.P.,M.T. dan Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, MP. selaku tim penguji yang telah memberikan kritik, saran, serta bimbingan yang membangun dalam perbaikan penulisan skripsi ini;
4. Dr. Yuli Witono, S.TP., M.P., selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
5. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
6. Ir. Muhardjo Pudjojono, selaku Komisi Bimbingan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
7. Ayahanda Suheri, Ibunda Tutut Indrasuwari Rahadiati, dan Adikku Kartika Dwi Hartini terima kasih atas doa dan nasehat serta motivasi yang tak pernah henti;
8. Untuk Yulia Margiati, SE., yang telah memberikan semangat dan meluangkan waktunya demi terselesaikannya skripsi ini.

9. Seluruh keluarga besar UKM-O SAHARA yang telah memberikan pengalaman dan persahabatan yang tidak akan pernah terlupakan;
10. Seluruh teman seperjuangan TEP angkatan 2011, persahabatan kita tidak akan berhenti disini;
11. Rekan kerja Fauqi, Ugis, Rusdani, Ade, Tanjung dan Agung yang telah membantu memecahkan setiap masalah dalam penyusunan skripsi ini;
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu baik tenaga maupun pikiran dalam penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, baik dari keterbatasan ilmu yang dimiliki maupun faktor kesalahan penulis, untuk itu penulis menerima kritik dan saran yang dapat membangun demi perbaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca yang ingin mengetahui tingkat bahaya erosi di wilayah UPT PSDA Lumajang serta berguna dalam peningkatan ilmu pengetahuan khususnya pada Jurusan Teknik Pertanian.

Jember, Mei 2016

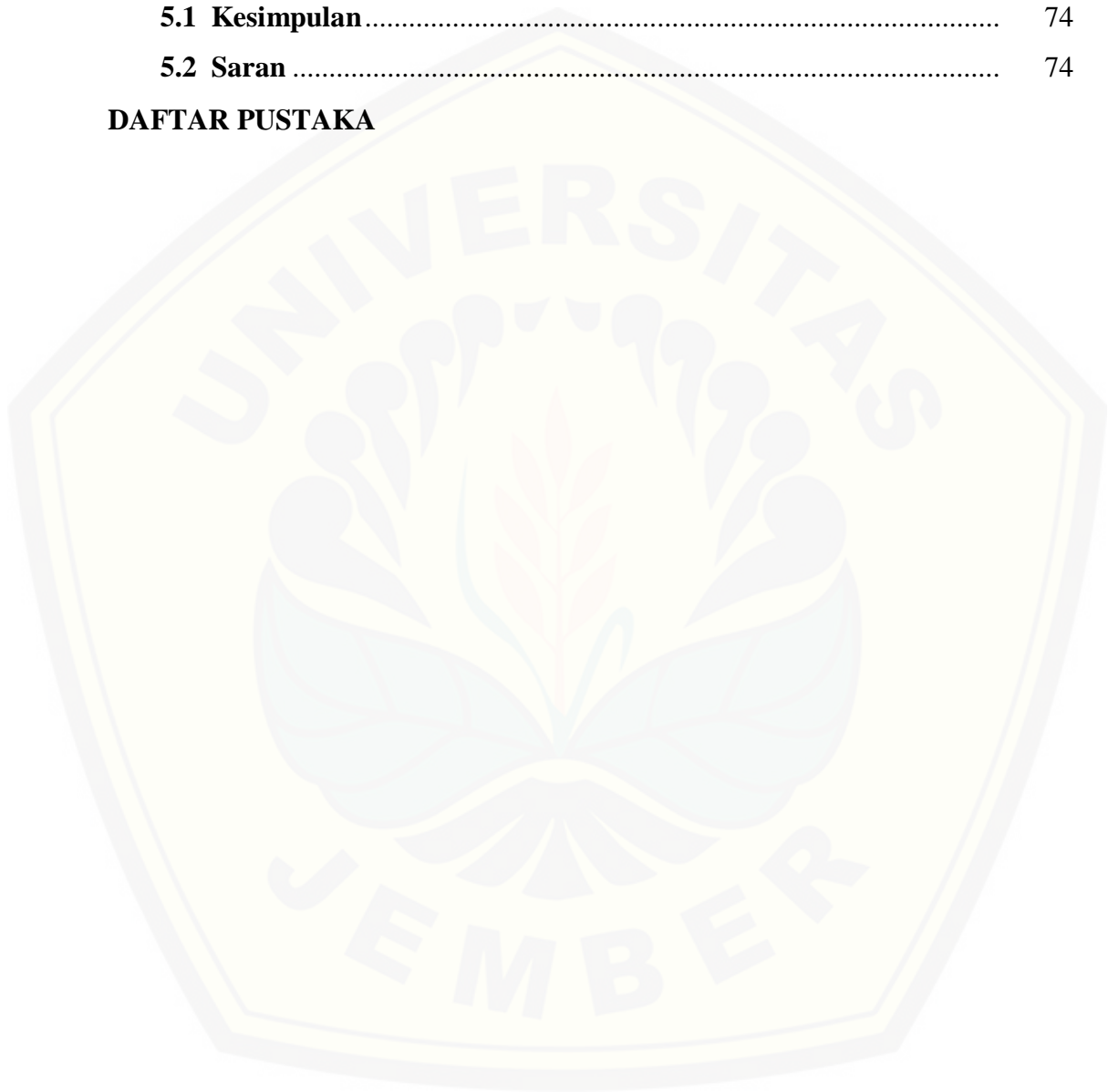
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
SUMMARY	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 DAS (Daerah Aliran Sungai)	4
2.2 Erosi	4
2.2.1 Proses Terjadinya Erosi	5
2.2.2 Batas Maksimum Laju Erosi.....	8
2.3 Metode USLE (<i>Universal Soil Loss Equation</i>)	9
2.3.1 Faktor Erosivitas Hujan (R).....	10
2.3.2 Faktor Erodibilitas Tanah (K).....	11
2.3.3 Faktor Panjang Kemiringan Lereng (LS)	12
2.3.4 Faktor Pengelolaan Tanaman (C)	12
2.3.5 Faktor Pengelolaan dan Konservasi Tanah (P).....	12

2.3.5 Kelebihan dan Kekurangan Metode USLE.....	13
2.4 Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi.....	15
2.5 Sistem Informasi Geografis (SIG).....	16
2.5.1 Metode Satuan Lahan (<i>Land Unit</i>).....	16
2.5.2 Metode <i>Grid</i>	16
2.5.3 ArcGIS.....	17
2.6 Penelitian Terdahulu.....	18
BAB 3. METODOLOGI DAN PELAKSANAAN KEGIATAN.....	21
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	21
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	22
3.2.1 Alat.....	22
3.2.1 Bahan.....	23
3.3 Prosedur Penelitian.....	24
3.3.1 Inventarisasi Data.....	25
3.3.2 Pengolahan Data Curah Hujan.....	25
3.3.3 Input Layer GIS (Data Obyek) dan Data Atribut.....	25
3.3.4 Pengolahan Layer GIS.....	26
3.3.5 Penggabungan Layer GIS.....	26
3.3.6 Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi.....	26
3.4 Perhitungan Besar Erosi.....	27
3.4.1 Faktor Erosivitas Hujan (R).....	27
3.4.2 Faktor Erodibilitas Tanah (K).....	27
3.4.3 Faktor Panjang Lereng (L) dan Kemiringan Lereng (S).....	27
3.4.4 Faktor Vegetasi Penutup Tanah, Pengelolaan Tanaman (C) dan Tindakan Konservasi Tanah (P).....	27
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Hasil Data.....	28
4.1.1 Gambaran Wilayah Penelitian.....	28
4.1.2 Faktor Erosivitas Hujan (R).....	31
4.1.3 Faktor Erodibilitas Tanah (K).....	36
4.1.4 Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS).....	43

