



**ANALISIS SPASIAL PEMODELAN *UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION*
(USLE) DI WILAYAH UPT PSDA MADIUN
(Studi Kasus DAS Madiun-Ngawi)**

SKRIPSI

Oleh

**Fauqi Bilhaq Filahmi
NIM 111710201051**

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



**ESTIMASI EROSI MENGGUNAKAN *UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION* (USLE) DI WILAYAH UPT PSDA MADIUN
(Studi Kasus di DAS Madiun-Ngawi)**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan program studi teknik pertanian (S1)
dan memperoleh gelar Sarjana Teknik Pertanian

Oleh

Fauqi Bilhaq Filahmi
NIM 111710201051

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

PERSEMBAHAN

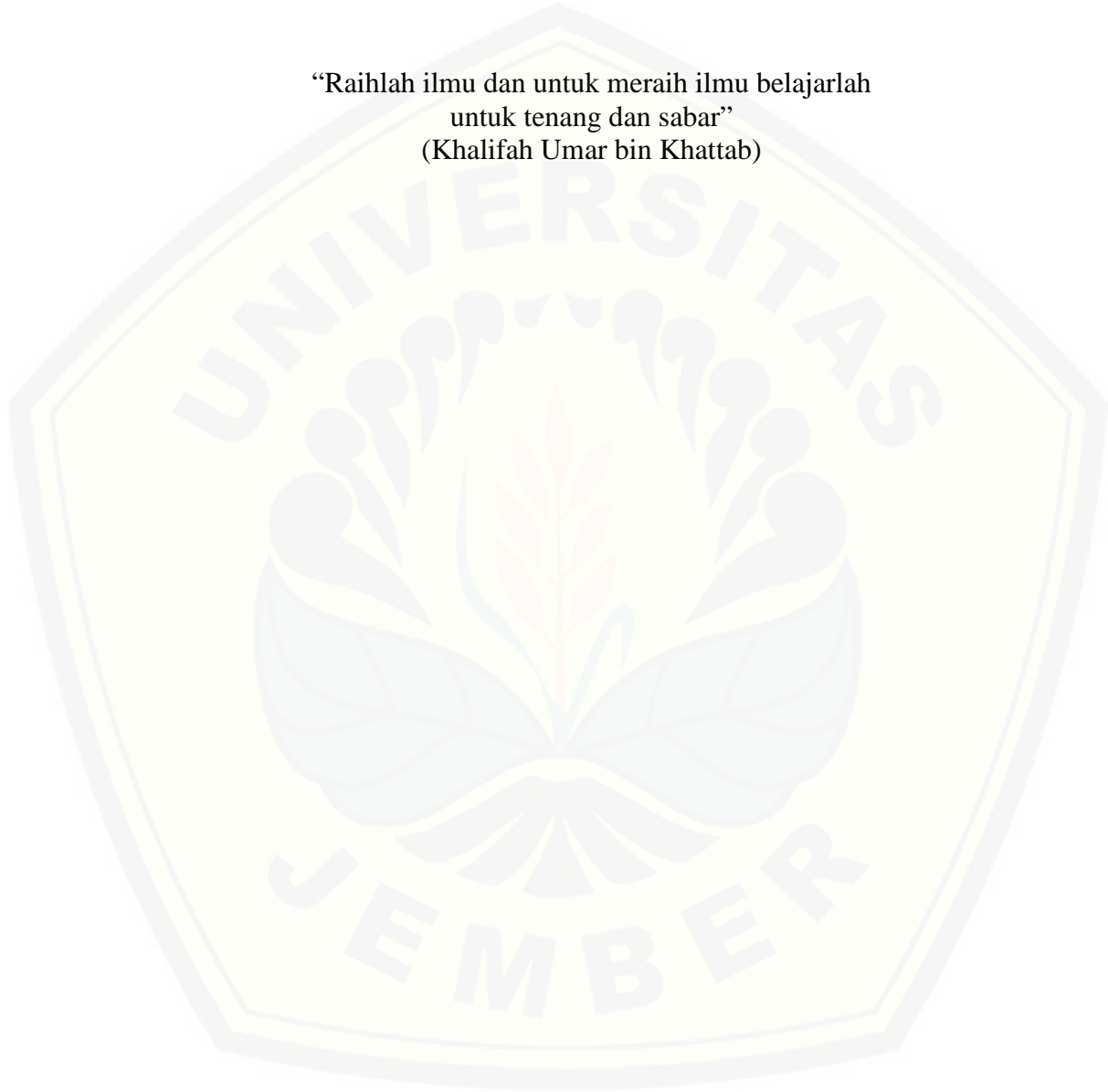
Skripsi ini saya persembahkan untuk Ibunda Memirita Prihatiningtyas (Alm), Ayahanda Akhmad Rohim, Ibunda Soleha dan Saudaraku Raditya Danisswara tercinta serta segenap keluarga besar.



MOTO

“Sesungguhnya jika kamu bersyukur pasti Aku akan menambah (nikmat) kepadamu dan jika kamu mengingkari (nikmat-Ku) maka sesungguhnya adzab-Ku sangat pedih.
(terjemahan *QS Ibrahim* ayat 7)^{*}

“Raihlah ilmu dan untuk meraih ilmu belajarlah
untuk tenang dan sabar”
(Khalifah Umar bin Khattab)



^{*} Departemen Agama Republik Indonesia. 1989. Al-Qur'an dan Terjemahnya. Bandung: Gema Risalah Press.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Fauqi Bilhaq Filahmi

NIM : 111710201051

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Estimasi Erosi Menggunakan *Universal Soil Loss Equation* (USLE) Di Wilayah UPT PSDA Madiun (*Studi Kasus di DAS Madiun-Ngawi*)” adalah benar-benar karya sendiri kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 10 Februari 2016

Yang menyatakan,

Fauqi Bilhaq Filahmi
111710201051

SKRIPSI

**ESTIMASI EROSI MENGGUNAKAN *UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION* (USLE) DI WILAYAH UPT PSDA MADIUN
(Studi Kasus di DAS Madiun-Ngawi)**

Oleh

Fauqi Bilhaq Filahmi
111710201051

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Dr. Indarto, S. Tp., DEA.
Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Hamid Ahmad