4.1.5 Faktor Vegetasi Penutup Tanah dan Pengelolaan Tanaman (C) dan Tindakan Konservasi Tanah (P).....	56
4.2 Analisis Tingkat Bahaya Erosi.....	64
BAB 5. PENUTUP	74
5.1 Kesimpulan.....	74
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Batas Maksimum Laju Erosi yang Dapat Diterima untuk Berbagai Macam Kondisi Tanah	9
2.2 Nilai K Berdasarkan Jenis Tanah	11
2.3 Nilai Pengelolaan Tanaman dan Pengelolaan dan Konservasi Tanah (CP)	13
2.4 Kelas Tingkat Bahaya Erosi	15
2.5 Ringkasan Penelitian Terdahulu.....	20
4.1 Sebaran Stasiun Hujan pada DAS Mayang dan DAS Wonorejo	29
4.2 Nilai Erosivitas Hujan pada DAS Mayang dan DAS Wonorejo.....	32
4.3 Nilai Erodibilitas Tanah DAS Mayang	36
4.4 Nilai Erodibilitas Tanah DAS Wonorejo	37
4.5 Klasifikasi Lereng di DAS Mayang	44
4.6 Klasifikasi Lereng di DAS Wonorejo	45
4.7 Klasifikasi Faktor LS di DAS Mayang	48
4.8 Klasifikasi Faktor LS di DAS Wonorejo	49
4.9 Tata Guna Lahan DAS Mayang	57
4.10 Tata Guna Lahan DAS Wonorejo	58
4.11 Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi DAS Mayang.....	65
4.12 Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi DAS Wonorejo.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Erosi Percik	6
2.2 Erosi Lembar	6
2.3 Erosi Alur	7
2.4 Erosi Parit	7
2.5 Erosi Tebing Sungai	8
2.6 Skema Persamaan USLE.....	10
3.1 <i>Layout</i> Peta Lokasi Penelitian di DAS Mayang.....	21
3.2 <i>Layout</i> Peta Lokasi Penelitian di Wonorejo	22
3.3 Diagram Alir Penelitian	24
4.1 Peta Wilayah Penelitian	30
4.2 Peta Erosivitas Hujan DAS Mayang	34
4.3 Peta Erosivitas Hujan DAS Wonorejo	35
4.4 Peta Jenis Tanah DAS Mayang.....	38
4.5 Peta Jenis Tanah DAS Wonorejo	39
4.6 Peta Erodibilitas DAS Mayang	41
4.7 Peta Erodibilitas Tanah DAS Wonorejo	42
4.8 Peta Kemiringan Lereng DAS Mayang	46
4.9 Peta Kemiringan Lereng DAS Wonorejo.....	47
4.10 DEM (<i>Digital Elevation Model</i>) DAS Mayang	50
4.11 DEM (<i>Digital Elevation Model</i>) DAS Wonorejo	51
4.12 <i>Flow Accumulation</i> DAS Mayang	52
4.13 <i>Flow Accumulation</i> UPT DAS Wonorejo.....	53
4.14 Peta Faktor LS (<i>Leght Slope</i>) DAS Mayang	54
4.15 Peta Faktor LS (<i>Leght Slope</i>) DAS Wonorejo	55
4.16 Peta Tata Guna Lahan DAS Mayang	59
4.17 Peta Tata Guna Lahan DAS Wonorejo	60
4.18 Peta Faktor CP DAS Mayang.....	62
4.19 Peta Faktor DAS Wonorejo.....	63

4.20	Peta Erosi DAS Mayang	68
4.21	Peta Erosi DAS Wonorejo.....	69
4.22	Peta Tingkat Bahaya Erosi DAS Mayang	71
4.23	Peta Tingkat Bahaya Erosi DAS Wonorejo	72



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Erosi merupakan proses terangkutnya lapisan tanah atau sedimen karena tekanan yang ditimbulkan oleh gerakan angin atau air pada permukaan tanah atau dasar perairan. Kerusakan yang ditimbulkan karena erosi terjadi di dua tempat, yang pertama pada tanah tempat erosi yang terjadi, dan yang kedua pada tempat tujuan akhir tanah yang terangkut. (Arsyad, 1989:3). Terjadinya erosi dipengaruhi oleh dukungan sumber daya lahan dan lingkungan. Berbagai fenomena alam yang terjadi di Indonesia akhir-akhir ini, terutama banjir dan kekeringan mengindikasikan bahwa kemampuan atau daya dukung sumber daya lahan dan lingkungan semakin rendah.

Daya dukung sumber daya lahan dan lingkungan yang semakin rendah menyebabkan terjadinya lahan kritis. Lahan kritis terjadi akibat adanya pembukaan lahan hutan atau lahan yang masih bervegetasi, hal ini menyebabkan menurunnya kualitas tanah dan produktivitasnya. Apabila pembukaan lahan tidak dilaksanakan secara baik dan melupakan pelestarian sumber daya lahannya, maka lambat laun lahan tersebut akan menjadi kritis, sehingga menyebabkan lahan kritis bertambah luas. Kejadian ini ditunjukkan dengan peningkatan angka lahan kritis di beberapa daerah, khususnya di wilayah yang mempunyai intensitas curah hujan tinggi dan kondisi topografi yang bervariasi. Berdasarkan data Dinas Kehutanan Jawa Timur tahun 2011 terdapat lahan kritis seluas 836.459,52 ha atau sekitar 18 % luas wilayah Jawa Timur. Secara administratif wilayah UPT PSDA Lumajang terdiri atas Kabupaten Jember dan Kabupaten Lumajang. Wilayah Kabupaten Lumajang pada tahun 2011 terdapat lahan kritis seluas 25.045 ha dan 59.331 ha di wilayah Kabupaten Jember.

Kondisi di atas menunjukkan bahwa pada wilayah penelitian berpotensi terjadi erosi, maka diperlukan suatu pemodelan tingkat bahaya erosi sebagai langkah preventif untuk mengurangi pengaruh negatif dari erosi yang mungkin terjadi. Prediksi erosi dapat dilakukan dengan menggunakan sebuah model

prediksi erosi, salah satunya adalah model *Universal Soil Loss Equation* (USLE). Menurut Arsyad (1989:248) USLE dirancang untuk memprediksi erosi jangka panjang dari erosi lembar di bawah kondisi laju rata-rata erosi suatu tanah tertentu pada suatu kecuraman lereng dengan pola hujan tertentu untuk setiap macam pertanaman dan tindakan pengelolaan yang mungkin dilakukan atau yang sedang dipergunakan. Persamaan tersebut juga dapat digunakan untuk memprediksi erosi pada lahan-lahan non-pertanian, tetapi tidak dapat digunakan untuk memprediksi pengendapan dan memperhitungkan sedimen dari erosi parit, erosi tebing sungai, erosi dasar sungai dan erosi alur.

Alasan utama penggunaan model USLE adalah karena model ini relatif sederhana dan input parameter model yang diperlukan mudah diperoleh. Selain itu pada tingkat lapangan (*field scale*), USLE sangat berguna untuk merumuskan rekomendasi atau perencanaan yang berkaitan dengan bidang agronomi, karena dapat digunakan sebagai dasar untuk pemilihan *land use* dan tindakan konservasi tanah yang ditujukan untuk menurunkan *on-site effect* dari erosi. Model ini juga cukup mempunyai kemampuan untuk mengikuti perubahan tata guna lahan dan tindakan konservasi, karena berbagai percobaan untuk mendapatkan nilai faktor pengelolaan tanaaman dan konservasi lahan (CP) telah banyak dilakukan di Indonesia sehingga model ini dapat diaplikasikan dalam kondisi yang relatif sesuai. Hal ini menunjukkan metode USLE dapat digunakan dalam pemodelan tingkat bahaya erosi di wilayah UPT PSDA Lumajang sebagai acuan dalam melakukan tindakan konservasi lahan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan baik tentang adanya lahan kritis yang dapat mengakibatkan erosi, maupun tentang ketidaktersediaan informasi mengenai besar laju erosi dan peta tingkat bahaya erosi pada wilayah penelitian, maka perlu dilakukan penelitian untuk memberikan informasi sebagai bahan pertimbangan dalam sebuah tindakan konservasi.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan model dan metode yang digunakan maka penelitian ini mempunyai batasan masalah yaitu:

1. Wilayah yang dianalisis dilakukan pada DAS Mayang dan DAS Wonorejo untuk mempertajam analisis
2. Output penelitian yang dihasilkan berupa kaslifikasi tingkat bahaya erosi dan *layout* peta tingkat bahaya erosi.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menghitung besarnya erosi dan mengklasifikasikan tingkat bahaya erosi yang terjadi di DAS Mayang dan DAS Wonorejo.
2. Membuat peta tingkat bahaya erosi di DAS Mayang dan DAS Wonorejo.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Sebagai tambahan wawasan dan pengetahuan serta pengimplementasian ilmu yang diperoleh selama perkuliahan, terutama ilmu mengenai sistem informasi geografis.
2. Dapat digunakan sebagai arahan, tambahan referensi, dan sebagai perbandingan untuk keperluan studi dan penelitian selanjutnya mengenai permasalahan yang sejenis.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 DAS (Daerah Aliran Sungai)

Daerah aliran sungai adalah sebuah kawasan yang dibatasi oleh pemisah topografi, yang menampung, menyimpan dan mengalirkan curah hujan yang jatuh dari atas ke sungai utama yang bermuara ke danau atau ke lautan. Pemisah topografi umumnya adalah bukit, akan tetapi di bawah tanah biasanya juga terdapat pemisah berupa batuan (Arsyad, 1989:46). Sebuah DAS juga dapat diartikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi baik oleh batas alam seperti punggung bukit atau gunung, maupun oleh batas buatan seperti jalan atau tanggul. Konsep DAS merupakan dasar dari semua perencanaan hidrologi dimana DAS yang besar pada dasarnya tersusun dari DAS-DAS yang kecil, dan DAS yang kecil ini juga tersusun dari DAS-DAS yang lebih kecil (Suripin, 2004:183).

Daerah aliran sungai umumnya dibagi menjadi daerah hulu, tengah dan hilir. Daerah hulu DAS memiliki ciri-ciri seperti: merupakan daerah konservasi, mempunyai kerapatan drainase lebih tinggi, merupakan daerah kemiringan lebih besar (lebih besar dari 15%), bukan merupakan daerah banjir, pengaturan pemakaian air ditetapkan oleh pola drainase dan jenis vegetasi umumnya merupakan tegakan hutan. Berbeda ciri dengan daerah hilir DAS yang merupakan daerah pemanfaatan, kerapatan drainase lebih kecil, merupakan daerah dengan kemiringan kecil sampai dengan sangat kecil (kurang dari 8%), pada beberapa tempat merupakan daerah banjir dan jenis vegetasi didominasi tanaman pertanian. Daerah aliran sungai bagian tengah merupakan daerah transisi dari kedua karakteristik DAS (Asdak, 1995:4).