PENGESAHAN

Karya tulis ilmiah skripsi “Estimasi Erosi Menggunakan *Universal Soil Loss Equation* (USLE) Di Wilayah UPT PSDA Madiun (*Studi Kasus di DAS Madiun-Ngawi*)” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian/ Teknik Pertanian

Dosen Pembimbing
Utama

Dosen Pembimbing
Anggota

Prof. Dr. Indarto, S.Tp., DEA.
NIP. 197001011995121001

Ir. Hamid Ahmad
NIP. 195502271984031002

Ketua Penguji

Penguji Anggota

Dr. Ir. Heru Ernanda, M. T
NIP. 196010141986031001

Dr. Ir. Tarsicius Sutikto, M. Sc.
NIP. 195508051982121001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

Dr. Yuli Witono, S. Tp., M.P.
NIP. 196912121998021001

RINGKASAN

Estimasi Erosi Menggunakan *Universal Soil Loss Equation* (USLE) Di Wilayah UPT PSDA Madiun (*Studi Kasus di DAS Madiun-Ngawi*); Fauqi Bilhaq Fiilahmi, 111710201051; 2016: 44 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Pertumbuhan penduduk di Indonesia memiliki kecenderungan yang terus meningkat pada tiap tahunnya. Berdasarkan sensus pada 2010 penduduk Indonesia mencapai 237,6 juta jiwa. Dengan penambahan penduduk ini tentu meningkatkan juga penggunaan lahan untuk pemukiman penduduk. Tekanan terhadap lahan yang semakin tinggi akan berdampak pada seluruh komponen lingkungan akibat pemanfaatan sumberdaya alam yang melampaui daya dukung lingkungan hingga menyebabkan lahan terdegradasi. Dampak dari terdegradasinya lahan menyebabkan lahan mengalami penurunan produktivitas karena hilangnya lapisan atas tanah yang subur dan baik untuk pertumbuhan tanaman serta berkurangnya kemampuan tanah untuk menyerap dan menahan air disebabkan oleh erosi. Di Jawa Timur dampak erosi dapat dilihat dengan adanya lahan kritis seluas 4850,42 km² atau 10,08% dari total luas Jawa Timur. Penanggulangan erosi dan pola tata ruang yang baik sangat dibutuhkan mengingat dampak yang ditimbulkan erosi dapat mempengaruhi banyak aspek seperti ketahanan pangan dan ketersediaan air.

Pendugaan erosi dilakukan dengan upaya model matematis. Kuantifikasi pertama pendugaan erosi tanah merupakan fungsi dari faktor panjang dan kemiringan lereng. Kemudian persamaan tersebut ditambah dengan faktor tanaman dan praktek konservasi tanah. Setelah itu dilakukan penyempurnaan dengan penambahan faktor erodibilitas dan intensitas hujan. Berdasarkan data-data yang diperoleh maka Wischmeier dan Smith (1978) mengembangkan persamaan *Universal Soil Loss Equation* (USLE). Pengembangan model prediksi erosi telah banyak dikembangkan bahkan USLE juga mengalami pengembangan seperti *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE) yang parameternya sama dengan USLE namun pada persamaan panjang dan kemiringan lereng. Pada saat ini pemodelan pendugaan erosi dilakukan dengan memanfaatkan sistem Informasi

Geografis (SIG). Di Indonesia USLE digunakan untuk memprediksi erosi. Kemenhut (2013b) menyatakan perhitungan kehilangan tanah akibat erosi lapis dan alur menggunakan rumus USLE. Pengembangan model USLE yang diaplikasikan pada kondisi wilayah yang berbeda dapat menghasilkan nilai perkiraan yang berbeda, terutama pada luas wilayah yang dikaji. Keterbatasan USLE tersebut dapat menyebabkan *over estimate* pada hasil pendugaan erosi, namun sampai saat ini USLE masih diaplikasikan secara luas di dunia untuk menduga erosi. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk (1) menghitung erosi secara spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG), (2) mengidentifikasi kesesuaian hasil metode USLE dengan karakteristik yang dimiliki oleh DAS kajian.

Penelitian ini dilaksanakan dengan cara mengalikan faktor erosi secara spasial dengan metode USLE yaitu $A = R \times K \times CP \times LS$. A merupakan laju erosi (ton/ha/tahun), R adalah nilai erosivitas hujan (MJ.cm/tahun) didapatkan dari data hujan harian Dinas PU pengairan (1993 – 2015), K merupakan nilai erodibilitas tanah (ton/ha/MJ.mm) didapat dari Peta Tanah Tinjau Lembaga Penelitian Tanah (1966), CP merupakan indeks pengelolaan tanaman dan konservasi manusia berasal dari Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) (Bakosurtanal, 1998 – 2001) dan LS merupakan panjang dan kemiringan lereng didapat dari ASTER-GDEM (2011). Berdasarkan peta yang diperoleh klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi (TBE) didominasi oleh TBE sangat ringan (<15 ton/ha/tahun) dengan luas 97,69% (laju erosi 0,1 mm/tahun); TBE ringan 1,97% (2,33 mm/tahun); sedang 0,3% (8,27 mm/tahun); berat 0,05% (22,85); sangat berat 0,002% (51,32 mm/tahun). Dominasi nilai TBE sangat ringan dikarenakan bentuk DAS yang memanjang dan sempit maka pada daerah kajian memiliki jarak antara tempat jatuhnya air hujan sampai outlet pun jauh lebih lama. Namun untuk skala DAS penggunaan metode USLE dianggap *over estimate* terutama pada kelas erosi sedang sampai sangat berat dikarenakan prediksi tidak mempertimbangkan pengendapan sedimen. Selain itu keragaman yang dimiliki DAS menjadi keterbatasan dalam prediksi menggunakan USLE. Hasil prediksi USLE masih dapat digunakan sebagai dasar pemilihan penggunaan lahan dan konservasi.

SUMMARY

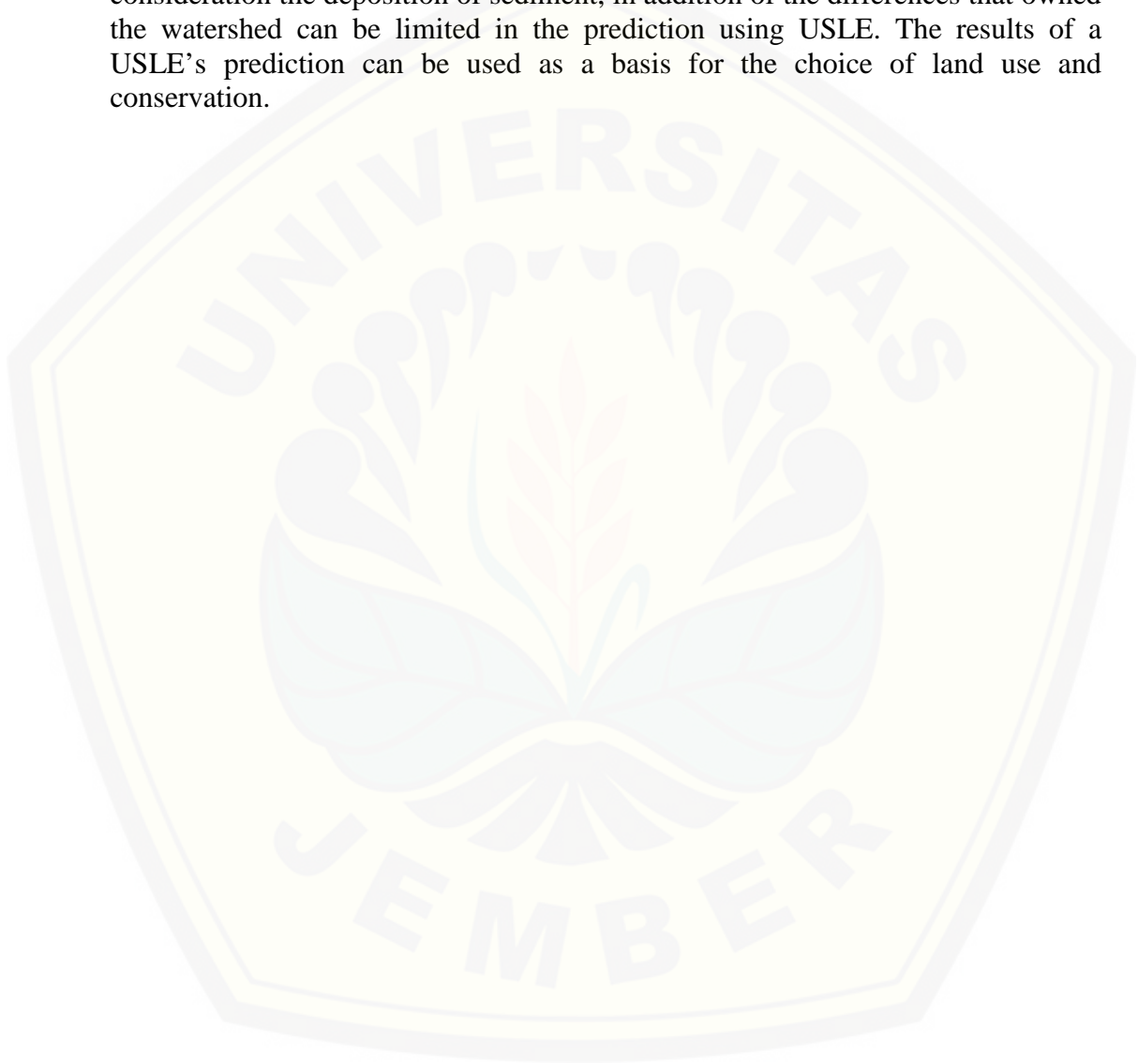
Estimation of Erosion Rate Using the Universal Soil Loss Equation (USLE in area UPT PSDA Madiun (The Case Study of DAS Madiun-Ngawi); Fauqi Bilhaq Filahmi, 111710201051; 2016: 44 pages; Agricultural Engineering Department, Faculty of Agricultural Technology, Jember University.

The population growth in Indonesia had tendency that continues risen in every year. Based on visited 2010 Indonesian population reached 237.6 million peoples. With the growing population of this were certainly also increased the used of land to the residential area. Pressure on land that higher will had an impact on all components environment due to the utilization of natural resources which surpassed of environment support until caused degraded. The impact of land degraded caused by land had experienced a fall productivity due to loss of the top layer of soil that was fertile and good for the growth of plants and to reduce the ability of land to absorb and hold water caused by erosion. In East Java the impact of erosion showed with the critical areas 4850.42 km² or 10.08% of the total East Java. Reduce erosion and spatial pattern good needed considered impacts generated erosion can affected many aspect.

The estimation of erosion done with the effort to mathematical model. Quantification of first estimation soil erosion was a function of factors length and slope. Then the equation plus by a factor of plants and the practice of soil conservation. After that, added factor of erodibility and intensity of rain. Based on the data obtained by the Wischmeier and Smith (1978) that developed of universal soil loss equation (USLE). USLE had developed likes revised universal soil loss equation (RUSLE) the parameter equals similarities with USLE was length and slope. At that moment, estimation modeling erosion conducted by used Geographical Information System (SIG). In Indonesia, USLE used to predicted erosion. Kemenhut (2013b) said that the calculation lost ground due to erosion layers and grooves used USLE formulas. The development of models of USLE applied to the different, especially in the area of the study. The limited USLE can caused over estimate on the outcome of the estimation of erosion, but until now USLE still applied widely in the world to suggest that erosion. The aim of this study was to (1) counting erosion in spatial used Geographical Information System (SIG), (2) to identified conformity the results of a method of USLE with characteristics that owned by DAS study.

The research was carried out by means of multiplying erosion factor in terms with the USLE named $A = R \times K \times CP \times LS$. A is the erosion (tons/ha/year), R is the value of rain erosivity (MJ.cm/years) obtained from the daily rain agency irrigation (1993-2015), K is considered as land erodibility (tons/ha/MJ.mm) obtained from The Map of Observation Research Land Institute (1966), CP index plants is management and conservation human beings from map of RBI (Bakosurtanal, 1998 – 2001) and LS is length and slope from ASTER-GDEM (2011). Based on the map from classification of erosion rate which was dominated by the very low (<15 tons/ha/year) with the coverage area 97.69% (erosion rate

0.1 mm/year); low erosion rate was 1,97% (2.33 mm/year); moderate erosion rate 0.3% (8.27 mm/year); high 0.05% (22.85); very high 0.002% (51.32 mm/year). The dominate of erosion rate was very low because of the shape of DAS which was elongated and narrow and in the areas being studied had distance between the fell of water until the outlet of the rain was much longer. But to scaled the watershed of the used of a method of USLE considered over estimate especially moderate to very high classification because of a prediction did not take into consideration the deposition of sediment, in addition of the differences that owned the watershed can be limited in the prediction using USLE. The results of a USLE's prediction can be used as a basis for the choice of land use and conservation.



PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat, nikmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Estimasi Erosi Menggunakan *Universal Soil Loss Equation (USLE)* Di Wilayah UPT PSDA Madiun (*Studi Kasus di DAS Madiun-Ngawi*)”. 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 lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Yuli Witono, S. Tp., M.P., selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember beserta jajarannya;
2. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, S.Tp., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Universitas Jember beserta jajarannya;
3. Prof. Dr. Indarto, S.Tp., DEA., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing Utama skripsi yang telah meluangkan waktu, pikiran, sabar dalam penyelesaian penulisan skripsi ini serta membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Ir. Hamid Ahmad, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan sabar dalam penyelesaian penulisan skripsi ini;
5. Dr. Ir. Heru Ernanda, M. T., selaku Ketua Penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun guna lebih baiknya skripsi ini;
6. Dr. Ir. Tarsicius Sutikto, M. Sc., selaku Penguji Anggota yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun guna lebih baiknya skripsi ini;
7. Ir. Muharjo Pudjojono, selaku Komisi Bimbingan yang telah memberikan arahan dan dorongan dalam penyelesaian skripsi ini;
8. Orang tua, Ibu Memirita (Alm), Ayah Akhmad Rohim dan Ibu Soleha, adikku Raditya, Hani serta segenap keluarga besar yang telah memberikan dorongan dan doa serta penyemangat demi terselesaikannya skripsi ini;

9. Rekan kerja satu bimbingan skripsi Rusdani, Ugis, tanjung, ade, Agung dan Haryadi yang telah memberi semangat dan tempat berbagi pikiran tentang skripsi ini;
10. Rekan seperjuangan TEP 11 yang menjadi penyemangat dan memberikan dorongan serta doa;
11. Rekan rumah ciliwung yang menjadi penyemangat dan memberikan dorongan serta doa;
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima kritik serta saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat dan dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Jember, Februari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTO	iii
PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN SKRIPSI	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)	4
2.2 Tanah	5
2.2.1 Tekstur Tanah	7
2.2.2 Struktur Tanah	7
2.2.3 Jenis Tanah	7
2.3 Presipitasi (Curah Hujan)	9
2.4 Erosi	10
2.5 Pendugaan Erosi	12
2.6.1 Erosivitas (R)	13
2.6.2 Erodibilitas (K)	14

2.6.3 Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)	15
2.6.4 Faktor Vegetasi Penutup dan Pengelolaan Manusia	16
BAB 3. METODOLOGI	19
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.2.1 Alat yang Digunakan pada Penelitian	19
3.2.2 Bahan yang Digunakan pada Penelitian	19
3.3 Prosedur Penelitian	21
3.3.1 Pengolahan Data Hujan untuk Faktor Erosivitas (R).....	22
3.3.2 Pengolahan Faktor Erodibilitas (K)	22
3.3.3 Pengolahan Faktor Vegetasi Penutup dan Pengelolaan Manusia (CP)	22
3.3.4 Pengolahan Data DEM untuk Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS).....	22
3.3.5 Input Layer GIS dan Data Atribut	22
3.3.6 Penggabungan Layer GIS	23
3.3.7 Reklasifikasi	24
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Faktor R	25
4.2 Faktor K	28
4.3 Faktor CP	31
4.4 Faktor LS	35
4.5 Analisis Tingkat Bahaya Erosi	38
BAB 5. PENUTUP	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	46

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Kriteria Pemilihan Metode	14
2.2 Nilai Erodibilitas Tanah (K)	14
2.3 Klasifikasi Kemiringan Lereng	16
2.4 Penentuan Nilai CP Berdasarkan Jenis Penggunaan Lahan	17
2.5 Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi	18
4.1 Nilai Erosivitas di Daerah Penelitian	26
4.2 Jenis Tanah di Daerah Penelitian	28
4.3 Luas Tataguna Lahan di Daerah Penelitian	32
4.4 Kemiringan Lereng di Daerah Penelitian	35
4.5 Klasifikasi TBE di Daerah Penelitian	39

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Erosi	12
3.1 Wilayah Penelitian	20
3.2 Diagram Alir Penelitian	21
4.1 Peta Erosivitas Hujan	27
4.2 Peta Erodibilitas Tanah	30
4.3 Peta Tataguna Lahan	31
4.4 Peta Tataguna Lahan Berdasarkan Nilai CP	34
4.5 Peta Kemiringan Lereng	36
4.6 Peta Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)	37
4.7 Peta Laju Erosi	38
4.8 Peta Tingkat Bahaya Erosi	42

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk di Indonesia memiliki kecenderungan yang terus meningkat pada tiap tahunnya. Berdasarkan sensus pada 2010 penduduk Indonesia mencapai 237,6 juta jiwa (BPS, 2016). Dengan penambahan penduduk ini tentu meningkatkan juga penggunaan lahan untuk pemukiman penduduk. Pengolahan lahan tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan tempat tinggal tetapi juga untuk memenuhi kebutuhan pangan maupun sandang. Tekanan terhadap lahan yang semakin tinggi akan berdampak pada seluruh komponen lingkungan akibat pemanfaatan sumberdaya alam yang melampaui daya dukung lingkungan hingga menyebabkan lahan terdegradasi. Dampak dari terdegradasinya lahan menyebabkan lahan mengalami penurunan produktivitas karena hilangnya lapisan atas tanah yang subur dan baik untuk pertumbuhan tanaman serta berkurangnya kemampuan tanah untuk menyerap dan menahan air disebabkan oleh erosi. Penurunan produktivitas lahan merupakan dampak *on site effect* dari erosi sedangkan dampak *off site effect* dari erosi seperti sedimentasi sungai, waduk, jaringan irigasi dan kerusakan lainnya. Di Jawa Timur dampak erosi dapat dilihat dengan adanya lahan kritis seluas 4850,42 km² atau 10,08% dari total luas Jawa Timur (Kemenhut, 2015). Luas tersebut belum termasuk lahan yang berpotensi kritis dan sangat kritis. Penanggulangan erosi dan pola tata ruang yang baik sangat dibutuhkan mengingat dampak yang ditimbulkan erosi dapat mempengaruhi banyak aspek seperti ketahanan pangan dan ketersediaan air.