2.2 Erosi

Erosi adalah peristiwa pindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami. Pada peristiwa erosi, tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat terkikis dan terangkut yang kemudian diendapkan pada suatu tempat lain. Pengangkutan atau pemindahan tanah tersebut terjadi oleh media alami yaitu antara lain air atau

angin. Erosi oleh angin disebabkan oleh kekuatan angin, sedangkan erosi oleh air ditimbulkan oleh kekuatan air (Arsyad, 1989:30). Menurut bentuknya, erosi dibagi dalam erosi lembar, erosi alur, erosi parit, erosi tebing sungai, longsor dan erosi internal. Menurut macamnya, erosi dibagi dalam dua macam erosi, yaitu erosi normal dan erosi dipercepat. Erosi normal juga disebut dengan erosi geologi yang merupakan proses pengangkutan tanah yang terjadi di bawah keadaan vegetasi alami. Biasanya terjadi dengan laju lambat yang memungkinkan terbentuknya tanah tebal sehingga dapat mendukung pertumbuhan vegetasi secara normal. Erosi dipercepat adalah pengangkutan tanah yang menimbulkan kerusakan tanah. Erosi ini disebabkan oleh perbuatan manusia yang mengganggu keseimbangan antara proses pembentukan dan pengangkutan tanah (Arsyad, 1989:30).

2.2.1 Proses Terjadinya Erosi

Menurut Asdak (1995:338) dua penyebab utama terjadinya erosi adalah erosi karena sebab alamiah dan erosi karena aktivitas manusia. Erosi alamiah dapat terjadi karena proses pembentukan tanah dan proses erosi yang terjadi untuk mempertahankan kesimbangan tanah secara alami. Sedangkan erosi karena kegiatan manusia kebanyakan disebabkan oleh terkelupasnya lapisan tanah bagian atas akibat cara bercocok tanam yang tidak mengindahkan kaidah kaidah konservasi tanah atau kegiatan pembangunan yang bersifat merusak keadaan fisik tanah. Proses erosi terdiri atas tiga bagian yang berurutan: pengelupasan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), pengendapan (*sedimentation*).

Menurut Asdak (1995:339) ada beberapa tipe erosi permukaan yang umum dijumpai di daerah tropis adalah:

a. Erosi percikan (*splash erosion*)

Proses terkelupasnya partikel-partikel tanah bagian atas oleh tenaga kinetik air hujan bebas atau sebagai air lolos. Gambar erosi percikan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Erosi Percikan (Anonim, 2013).

b. Erosi lembar (*sheet erosion*)

Erosi yang terjadi ketika lapisan tipis permukaan tanah di daerah berlereng terkikis oleh kombinasi air hujan dan air larian (*runoff*). Gambar erosi lembar dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Erosi Lembar (Anonim, 2013).

c. Erosi alur (*rill erosion*)

Pengelupasan yang diikuti dengan pengangkutan partikel-partikel tanah oleh aliran air larian yang terkonsentrasi dalam saluran-saluran air. Gambar erosi alur dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Erosi Alur (Anonim, 2014).

d. Erosi parit (*gully erosion*)

Erosi yang membentuk jajaran parit yang lebih dalam dan lebar dan merupakan tingkat lanjutan dari erosi alur. Gambar erosi parit dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Erosi Parit (Anonim, 2014).

e. Erosi tebing sungai (*streambank erosion*).

Pengikisan tanah pada tebing-tebing sungai dan penggerusan dasar sungai oleh aliran air sungai. Gambar erosi tebing sungai dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Erosi Tebing Sungai (Anonim, 2014).

2.2.2 Batas Maksimum Laju Erosi

Erosi tidak dapat dihilangkan sama sekali, khususnya untuk lahan-lahan pertanian. Tindakan yang dapat dilakukan adalah mengusahakan agar erosi yang terjadi masih di bawah ambang batas maksimum (*soil loss tolerance*), yaitu besarnya erosi yang tidak melebihi laju pembentukan tanah. Mengetahui besarnya erosi adalah penting terutama bagi pelaksana pertanian, sejauh manakah erosi itu masih dapat dibiarkan atau sejauh manakah erosi itu masih belum mengganggu produktivitas pertanian, sehingga usaha-usaha pertanaman tetap dapat dilangsungkan sebagai mana biasanya (Kartasapoetra *et al.*, 1987:58).

Menurut Kartasapoetra *et al.* (1987:59), yang perlu dipertimbangkan itu bukan hanya rusaknya produktivitas tanah oleh gangguan-gangguan erosi, melainkan juga dampak negatif dari terjadinya pengendapan-pengendapan yang tererosi tersebut, jadi membiarkan tanah itu tererosi sampai mencapai batas maksimumnya memungkinkan endapan-endapan yang terjadi akan dapat menimbulkan kedangkalan-kedangkalan pada sungai dan menimbulkan banjir. Pengendapan-pengendapan sangat bergantung dari adanya erosi, maka demi kestabilan lingkungan dalam arti yang luas bagaimanapun juga berlangsungnya

erosi harus dibatasi sampai erosi maksimal yang masih dapat dibiarkan (*Soil Loss Tolerance*).

Besarnya erosi tanah yang masih dapat dibiarkan berdasarkan keadaan tanah yang dikeluarkan oleh SCS-USDA (*Soil Loss Conservation Service-United State Department of Agriculture*) tampak pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Batas Maksimum Laju Erosi yang Dapat Diterima untuk Berbagai Macam Kondisi Tanah

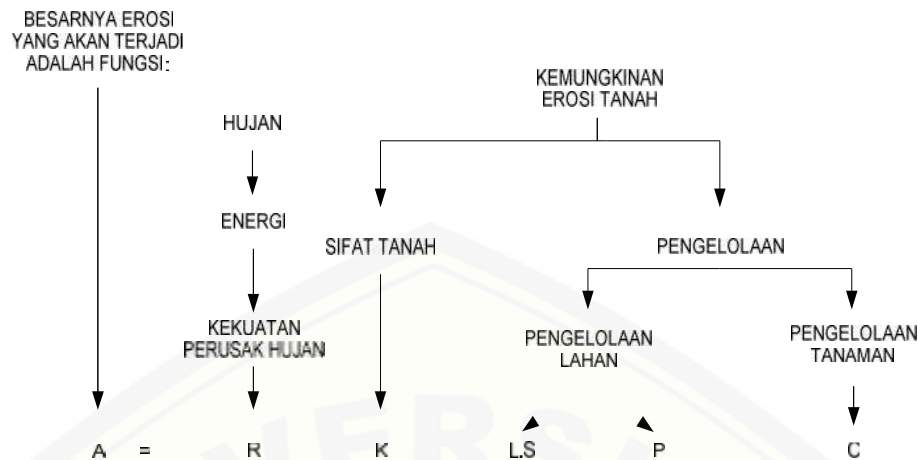
KONDISI TANAH	Laju Erosi (Ton/ha/th)
Tanah dangkal di atas batuan	1,12
Tanah dalam di atas batuan	2,24
Tanah lapisan dalam padat di atas batuan lunak	4,48
Tanah dengan permeabilitas lambat di atas batuan lunak	11,21
Tanah yang permeabel di atas batuan lunak	13,41

(Sumber: Kartasapoetra *et al.*, 1987:63)

2.3 Metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*)

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 (Kurnia, 1997).

Model tersebut dikembangkan berdasarkan hasil penelitian erosi pada petak kecil (*Wischmeier plot*) 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. USLE memungkinkan pendugaan laju rata-rata erosi suatu tanah tertentu pada suatu kecuraman lereng dengan pola hujan tertentu untuk setiap macam pertanaman dan tindakan pengelolaan yang mungkin dilakukan atau yang sedang dipergunakan. Prediksi erosi dengan metode USLE diperoleh dari hubungan antara faktor-faktor penyebab erosi yang ditampilkan pada Gambar 2.6 berikut:



Gambar 2.6 Skema Persamaan USLE (Arsyad, 1989:250)

Berdasarkan gambar 2.6, maka persamaan erosi menurut Arsyad (1989:250) seperti pada Persamaan 2.1 berikut.