Pendugaan erosi dilakukan dengan upaya model matematis. Kuantifikasi pertama pendugaan erosi tanah merupakan fungsi dari faktor panjang dan kemiringan lereng. Kemudian persamaan tersebut ditambah dengan faktor tanaman dan praktek konservasi tanah. Setelah itu dilakukan penyempurnaan dengan penambahan faktor erodibilitas dan intensitas hujan. Berdasarkan data-data yang diperoleh maka Wischmeier dan Smith (1978) mengembangkan persamaan *Universal Soil Loss Equation* (USLE). USLE pertama kali digunakan

pada lahan pertanian di Amerika Utara dengan penanaman tanaman yang relatif sama pada tiap tahunnya. Pengembangan model prediksi erosi telah banyak dikembangkan bahkan USLE juga mengalami pengembangan seperti *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE) yang parameternya sama dengan USLE namun pada persamaan panjang dan kemiringan lereng. Pada saat ini pemodelan pendugaan erosi dilakukan dengan memanfaatkan sistem Informasi Geografis (SIG). Pemanfaatan SIG dimaksudkan untuk mempermudah pengelolaan baik data maupun analisis yang dilakukan. Di Indonesia USLE digunakan untuk memprediksi erosi. Kemenhut (2013b) menyatakan perhitungan kehilangan tanah akibat erosi lapis dan alur menggunakan rumus USLE. Selain itu penggunaan USLE dimaksudkan untuk rencana tata ruang Daerah Aliran Sungai (DAS) yang merupakan dasar pemanfaatan dan pengendalian lahan sehingga secara langsung mengurangi bencana sekaligus pengikat dalam kerja sama pengelolaan DAS (Bappenas, 2012). DAS bagian hulu merupakan kawasan yang harus dipertahankan sebagai daerah resapan, hal tersebut dikarenakan pada bagian hulu mempunyai fungsi perlindungan terhadap keseluruhan bagian DAS. Pengembangan model USLE yang diaplikasikan pada kondisi wilayah yang berbeda dapat menghasilkan nilai perkiraan yang berbeda, terutama pada luas wilayah yang dikaji. Keterbatasan USLE tersebut dapat menyebabkan *over estimate* pada hasil pendugaan erosi, namun sampai saat ini USLE masih diaplikasikan secara luas di dunia untuk menduga erosi.

1.2 Rumusan Masalah

USLE memiliki keterbatasan dalam pengembangan pada kondisi wilayah yang berbeda. Berdasarkan pernyataan tersebut bagaimanakah hasil pendugaan USLE jika diaplikasikan pada wilayah dalam skala DAS khususnya pada DAS kajian.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menghitung besar erosi secara spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG).
2. Mengidentifikasi kesesuaian hasil metode USLE dengan karakteristik yang dimiliki oleh DAS kajian.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini memberikan informasi tentang erosi pada daerah kajian sebagai dasar pertimbangan pengelolaan lahan bagi pemerintah dan instansi terkait serta mengetahui kesesuaian hasil model USLE jika diterapkan pada skala DAS.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Berdasarkan UU nomor 7 tahun 2004 menyatakan bahwa Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Proses-proses air yang terjadi di dalam DAS dikenal dengan siklus hidrologi. Masalah seperti erosi, sedimentasi, longsor dan banjir terpengaruh oleh karakteristik DAS baik fisik, sosial ekonomi hingga budaya masyarakatnya. Karakteristik fisik DAS merupakan variabel dasar yang menentukan proses hidrologi pada DAS. Karakteristik sosial ekonomi dan budaya masyarakat adalah variabel yang mempengaruhi percepatan perubahan kondisi DAS (Rahayu *et al.*, 2009: 8). Karakteristik tersebut meliputi kelerengan, tanah dan penutupan lahan, sedangkan iklim berpengaruh terhadap proses hidrologi terutama curah hujan. Luas DAS merupakan faktor penentu pembentukan hidrograf aliran. Semakin besar luas DAS kecenderungan jumlah curah hujan yang diterima semakin besar, tetapi beda waktu antara antara puncak curah hujan dan puncak hidrograf aliran menjadi lebih lama (Asdak, 2004: 155).

DAS memiliki dua bentuk yaitu memanjang dan melebar. Bentuk DAS pengaruh pada pola aliran pada sungai. DAS dengan bentuk memanjang dan sempit cenderung memiliki laju aliran permukaan lebih kecil dibandingkan dengan bentuk DAS melebar atau melingkar. Hal tersebut dikarenakan waktu konsentrasi air pada DAS memanjang dibandingkan dengan DAS melingkar. Jarak antara tempat jatuhnya hujan dengan titik pengamatan lebih besar pada DAS memanjang sehingga air hujan sampai pada titik pengamatan jauh lebih lama maka waktu terjadinya debit puncak dan volume debit puncak semakin lama (Asdak, 2004: 155). Saat terjadi hujan serentak di seluruh DAS maka DAS dengan bentuk memanjang laju aliran akan lebih kecil karena aliran permukaan

akibat hujan pada hulu belum memberikan kontribusi pada titik kontrol ketika aliran permukaan di hilir mengecil sedangkan pada DAS melebar air hujan pada daerah hulu sudah tiba sebelum aliran mengecil. Secara umum DAS dibagi dalam tiga wilayah antara lain (Kemenhut, 2013a: 13):

1. DAS bagian hulu didefinisikan sebagai daerah aliran yang terbatas pada bagian hulu dengan >70% dari permukaan lahan DAS tersebut umumnya memiliki kemiringan lahan >8%. Aspek prioritas pemanfaatan lahan adalah konservasi tanah dan pengendalian erosi. Secara hidrologis DAS bagian hulu biasanya membentuk daerah utama pengisian kembali curah hujan untuk air permukaan dan air tanah dari DAS;
2. DAS bagian tengah didefinisikan sebagai daerah aliran yang terbatas pada bagian tengah dengan 50% dari permukaan DAS tersebut mempunyai kemiringan lahan <8% baik untuk konservasi tanah maupun pengendalian banjir. Secara hidrologis DAS bagian tengah membentuk daerah utama transisi curah hujan untuk air tanah;
3. DAS bagian hilir didefinisikan sebagai daerah aliran yang terbatas pada bagian hilir dengan kurang lebih 70% permukaannya mempunyai kemiringan <8%. Pengendalian banjir dan drainase biasanya merupakan faktor-faktor yang terabaikan dalam pengembangan tataguna lahan.