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan:

- A = banyaknya tanah tererosi per satuan luas per satuan waktu (ton/ha/tahun)
- R = faktor erosivitas hujan dan aliran permukaan
- K = faktor erodibilitas tanah
- LS = faktor panjang dan kemiringan lereng
- C = faktor tanaman penutup lahan dan manajemen tanaman
- P = faktor tindakan konservasi praktis

2.3.1 Faktor Erosivitas Hujan (R)

Nilai R yang merupakan daya rusak hujan atau erosivitas hujan tahunan, Faktor erosivitas hujan merupakan hasil perkalian antara energi kinetik (E) dari satu kejadian hujan dengan intensitas hujan maksimum 30 menit (I_{30}). Selanjutnya hasil perkalian ini dijumlahkan. Indeks erosivitas curah hujan (R) diperkirakan dengan menggunakan rumus empiris Bols (1978) (hanya berlaku di Pulau Jawa) (Bappenas, 2012:27).

$$El_{30} = 6,21(RAIN)^{1,21}(DAY)^{-0,47}(MAXP)^{0,53} \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan:

- El_{30} : faktor erosivitas hujan rata-rata tahunan (MJ.cm/tahun)
 RAIN : curah hujan rata-rata tahunan (cm)
 DAYS : jumlah hari hujan rata-rata per tahun (hari)
 MAXP : curah hujan maksimum rata-rata dalam 24 jam per bulan untuk hujan kurun waktu satu tahun (cm)

2.3.2 Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Faktor erodibilitas tanah (K) menunjukkan resistensi partikel tanah terhadap pengelupasan dan transportasi partikel-partikel tanah tersebut oleh energi kinetik hujan, meskipun besarnya resistensi tersebut tergantung pada topografi, kemiringan lereng, dan besarnya gangguan manusia. Besarnya erodibilitas tanah (K) ditentukan oleh karakteristik tanah seperti tekstur tanah, stabilitas agregat tanah, kapasitas infiltrasi, kandungan organik dan kimia tanah, sehingga angka erodibilitas tanah juga akan berubah. Perubahan erodibilitas tanah yang signifikan berlangsung ketika terjadi hujan karena pada waktu tersebut partikel tanah mengalami perubahan orientasi dan karakteristik bahan kimia dan fisika tanah. (Asdak, 1995:360).

Penelitian ini menghitung nilai K yang berdasarkan jenis tanah, yaitu dengan menentukan jenis tanah yang ada di objek penelitian dan menyesuaikan dengan nilai K yang ada dan tingkat erodibilitasnya. Nilai K dan tingkat erodibilitas tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2. Nilai K Berdasarkan Jenis Tanah

Jenis tanah	Nilai K	Tingkat Erodibilitas
Regosol	0,31	Agak Tinggi
<i>Non Calcic Brown</i>	0,20	Rendah
Mediterranean	0,16	Rendah
Grumosol	0,16	Rendah
Glei	0,29	Rendah
Andosol	0,28	Sedang
Aluvial	0,29	Sedang

(Sumber: Arsyad, 2012:143; Atasoy dan Ozahim, 2014:734)

2.3.3 Faktor Panjang Kemiringan Lereng (LS)

Faktor indeks topografi L dan S, masing-masing mewakili pengaruh panjang dan kemiringan lereng terhadap besarnya erosi. Panjang lereng mengacu pada aliran air permukaan, yaitu lokasi berlangsungnya erosi dan kemungkinan terjadinya deposisi sedimen. Perhitungan faktor LS memiliki berbagai macam persamaan salah satunya seperti yang dikemukakan oleh Sariano (2013:116) yaitu:

$$LS = (m+1) \times (X.r / 22,13)^m \times (\sin(\theta/0,01745)/0,09)^n \dots\dots\dots 2.3$$

Keterangan :

- LS : faktor lereng
- X : akumulasi aliran
- r : ukuran pixel
- θ : kemiringan lereng ($^{\circ}$).
- M,n : konstanta

2.3.4 Faktor Pengelolaan Tanaman (C)

Faktor C merupakan salah satu parameter dalam rumus USLE untuk menentukan besarnya erosi di daerah berhutan atau lahan dengan dominasi vegetasi berkayu. Sembilan parameter telah ditentukan sebagai faktor yang berpengaruh dalam menentukan besarnya erosi di daerah bervegetasi berkayu tersebut. Pengaruh vegetasi terhadap aliran permukaan dan erosi dapat dibagi dalam intersepsi air hujan, mengurangi kecepatan aliran permukaan dan kekuatan perusak hujan dan aliran permukaan, pengaruh akar, bahan organik sisa-sisa tumbuhan yang jatuh dipermukaan tanah, dan kegiatan-kegiatan biologi yang berhubungan dengan pertumbuhan vegetatif dan pengaruhnya terhadap stabilitas struktur porositas tanah dan, transpirasi yang mengakibatkan berkurangnya kandungan air tanah.

2.3.5 Faktor Pengelolaan dan Konservasi Tanah (P)

Pengaruh aktivitas pengelolaan dan konservasi tanah (P) terhadap besarnya erosi dianggap berbeda dari pengaruh yang ditimbulkan oleh aktivitas

pengelolaan tanaman (C). Tingkat erosi yang terjadi sebagai akibat pengaruh aktivitas pengelolaan dan konservasi tanah bervariasi.

Penilaian di lapangan lebih mudah apabila digabungkan dengan faktor C karena kedua faktor tersebut yang berkaitan erat. Untuk daerah yang belum tersedia nilai P dari hasil penelitian, petunjuk umum untuk memprakirakan nilai tersebut dapat diperoleh dengan keadaan kemiringan lereng dan bentuk usaha konservasi tanah yang ditetapkan. Berikut adalah Tabel 2.3 nilai CP yang dapat digunakan.

Tabel 2.3. Nilai Pengelolaan Tanaman dan Pengelolaan dan Konservasi Tanah (CP)

Jenis Tata Guna Lahan	Nilai CP
Kebun	0,3
Tanah Kosong/Padang Rumput	0,02
Ladang	0,28
Hutan	0,001
Sawah Irigasi	0,02
Semak Belukar	0,10
Sungai	0,001
Pemukiman	1
Sawah Tadah Hujan	0,05
Empang	0,001
Rawa/Hutan Rawa	0,01
Danau/Bendungan	0,001
Pasir	1

(Sumber: Bappenas, 2012:20)

2.3.6 Kelebihan dan Kekurangan Metode USLE

Secara ideal metode prediksi erosi harus memenuhi persyaratan-persyaratan yang nampaknya bertentangan, yaitu dapat diandalkan, secara universal dapat digunakan, mudah digunakan dengan data yang minimum, komprehensif dalam hal faktor-faktor yang digunakan serta mempunyai kemampuan untuk mengikuti perubahan-perubahan tata guna lahan dan tindakan konservasi tanah. Beberapa ilmuwan menyatakan beberapa kelemahan dari USLE, diantaranya model tersebut dinilai tidak efektif jika diaplikasikan di luar kisaran kondisi dimana model tersebut dikembangkan. Adaptasi model tersebut pada

lingkungan yang baru memerlukan investasi sumber daya dan waktu untuk mengembangkan database yang dibutuhkan untuk menjalankannya.

Salah satu yang kurang disadari oleh para pengguna model ini adalah berhubungan dengan skala penggunaan, misalnya penggunaan USLE untuk memprediksi erosi pada skala DAS. USLE berfungsi baik untuk skala plot sedangkan untuk skala DAS dapat menjadi overestimate, salah satunya karena faktor filter sedimen tidak terakomodasi, namun USLE bermanfaat dalam hubungannya dengan *on-site effect* dari erosi. Tidak demikian halnya dalam hubungannya dengan *off-site effect* dari erosi, diantaranya meliputi pengaruh erosi terhadap lingkungan di luar lahan yang tererosi, misalnya kualitas air sungai, kerusakan dam yang disebabkan oleh hasil sedimen (Tarigan dan Sinukaban, 2001). Untuk perencanaan konservasi tanah pada skala yang lebih luas, akan lebih realistis jika digunakan model-model yang merupakan pengembangan dari USLE (Nearing *et al.*, 1994).

Meskipun disadari adanya beberapa kelemahan atau keterbatasan dari model-model empiris, khususnya USLE, sampai saat ini masih diaplikasikan secara luas di seluruh dunia karena model tersebut mudah dikelola, relatif sederhana dan jumlah masukan atau parameter yang dibutuhkan relatif sedikit dibandingkan dengan model-model lainnya yang bersifat lebih kompleks. USLE juga berguna untuk menentukan kelayakan tindakan konservasi tanah dalam perencanaan lahan dan untuk memprediksi *non-point sediment losses* dalam hubungannya dengan program pengendalian polusi (Lal, 1994).

Pada tingkat lapangan (*field scale*), USLE sangat berguna untuk merumuskan rekomendasi atau perencanaan yang berkaitan dengan bidang agronomi (*agronomic proposal*), karena dapat digunakan sebagai dasar untuk pemilihan *land use* dan tindakan konservasi tanah yang ditujukan untuk menurunkan *on-site effect* dari erosi. USLE merupakan salah satu metode alternatif yang memenuhi persyaratan serta cukup komprehensif dalam hal faktor-faktor yang digunakan yakni menggunakan enam faktor erosi dalam proses perhitungan. Model ini juga cukup mempunyai kemampuan untuk mengikuti perubahan tata guna lahan dan tindakan konservasi, diantaranya karena berbagai

percobaan untuk mendapatkan nilai faktor C (crop) dan P (pengelolaan) telah banyak dilakukan di Indonesia sehingga model ini dapat diaplikasikan dalam kondisi yang relatif sesuai (ICRAF, 2001).

2.4 Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi

Sebelum USLE dikembangkan lebih lanjut, prakiraan besarnya erosi ditentukan berdasarkan data kehilangan tanah di suatu tempat tertentu. Prakiraan besarnya erosi tersebut dibatasi oleh faktor-faktor topografi atau geologi, vegetasi dan meteorologi besarnya erosi untuk tempat-tempat diluar (Asdak, 1995:355).