2.2 Tanah

Tanah merupakan akumulasi tunuh alam bebas pada bumi yang mampu menumbuhkan tanaman dan memiliki sifat sebagai akibat pengaruh iklim dan jasad hidup yang bertindak terhadap bahan induk dalam keadaan relief tertentu dalam jangka waktu tertentu (Darmawijaya, 1997:9). Terbentuknya tanah memiliki dua syarat yaitu tersedia bahan induk dan faktor yang mempengaruhi. Bahan induk berwujud batuan, mineral dan zat organik. Mineral merupakan bahan alam homogen dari senyawa anorganik asli mempunyai susunan kimia tetap dan susunan molekul tertentu dalam bentuk geometrik. Dipandang dari sudut ilmu tanah mineral penyusun batuan dibagi menjadi tiga golongan yaitu mineral primer, sekunder sebagai hasil rombakan mineral primer dan aksesori yang

terdapat pada hampir semua batuan dan jumlahnya sedikit. Namun batas diantara ketiga golongan tidak tegas karena beberapa mineral termasuk primer dan sekunder. Batuan merupakan bahan padat yang terbentuk di alam membentuk kerak bumi umumnya tersusun atas satu mineral atau lebih. Berdasarkan terbentuknya batuan dibedakan menjadi tiga antara lain:

1. Batuan beku (terbentuk oleh pembekuan magma, tidak mengandung fosil, tekstur padat mampat dan struktur homogen, susunan sesuai dengan pembentuknya);
2. Batuan endapan (terjadi karena proses pengendapan bahan yang diangkut oleh air ataupun udara, berlapis-lapis nyata maupun tidak nyata, mengandung sisa-sisa jasad dan ada keseragaman yang nyata dari bagian berbentuk bulat-bulat yang menyusunnya);
3. Batuan malihan (terbentuk dari batuan beku dan endapan atau malihan lainnya yang mengalami proses perubahan susunan dan bentuknya akibat pengaruh panas, tekanan dan kimia)

Faktor pembentukan tanah meliputi iklim, kehidupan, bahan induk, topografi dan waktu (Darmawijaya, 1997:12). Tanpa iklim tanah tidak akan terbentuk. Iklim merupakan rata-rata cuaca. Komponen iklim utama adalah curah hujan dan temperatur. Makhluk hidup memiliki pengaruh baik di waktu hidupnya maupun sesudah mati. Diantara makhluk hidup yang paling berpengaruh adalah vegetasi karena bertempat kedudukan tetap untuk waktu yang lama sedangkan manusia dan hewan berpengaruh tidak langsung terhadap vegetasi. Topografi berpengaruh mempercepat dan memperlambat kegiatan iklim. Pada tanah datar kecepatan pengaliran air lebih kecil daripada tanah berombak. Topografi miring mempercepat erosi sehingga mempengaruhi solum. Lamanya waktu pelapukan bahan induk dan perkembangan tanah memainkan peranan dalam menentukan jenis tanah yang terbentuk. Pentingnya waktu dapat diketahui dengan membandingkan tanah-tanah di daerah glasial dengan tanah serupa pada daerah tidak bersalju.

2.2.1 Tekstur Tanah

Karena perbedaan penyusun tanah baik dari mineral, batuan dan bahan organik maka tanah terbentuk dengan perbedaan tekstur dan struktur. Tekstur tanah adalah perbandingan relatif tiga golongan besar partikel tanah dalam suatu massa tanah antara lain fraksi lempung, debu dan pasir (Darmawijaya, 1997:163). Tekstur suatu horizon tanah merupakan sifat yang hampir tidak berubah berlainan dengan struktur dan konsistensi. Terkadang didapati perubahan dalam lapisan karena dipindahkannya lapisan permukaan atau berkembang lapisan permukaan yang baru. Pemindahan ini dapat disebabkan oleh erosi tanah. Tekstur tanah turut menentukan tata air dalam tanah berupa kecepatan infiltrasi, penetrasi dan kemampuan pengikatan air oleh tanah. Penggolongan tekstur tanah didasarkan atas perbandingan kandungan lempung, debu dan pasir tanah. Nama kelas tekstur tanah pada umumnya diambil dari fraksi yang sebagian besar dikandung massa tanah tersebut. Tekstur tanah mempunyai hubungan yang sangat erat dengan konsistensi dan struktur tanah sehingga tanah pasir selalu lepas-lepas dan berbutir tunggal sedangkan tanah lempung selalu sangat teguh dan hampir selalu mampat.

2.2.2 Struktur Tanah

Struktur tanah merupakan susunan saling mengikat antar partikel-partikel tanah. Ikatan partikel berwujud agregat-agregat yang membentuk tanah. Pada umumnya agregat tanah berbentuk remah mempunyai ruang pori di antara agregat yang lebih banyak daripada struktur gumpal ataupun pejal sehingga perembesan airnya lebih cepat dan biasanya lebih subur. Struktur tanah sangat mempengaruhi sifat dan keadaan tanah antara lain gerakan air, lalu lintas panas dan aerasi. Berdasarkan hal tersebut maka tata air, pernafasan akar dan penetrasi akar banyak ditentukan oleh struktur tanah.

2.2.3 Jenis Tanah

Dalam pengklasifikasian jenis tanah melalui berbagai pengembangan. Di Indonesia telah dikembangkan sistem klasifikasi oleh Lembaga Penelitian Penelitian Tanah Bogor (Darmawijaya, 1997: 277). Iklim tropis menyebabkan

pelapukan dan perkembangan tanah berlangsung intensif. Beberapa jenis tanah dijelaskan secara singkat sebagai berikut.

1. Regosol

Regosol umumnya belum jelas membentuk diferensi horison. Tekstur tanah biasa kasar, struktur kersai atau remah, konsistensi lepas sampai gembur dengan pH 6 – 7. Umumnya tanah ini belum membentuk agregat sehingga peka terhadap erosi.