Tingkat bahaya erosi merupakan tingkat ancaman kerusakan yang diakibatkan oleh erosi pada suatu lahan. Erosi tanah dapat berubah menjadi bencana apabila laju erosi lebih cepat daripada laju pembentukan tanah. Mengetahui besarnya erosi yang terjadi di suatu wilayah merupakan hal yang penting karena selain dapat mengetahui banyaknya tanah yang terangkut juga dapat digunakan sebagai salah satu jalan untuk mencari sebuah solusi dari permasalahan tersebut. Tingkat Bahaya Erosi (TBE) dapat dihitung dengan cara membandingkan tingkat erosi di suatu satuan lahan (*land unit*) dan kedalaman tanah efektif pada satuan lahan tersebut. Dalam hal ini tingkat erosi dihitung dengan menghitung perkiraan rata-rata tanah hilang tahunan akibat erosi lembar yang dihitung dengan rumus *Universal Soil Loss Equation* (USLE) (Kinnell, 2005). Berikut adalah kelas tingkat bahaya erosi yang disajikan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Kelas Tingkat Bahaya Erosi

Kelas Bahaya Erosi	Laju Erosi (toh/ha/tahun)	Keterangan
I	<15	Sangat Ringan
II	15-60	Ringan
III	60-180	Sedang
IV	180-480	Berat
V	>480	Sangat Berat

(Sumber: Menteri Kehutanan, 2009:52)

2.5 Sistem Informasi Geografis (SIG)

GIS (*Geographic Information System*) atau SIG (Sistem Informasi Geografis) merupakan sistem kompleks yang terdiri dari beberapa komponen seperti perangkat keras, perangkat lunak, data dan informasi geografi, serta manajemen. GIS berguna untuk memasok informasi kepada pengambil keputusan tentang penggunaan lahan, pengelolaan air dan perlindungan lingkungan. GIS sangat membantu dalam percobaan pertanian pada lahan miring ($< 1\text{km}$) dan memprediksi tentang kehilangan tanah dengan model terdistribusi. Model ini juga mampu memprediksi distribusi spasial dan temporal dari tingkat erosi tanah. Model ini telah diciptakan khusus untuk memperhitungkan kemiringan lereng dan merupakan model konseptual erosi di dasar fisik. Model ini meniru erosi tanah sebagai sebuah proses dinamis yang mencakup tiga fase, yaitu pengelupasan, transportasi, dan deposisi. GIS membantu menyimpan, mengelola, menganalisis, memanipulasi dan menampilkan data spasial yang terhubung (Phal *et al*, 2005).

2.5.1 Metode Satuan lahan (*Land Unit*)

Satuan lahan adalah bagian dari lahan yang memiliki karakteristik yang spesifik. Unit-unit lahan dengan kode sama diasumsikan memiliki isi atribut yang sama, misalnya kemiringan lereng, relief, batuan induk, kedalaman tanah, tekstur tanah, pH tanah, drainase permukaan, dan penutup atau penggunaan lahan. Cara mencapai satuan lahan umumnya melalui pendekatan holistik, yaitu berdasarkan deliniasi kenampakan fisiografik pada citra seperti foto udara. Akan tetapi cara mencapai satuan lahan juga dapat melalui pendekatan reduksionistik, yaitu dengan *overlay layout* peta-peta dengan tema yang berbeda, misalnya peta litologi, peta tanah, peta lereng dan peta penutup/penggunaan lahan. Pendekatan holistik ini memerlukan penginderaan jauh, sedangkan pendekatan reduksionistik memerlukan GIS (Anonim, 2011).

2.5.2 Metode *Grid*

Dalam perhitungan erosi menggunakan metode USLE, digunakan basis *grid* atau piksel untuk memudahkan dalam perhitungan dan penentuan

parameternya. Semua parameter mulai dari erosivitas hujan, erodibilitas tanah, faktor tanaman dan pengelolaan lahan yang berupa peta tematik dalam format vektor, diubah menjadi format raster dalam bentuk *grid* dengan ukuran yang dikehendaki, sedangkan parameter topografi yang berhubungan dengan panjang lereng dan juga kemiringan dihasilkan dari data *digital elevation model* (DEM). Data DEM ini diperlukan untuk penentuan arah aliran (*flow direction*) sehingga dapat dengan mudah untuk menentukan akumulasi aliran (*flow accumulation*) yang terjadi. Keunggulan metode *grid* sebagai alat pemodelan spasial dalam memprediksi erosi adalah dapat membantu keakuratan data yang dihasilkan, khususnya pada lahan-lahan yang memiliki keadaan topografi yang kompleks. Selain itu, sistem informasi geografis (SIG) berbasis *grid* dapat mengolah data yang bereferensi geografi dengan cepat, sehingga studi tentang erosi dapat dilakukan dengan lebih mudah, terutama ketika harus mengulang analisis data-data pada daerah yang sama. Pemanfaatan SIG berbasis *grid* tersebut dapat menggambarkan kondisi besaran erosi yang detail dalam waktu yang cepat tentang tingkat erosi yang terjadi, sehingga perencanaan tindakan konservasi tanah dan air yang disarankan dapat lebih spesifik. Akan tetapi, analisis SIG berbasis *grid* atau piksel ini tidak mempertimbangkan keberadaan saluran atau sungai yang merupakan batas bawah dari sebuah panjang lereng, sehingga mengakibatkan besar erosi di sungai terlihat lebih tinggi dari keadaan sebenarnya (Anonim, 2011).

2.5.3 ArcGIS

Perangkat lunak (*software*) untuk SIG pada prinsipnya berfungsi untuk menginput data, penyusunan *database*, transformasi, tampilan, dan pelaporan. Saat ini banyak beredar perangkat lunak untuk SIG, dan kompleksitas, fungsi serta jenis operasi yang ditawarkan sangat bervariasi antara perangkat lunak satu dengan lainnya (Indarto, 2010:104). Salah satu perangkat lunak yang cukup terkenal dan sering digunakan untuk melakukan analisis spasial adalah *software* ArcGIS. ArcGIS lebih sering digunakan karena memiliki alat atau *tools* yang komprehensif untuk melakukan analisa data dalam bentuk raster.

ArcGIS memiliki kemampuan analisis data raster yang lebih baik daripada perangkat lunak lainnya. Analisis data raster yang dapat dilakukan menggunakan ArcGIS mencakup interpolasi, analisis medan, pemodelan permukaan, dan analisis hidrologi. *Software* ArcGIS memiliki beberapa perangkat lunak yang saling terintegrasi antara lain ArcMAP, ArcCatalog, dan ArcToolbox (ESRI, 2006 : 2).

2.6 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu mengenai prediksi erosi menggunakan metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) pernah dilakukan oleh Ahmad dan Verma (2008), Aritonang *et al.* (2013), Desifindiana *et al.* (2013), serta oleh Nugraheni *et al.* (2013).

Ahmad dan Verma (2008) dengan judul “*Application of USLE Model & GIS in Estimation of Soil Erosion for Tandula Reservoir*” bertujuan untuk memprediksikan jumlah atau tingkat erosi yang terjadi. Penelitian ini memperoleh hasil bahwa prediksi erosi tanah di Tandula Reservoir yang dikalkulasikan menggunakan metode USLE adalah sebesar 490615 ton/tahun.

Aritonang *et al.* (2013) dengan judul “*Evaluasi Laju Erosi dengan Metode Petak Kecil dan USLE pada Beberapa Kemiringan Tanah Ultisol dengan Tanaman Campuran di Kecamatan Siborongborong Kabupaten Tapanuli Utara*” bertujuan untuk mengukur besar laju erosi dan tingkat bahaya erosi (TBE). Penelitian ini memperoleh hasil bahwa nilai erosi dengan menggunakan metode petak kecil berdasarkan data curah maksimum selama 12 tahun untuk kemiringan 9% adalah 40,78 ton/(ha.thn), kemiringan 19% adalah 130,08 ton/(ha.thn), dan kemiringan 31% adalah 312,78 ton/(ha.thn). Nilai erosi tanah berdasarkan data curah hujan maksimum selama 4 bulan masa penelitian untuk kemiringan 9% adalah 1,02 ton/(ha.thn), kemiringan 19% adalah 3,28 ton/(ha.thn), dan kemiringan 31% adalah 7,89 ton/(ha.thn). Indeks Tingkat Bahaya Erosi (TBE) menggunakan metode petak kecil untuk kemiringan 9% adalah 0,01, kemiringan 19% adalah 0,03, dan kemiringan 31% adalah 0,04 yang menunjukkan bahwa tingkat bahaya erosi pada ketiga lahan penelitian tergolong rendah. Tingkat

Bahaya Erosi (TBE) menggunakan metode USLE berdasarkan data curah hujan maksimum 12 tahun untuk kemiringan 9% adalah 2,37 termasuk kategori sedang, kemiringan 19% adalah 7,57 termasuk kategori tinggi, dan kemiringan 31% adalah 18,21 termasuk kategori sangat tinggi. Indeks Tingkat Bahaya Erosi (TBE) menggunakan metode USLE berdasarkan data curah hujan selama 4 bulan masa penelitian untuk kemiringan 9% adalah 0,05, kemiringan 19% adalah 0,19, dan kemiringan 31% adalah 0,46 yang menunjukkan bahwa tingkat bahaya erosi pada ketiga lahan penelitian tergolong rendah.