2. Aluvial

Tanah aluvial merupakan hasil endapan jenis tanah di daerah sekitarnya. Suatu hal yang mencirikan pembentukan tanah aluvial adalah bagian terbesar bahan kasar akan diendapkan tidak jauh dari sumbernya. Tekstur bahan yang diendapkan pada tempat yang sama akan lebih seragam. Sifat tanah aluvial dipengaruhi oleh sumber bahan asal sehingga kesuburannya ditentukan oleh sifat bahan asalnya. Tanah aluvial di Indonesia umumnya digunakan untuk kegiatan pertanian.

3. Latosol

Latosol meliputi tanah-tanah yang telah mengalami pelapukan intensif dan perkembangan tanah lanjut. Ciri umum tanah ini yaitu bertekstur lempung sampai geluh, struktur remah sampai gumpal lemah dan konsistensi gembur. Latosol terbentuk di daerah beriklim humid-tropika tanpa bulan kering sampai subhumid yang bermusim kemarau agak lama. Bervegetasi hutan basah sampai savana, bertopografi dataran bergelombang sampai berbukit.

4. Andosol

Tanah andosol merupakan tanah yang berwarna hitam kelam dan tersebar di daerah vulkanis termasuk Indonesia. Tanah andosol memiliki daya pengikatan air yang sangat tinggi, konsistensi juga sangat tinggi, selalu jenuh air jika tertutup oleh vegetasi, sangat gembur tetapi memiliki ketahanan struktur yang tinggi dan permeabilitas sangat tinggi karena mengandung makropori.

5. Grumusol

Grumusol memiliki ciri tekstur lempung dalam bentuk yang mencirikan, struktur lapisan atas granuler sedangkan pada lapisan bawah gumpal atau pejal, mengandung kapur, bahan induk berkapur dan berlempung sehingga kedap air.

2.3 Presipitasi (Curah Hujan)

Pada daerah tropis presipitasi umumnya berupa curah hujan yang merupakan salah satu proses daur hidrologi. Curah hujan merupakan uap yang mengalami proses kondensasi dan jatuh pada tanah (Sosrodarsono dan Takeda, 1999:7). Proses terjadinya hujan diawali ketika sejumlah uap air di atmosfer bergerak ke tempat yang lebih tinggi oleh adanya beda tekanan uap air dari tekanan besar ke tekanan kecil. Uap yang bergerak ke tekanan tinggi (suhu lebih rendah) pada ketinggian tertentu mengalami penjumlahan dengan diikuti proses kondensasi maka terjadi perubahan menjadi butiran-butiran air hujan (Asdak, 2004: 40). Pengaruh hujan terhadap erosi berhubungan dengan intensitas hujan yang terjadi. Intensitas curah hujan merupakan derajat curah hujan yang dinyatakan dengan jumlah curah hujan per satuan waktu (Sosrodarsono dan Takeda, 1999: 7). Perhitungan curah hujan biasanya memerlukan informasi besarnya volume curah hujan rata-rata untuk suatu daerah tangkapan daerah aliran sungai. Untuk mendapatkan data curah hujan yang mewakili daerah tangkapan air tersebut dengan menggunakan alat penakar hujan. Untuk menghitung curah hujan ada beberapa metode. Untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan yang disebut curah hujan wilayah. Cara perhitungan curah hujan wilayah sebagai berikut (Sosrodarsono dan Takeda, 1999: 27).

1. Rata-rata aritmatik

Cara ini yaitu menghitung rata-rata secara hujan yang diperoleh dalam dan sekitar daerah bersangkutan.

$$= \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

= curah hujan daerah (mm)

n = jumlah titik pengamatan

R_1, R_2, \dots, R_n = curah hujan tiap titik pengamatan (mm)

2. Poligon Thiessen

Asumsi yang digunakan bahwa tebal hujan pada setiap titik di dalam atau dekat dengan DAS adalah sama dengan tebal hujan di stasiun hujan yang berdekatan (Indarto, 2010: 19). Interpolasi dilakukan dengan membuat batas luas satuan yang sama untuk tiap stasiun. Stasiun hujan terdekat terhadap setiap titik pada DAS dihubungkan secara grafis dan membuat garis tegak lurus yang membagi dua stasiun terdekat maka akan terbentuk poligon yang mengelilingi setiap stasiun hujan. Persamaan dapat dilihat di bawah ini (Sosrodarsono dan Takeda, 1999: 27).

$$= \left(\frac{A_1 R_1}{a} \right) + \left(\frac{A_2 R_2}{a} \right) + \dots + \left(\frac{A_n R_n}{a} \right) \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

= curah hujan daerah

A_1, A_2, \dots, A_n = luas masing-masing daerah (ha)

R_1, R_2, \dots, R_n = curah hujan masing-masing penakar hujan (mm)

A = luas total daerah tangkapan air (ha)

2.4 Erosi

Erosi adalah suatu peristiwa hilang atau terkikisnya tanah atau bagian tanah dari suatu tempat ketempat lain, baik disebabkan oleh pergerakan air ataupun angin (Arsyad, 1989: 30). Erosi terbagi menjadi dua tipe berdasarkan faktor penyebabnya yaitu erosi normal atau alamiah (*geological erosion*) dan dipercepat (*accelerated erosion*). Erosi secara normal atau alamiah terjadi dengan beberapa tahapan antara lain:

1. pemecahan agregat-agregat tanah ke dalam partikel-partikel tanah yaitu butiran-butiran tanah yang kecil (*detachment*);
2. pemindahan partikel-partikel tanah dengan penghanyutan ataupun kekuatan angin (*transportation*);

3. pengendapan partikel-partikel tanah yang terpindahkan atau terangkut di tempat-tempat yang lebih rendah (*sedimentation*).

Erosi ini jarang menimbulkan bencana dikarenakan partikel-partikel yang dipindahkan banyaknya seimbang dengan tanah yang terbentuk di tempat-tempat yang lebih rendah (Kartasapoetra *et al.*, 2000: 35). *Accelerated erosion* merupakan erosi yang prosesnya dipercepat akibat perbuatan manusia misalnya dalam melakukan pengelolaan tanah. Erosi terbagi menjadi beberapa macam berdasarkan bentuknya. Macam-macam bentuk erosi antara lain sebagai berikut.

1. Erosi permukaan

Erosi permukaan sulit terlihat karena proses terjadinya pengangkutan agregat tanah berlangsung secara merata pada seluruh permukaan tanah.