Desifindiana *et al.* (2013) dengan judul “Analisa Tingkat Bahaya Erosi pada DAS Bondoyudo Lumajang dengan Menggunakan Metode MUSLE” bertujuan untuk mengetahui laju erosi dan tingkat bahaya erosi. Penelitian ini memperoleh hasil bahwa penghitungan Erosivitas Hujan (R) pada Stasiun Hujan Gucialit 9.315, Stasiun Hujan Senduro 1.914, Stasiun Hujan Sukodono 11.351. Penghitungan Erodibilitas Tanah (K) menunjukkan bahwa nilai 0.186 - 0.198 merupakan nilai terluas. Nilai Laju Erosi pada DAS Bondoyudo didominasi oleh erosi 0-15 ton/ha/tahun, yaitu tingkat bahaya erosi diijinkan.

Nugraheni *et al.* (2013) dengan judul “Perbandingan Hasil Prediksi Laju Erosi dengan Metode USLE, MUSLE, RUSLE di DAS Keduang” bertujuan untuk mengetahui perbedaan hasil prediksi dari masing-masing metode. Penelitian ini memperoleh hasil bahwa besarnya kehilangan tanah yang terjadi pada tahun 2000-2011 dengan menggunakan metode USLE adalah 3.227.963,73 ton/th dengan laju erosi yang terjadi sebesar 76,68 ton/ha/th. Pada metode MUSLE besarnya kehilangan tanah yang terjadi pada tahun 2000-2011 adalah 4.391.623,44 ton/th dengan laju erosi yang terjadi sebesar 104,32 ton/ha/th. Metode RUSLE memprediksi kehilangan tanah yang terjadi pada tahun 2000-2011 sebesar 6.909.830,72 ton/th dengan laju erosi yang terjadi sebesar 164,14 ton/ha/th. Berdasarkan hasil analisis dengan metode USLE, MUSLE dan RUSLE angka rasio perbandingan ketiga metode adalah 1 : 1,36 : 2,14.

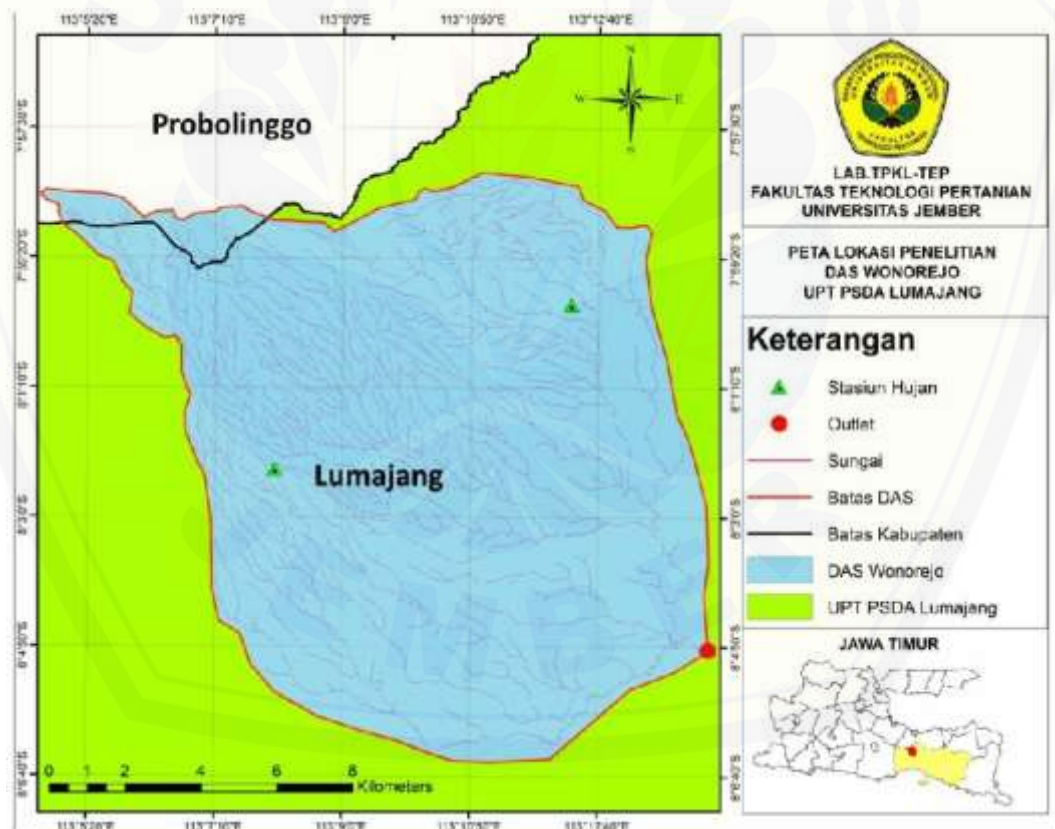
Tabel 2.5. Ringkasan Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti (Tahun)	Metode Analisis	Hasil (Kesimpulan)
1.	Ishtiyah Ahmad dan M. K. Verma (2008)	USLE Model dan GIS	Prediksi erosi tanah di Tandula Reservoir yang dikalkulasikan adalah sebesar 490615 ton/tahun.
2.	Mardohar Aritonang, Sumono, Lukman Adlin Harahap dan Edi Susanto (2013)	Metode Petak Kecil dan USLE	Tingkat bahaya erosi menggunakan metode petak kecil masih tergolong rendah. Tingkat bahaya erosi menggunakan metode USLE berdasarkan data curah hujan maksimum 12 tahun termasuk kategori sangat tinggi, sedangkan apabila berdasarkan data curah hujan selama 4 bulan tergolong rendah.
3.	Melisa Dwi Desifindiana, Bambang Suharto, dan Ruslan Wirosoedarmo (2013)	Metode MUSLE	Nilai Laju Erosi pada DAS Bondoyudo didominasi oleh erosi 0-15 ton/ha/tahun, yaitu tingkat bahaya erosi diijinkan.
4.	Aprillya Nugraheni, Sobriyah, dan Susilowati (2013)	Metode USLE, MUSLE, RUSLE	Laju erosi menurut metode USLE adalah sebesar 76,68 ton/ha/th, laju erosi menurut metode MUSLE adalah sebesar 104,32 ton/ha/th, sedangkan laju erosi menurut metode RUSLE adalah sebesar 164,14 ton/ha/th, sehingga rasio perbandingan ketiga metode adalah 1 : 1,36 : 2,14.

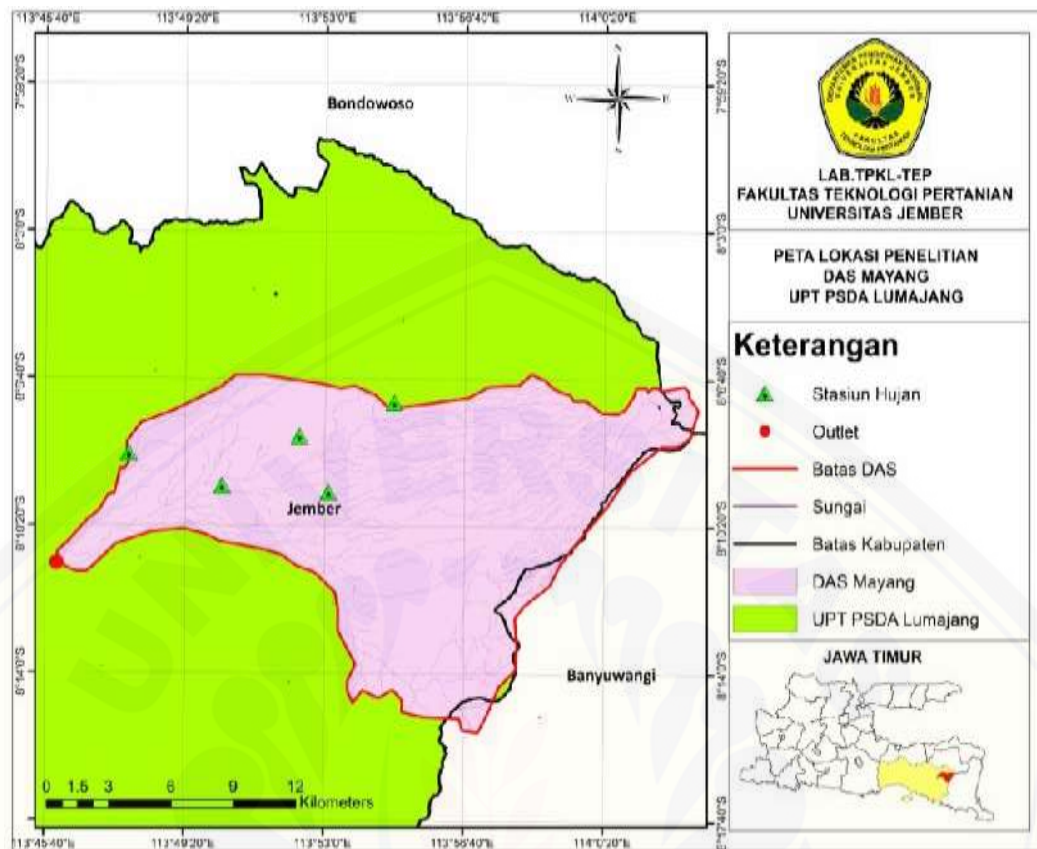
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember. Wilayah kajian penelitian yaitu DAS Mayang dan DAS Wonorejo yang termasuk dalam wilayah UPT PSDA Lumajang yang terdiri dari Kabupaten Jember dan Kabupaten Lumajang. Penelitian ini dimulai pada bulan Juni sampai Oktober 2015. Berikut peta lokasi penelitian seperti disajikan pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.



Gambar 3.1 *Layout* Peta Lokasi Penelitian DAS Wonorejo
(Sumber: Hasil Analisis Spasial)



Gambar 3.2 *Layout* Peta Lokasi Penelitian DAS Mayang

(Sumber: Hasil Analisis Spasial)

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

a. Seperangkat *personal computer* (PC)

Fungsi dari komputer sebagai media kerja untuk memasukkan, mengolah, dan menampilkan data hasil penelitian;

b. *Software* ArcGIS 10.0

Fungsi dari *software* ini sebagai *platform* operasional, penyusunan, dan *editing layer*;

c. *Microsoft Excel* 2007

Fungsi program ini untuk memasukkan dan memperbaiki data sebelum diolah;

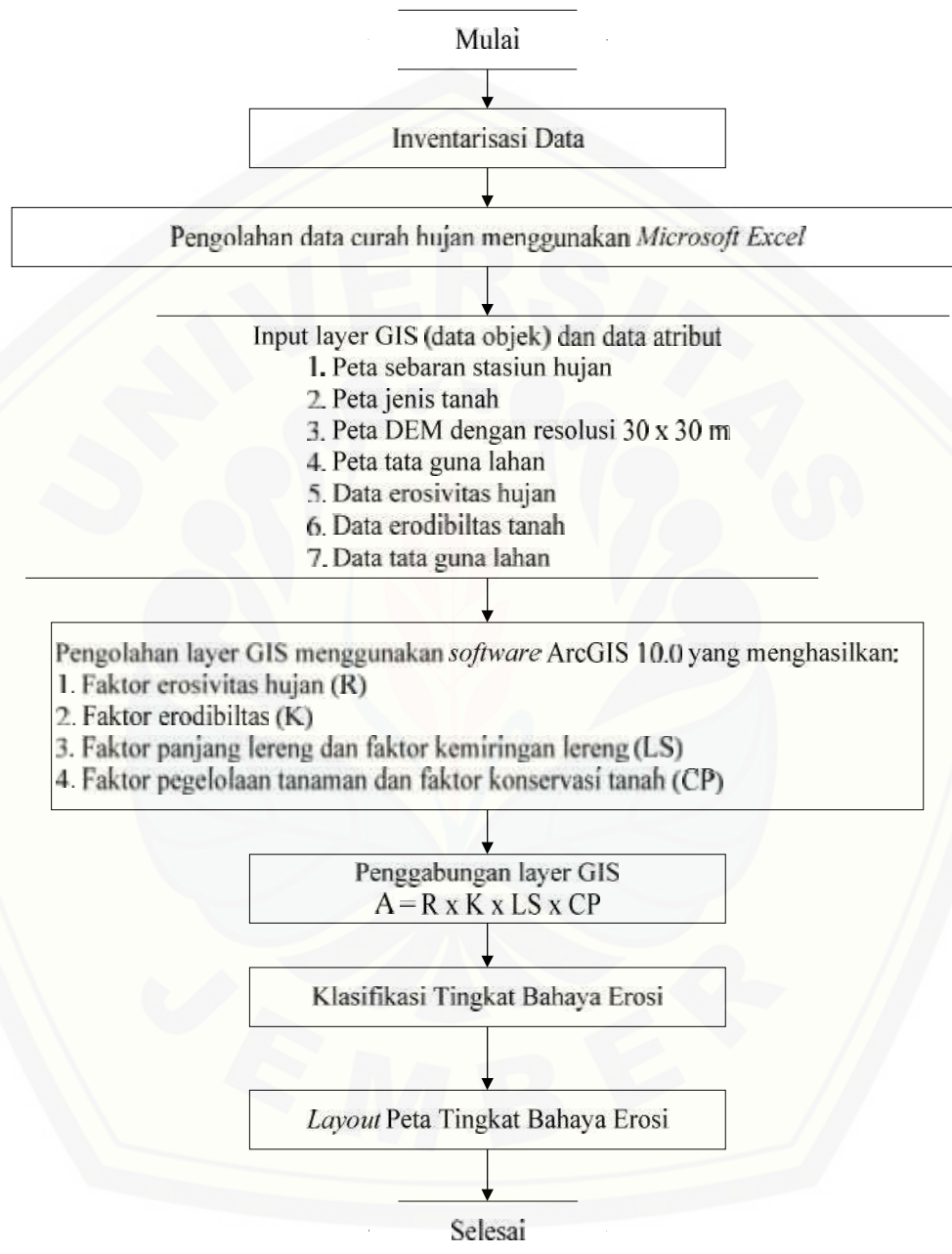
3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder sebagai berikut:

- a. Peta sebaran stasiun hujan sebagai penyedia data objek untuk faktor erosivitas hujan (R);
- b. Peta jenis tanah untuk menentukan faktor erodibilitas tanah (K);
- c. Peta tata guna lahan untuk menentukan faktor tanaman penutup lahan dan manajemen tanaman (C) dan faktor konservasi praktis (P);
- d. Data DEM dengan resolusi 30 x 30 m untuk panjang lereng dan faktor kemiringan lereng (LS);
- e. Data curah hujan harian (*times series*) 10 tahun terakhir;
- f. Data tata guna lahan untuk faktor (CP);
- g. Data erodibilitas tanah untuk menentukan faktor erodibilitas tanah (K).

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini akan disajikan dalam gambar diagram alir pada Gambar 3.3 berikut ini:



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Inventarisasi Data

Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari data rentang waktu (*time series*) dan data spasial. Data rentang waktu terdiri dari data curah hujan harian. Data spasial terdiri dari data atribut dan data obyek. Data atribut terdiri dari data erodibilitas tanah (K), data tata guna lahan, dan data erosivitas hujan yang diperoleh dari hasil perhitungan, sedangkan data obyek terdiri dari peta jenis tanah, peta tata guna lahan, peta sebaran stasiun hujan dan data DEM dengan resolusi 30 x 30 m. Data tersebut diperoleh dari Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

3.3.2 Pengolahan Data Curah Hujan

Data yang digunakan memiliki rentang waktu 10 tahun antara tahun 1997 sampai 2007. Terdapat 14 stasiun hujan pada wilayah DAS Mayang dan 7 stasiun hujan di wilayah DAS Wonorejo yang masing-masing nama stasiun hujanya adalah stasiun hujan Sumberkalong, Sumberjambe, Cumedak, Jatian, Ajung, Ledokombo, Silo, Sumberjati, Kottok, Jember, Pakusari, Sumber Wuni, Sumber baru, K. Ijen, Sapeh, Sumber, Senduro, Kedung sangku, Dawuhan Lor, Gucialit, Sumber Pandan. Data curah hujan harian yang sudah ada diolah menjadi data curah hujan bulanan. Setelah itu dicari curah hujan bulanan rata-rata, jumlah hari hujan bulanan rata-rata, curah hujan maksimum bulanan rata-rata pada masing-masing data stasiun hujan. Data dari setiap stasiun hujan kemudian dianalisis.

3.3.3 Input Layer GIS (Data Obyek) dan Data Atribut

Input layer-layer GIS yang sudah ada sebagai data obyek yaitu layer sebaran stasiun hujan, layer jenis tanah, data DEM 30 x 30m, dan layer tata guna lahan. Data curah hujan yang telah diolah, kemudian diinput sebagai data atribut untuk masing-masing stasiun hujan dengan cara menambahkan *field* baru pada *open atribut table*. Data erodibilitas tanah diperoleh dari Tabel 2.3, sedangkan data tata guna lahan diperoleh dari Tabel 2.5.

3.3.4 Pengolahan Layer GIS

Pengolahan layer dilakukan untuk mendapatkan faktor-faktor yang dibutuhkan dalam menghitung tingkat bahaya erosi. Layer erosivitas hujan (R) didapatkan dari perhitungan nilai erosivitas hujan menggunakan rumus Persamaan 2.2, kemudian diinterpolasi menggunakan metode *polygon thiessen* pada ArcGIS, selanjutnya hasil interpolasi di-clip menggunakan peta *region* dari masing-masing wilayah DAS. Format layer jenis tanah diubah yang semula dalam format *vector* menjadi format *raster* menggunakan *Toolbox Conversion Tools*, selanjutnya pilih *Polygon to Raster* untuk menghasilkan layer faktor erodibilitas tanah. Data DEM diolah menggunakan *tools extension spatial analyst* jadi *slope* dan *flow accumulation*. Selanjutnya menggunakan *raster calculator* untuk menghasilkan layer faktor panjang lereng dan faktor kemiringan lereng (LS). Layer tata guna lahan dikonversi menjadi format *raster* untuk menghasilkan layer faktor pengelolaan tanaman dan faktor konservasi tanah (CP).

3.3.5 Penggabungan Layer GIS

Semua layer faktor penyebab erosi ditampilkan dalam bentuk *raster*. Penentuan besarnya prediksi erosi setiap satuan lahan dilakukan dengan menggabungkan dari setiap faktor penyebab erosi yaitu faktor erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), panjang dan kemiringan lereng (LS), dan penggunaan lahan (CP) dengan menggunakan *tools raster calculator* sesuai dengan Persamaan 2.1. Perkalian dari tiap faktor penyebab erosi dilakukan setelah super posisi (*overlay*) dari peta penyebab erosi.

3.3.6 Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi

Layer GIS yang sudah dihasilkan kemudian diklasifikasikan sesuai dengan tingkat erosi sangat ringan, ringan, erosi sedang, erosi berat dan erosi sangat berat dengan bantuan *Reclassify* pada *Spatial Analyst Tools*.

3.4 Perhitungan Besar Erosi

3.4.1 Faktor Erosivitas Hujan (R)

Erosivitas hujan dapat dihitung berdasarkan Persamaan 2.2. Penggunaan persamaan tersebut karena sudah digunakan dalam beberapa penelitian di wilayah pulau Jawa. Persamaan ini memerlukan data curah hujan bulanan rata-rata, jumlah hari hujan bulanan rata-rata, dan curah hujan maksimum bulanan rata-rata.

3.4.2 Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Data yang telah didapatkan diinput ke dalam peta jenis tanah dengan menggunakan *software* ArcGIS 10.0 yang kemudian dikonversi dalam format *raster*.

3.4.3 Faktor Panjang Lereng (L) dan Faktor Kemiringan Lereng (S)

Data DEM diturunkan jadi *slope* dan *Flow Accumulation* untuk mendapatkan nilai LS menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.0 dengan bantuan *Raster Calculator* pada *Spatial Analyst Tools*. Kemudian masukkan rumus pada persamaan 2.3 ke dalam *Raster Calculator* seperti di bawah ini.

$$1.4 * \text{Power} ("Flow Accumulation" * 30/22.13, 0.4) * \text{Power} (\text{Sin} ("SlopeDeg" * 0.01745) / 0.09, 1.3)$$

3.4.4 Faktor Vegetasi Penutup Tanah, Pengelolaan Tanaman (C) dan Tindakan Konservasi Tanah (P)

Untuk melakukan perhitungan, parameter yang digunakan adalah perkiraan nilai CP dari berbagai jenis penggunaan lahan di Pulau Jawa seperti pada Tabel 2.5.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Rata-rata laju erosi di DAS Mayang adalah sebesar 18,5 ton/ha/tahun. Wilayah DAS Mayang didominasi oleh laju erosi sebesar 4,07 toh/ha/tahun dengan persentase 89,88% yang termasuk ke dalam kelas tingkat bahaya erosi sangat ringan. Wilayah DAS Wonorejo rata-rata laju erosinya sebesar 13,1 ton/ha/tahun yang didominasi oleh laju erosi sebesar 1,37 toh/ha/tahun dengan persentase 57,43% yang termasuk ke dalam kelas tingkat bahaya erosi sangat ringan. Berdasarkan perhitungan di kedua wilayah penelitian dapat dinyatakan bahwa kedua wilayah penelitian berada dalam tingkat bahaya erosi yang diperbolehkan.
2. Dari hasil klasifikasi tingkat bahaya erosi dapat dihasilkan peta tingkat bahaya erosi yang disajikan dalam bentuk *layout* pada Gambar 4.22 dan 4.23.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya mengenai topik permasalahan yang sejenis, sebaiknya nilai dari parameter tidak semua bersumber dari literatur, tetapi juga harus diukur secara langsung di daerah penelitian agar lebih valid dan signifikan, karena tidak semua faktor yang telah ditetapkan nilainya sesuai dengan keadaan atau kondisi di objek penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, I., dan Verma, M. K. 2013. Application of USLE Model & GIS in Estimation of Soil Erosion for Tandula Reservoir. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Department of Civil Engineering, NIT Raipur India. ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 Certified Journal, Volume 3, Issue 4, April 2013: 570-576.*
- Anonim, 2011. *Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai.* [Serial Online]. <http://www.dephut.go.id> [15 April 2016].
- Anonim, 2013. Pengertian dan Macam-macam Erosi. [Serial Online]. <http://www.gerbangilmu.com>. [8 Februari 2016].
- Anonim, 2014. Pengertian dan Jenis Erosi Tanah. [Serial Online]. <http://www.softilmu.com>. [9 Februari 2016].
- Aritonang, Sumono, Harahap, dan Susanto. 2013. Evaluasi Laju Erosi dengan Metode Petak Kecil dan USLE pada Beberapa Kemiringan Tanah Ultisol dengan Tanaman Campuran di Kecamatan Siborongborong Kabupaten Tapanuli Utara. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Vol. 1 No. 2, Maret 2013: 68-73.*
- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air.* Bogor: Institut Pertanian Bogor Press.
- Arsyad, S. 2012. *Konservasi Tanah dan Air.* Bogor: Institut Pertanian Bogor Press, Cetakan III.
- Asdak, C. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.* Yogyakarta: UGM Press.
- Atasoy, A. dan Ozahim, E. 2013. Soil Erosion in Lower Asi River Catchment Using GIS. *Social and Behavior Sciences Procedia, Vol. 120: 730-739.*
- Bappenas. 2012. *Analisa Perubahan Penggunaan Lahan di Ekosistem DAS dalam Menunjang Ketahanan Air dan Ketahanan Pangan (Studi Kasus DAS Brantas).* Jakarta: Bappenas.
- Basyar, A. 2006. "Pemodelan Erosion Rate, Sediment Delivery Ratio dan Sediment Yield secara Spasial di DAS Citarum Hulu". Skripsi. Bandung: Program Sarjana ITB.

- Desifindiana, M. D., Suharto, B., dan Wirosoedarmo, R. 2013. Analisa Tingkat Bahaya Erosi pada DAS Bondoyudo Lumajang dengan Menggunakan Metode MUSLE. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem, Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. Vol. 1 No. 2, Juni 2013: 9-17.*
- Dinas Kehutanan. 2008. *Penanganan Lahan Kritis di Dalam dan di Luar Kawasan Hutan Kabupaten Lumajang.* Lumajang: Dinas Kehutanan.
- ESRI. 2006. ArcGIS Spasial Analyst Advanced Raster Spatial Analysis. *Ebook of Enviromental System Research Institute California.*
- ICRAF. 2001. Modelling Erosion at Different Scales, Case Study in The Sumber Jaya Watershed, Lampung, Indonesia. *Internal Report of INCRAF.*
- Indarto. 2010. *Dasar-dasar Sistem Informasi Geografis.* Jember: Jember University Press
- Kartasapoetra, G., Kartasapoetra, A. G., dan Soetedjo, M. M. 1987. *Teknologi Konservasi Tanah dan Air.* Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Kinnel, P. 2005. Why the Universal Soil Loss Equation and the Revised Version of it Do Not Predict Event Erosion Well. *International Journal of Hydrological Process, Volume 19: 851 - 854.*
- Kurnia, U. 1997. Pendugaan Erosi dengan Metoda USLE: Kelemahan dan Keunggulan. *Lokakarya Penetapan Model Pendugaan Erosi Tanah Bogor.*
- Lal, R. 1994. Soil Erosion by Wind and Water: Problem and Prospects. *International Journal of Soil and Water Conservation Society Florida,* Page: 1-10.
- Menteri Kehutanan. 2009. *Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia No: P.32/MENHUT-II/2009 tentang Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTRHL-DAS).* Jakarta: Kementerian Kehutanan.
- Moore, I. D. dan Burch, G. 1986. Physical Basis of the Length-Slope Factor in Universal Soil Loss Equation. *International Journal of Soil Sci.Soc.Amer.j.,* Vol. 50, Page: 1294-1298.
- Nearing, M. A., Lane L. J., dan Lopes, V. L. 1994. Modelling Soil Erosion, *International Journal of Soil and Water Conservation Society Florida,* Page: 127-158.

- Nugraheni, A., Sobriyah, dan Susilowati. 2013. Perbandingan Hasil Prediksi Laju Erosi dengan Metode USLE, MUSLE, RUSLE di DAS Keduang. *E-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret (September 2013, 318-325)*.
- Oktafia M. J. 2013. "Pendugaan Erosi Tanah di Kecamatan Raya Kabupaten Simalungun Berdasarkan Metode USLE". Skripsi. Medan: Program Sarjana Universitas Sumatera Utara.
- Phal, Duy, Orange, dan Migraine. 2005. *Applying GIS - Assisted Modelling to Predict Soil Erosion For a Small Agricultural Watershed Within Sloping Lands in Northern Vietnam*. Hanoi: NISF, MARD.
- Sariano, M. C. H. 2013. *Soil Processes and Current Trends in Quality Assessment*. Kroasia: INTECH.
- Tarigan, S. D. & Sinukaban, N. 2001. Peran Sawah sebagai Filter Sedimen: Studi Kasus di DAS Way Besai. *Prosiding Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat Lampung*. Hlm: 29-31.