2. Erosi alur

Erosi alur terjadi ketika daya aliran air dengan mudah melakukan pengikisan-pengikisan ke bagian bawahnya terhadap agregat-agregat tanah yang terpecah kemudian membentuk alur-alur pada permukaan tanah yang memanjang ke bawah dan alur tersebut dangkal.

3. Erosi parit

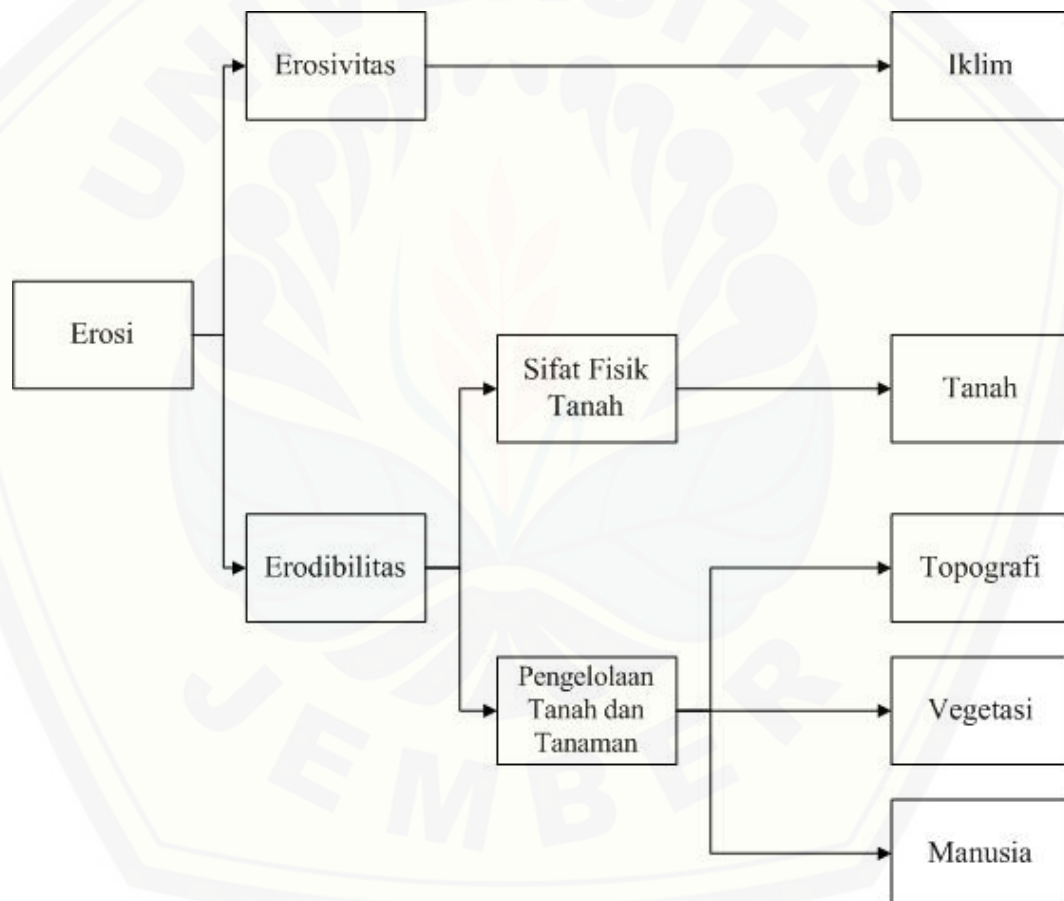
Pada erosi parit alur akan terbentuk lebih dalam dan dapat membentuk parit seperti huruf V jika resistensi tanah agak kuat serta membentuk seperti huruf U jika resistensi tanah tidak kuat. Erosi parit dapat terjadi pula karena adanya perubahan pada permukaan tanah seperti penebangan pohon, pembakaran dan lain-lain sehingga daya tampung air kecil sehingga air yang tertampung mengalir ke daerah di bawahnya dengan deras.

4. Erosi tebing sungai

Erosi ini biasanya terjadi pada sungai yang berbelok-belok dan bergantung pada derasnya arus sungai. Sungai yang lurus jarang menimbulkan erosi tebing melainkan pendangkalan dikarenakan laju arus berada di tengah sedangkan pada kedua sisinya arus berjalan sangat lambat.

2.5 Pendugaan Erosi

Prediksi erosi berbeda dengan perhitungan erosi secara langsung di lapangan. Prediksi atau pendugaan erosi adalah metode untuk memperkirakan laju erosi yang akan terjadi dari tanah yang digunakan dalam suatu penggunaan lahan dan pengelolaan tertentu. Sedangkan perhitungan secara langsung adalah metode untuk menghitung erosi yang terjadi dari tanah secara langsung di lapangan dalam jangka waktu tertentu. Pada dasarnya erosi dipengaruhi oleh tiga faktor utama yaitu meliputi energi (hujan, air limpasan, angin, kemiringan dan panjang lereng), ketahanan (erodibilitas tanah), proteksi (penutupan tanah oleh vegetasi).



Gambar 2.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Erosi
(Sumber: Kartasapoetra *et al.*, 2000: 41)

Metode prediksi berdasarkan analisis spasial dapat dilakukan dengan menggunakan metode USLE. Hasil yang diperoleh berdasarkan dari hubungan antara faktor-faktor penyebab erosi itu sendiri. Persamaan yang digunakan seperti di bawah ini (Wischmeier dan Smith, 1978: 4):

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

- A = banyaknya tanah tererosi (ton/ha/tahun);
 R = faktor erosivitas curah hujan tahunan rata-rata (MJ.cm/tahun);
 K = faktor erodibilitas tanah (ton/ha/MJ.cm);
 LS = faktor panjang dan kemiringan lereng;
 C = faktor vegetasi penutup tanah ;
 P = tindakan konservasi tanah oleh manusia.

2.6.1 Erosivitas Hujan (R)

Perhitungan nilai R memiliki beberapa persamaan yang dapat didasarkan pada iklim dan lokasi dalam wilayah tertentu. Di Indonesia perhitungan nilai R berdasarkan rata-rata curah hujan tahunan. Persamaan dapat digunakan di Indonesia (khususnya Pulau Jawa) dapat menggunakan intensitas hujan selama 30 menit (Bappenas, 2012: II-12) yaitu:

$$R_n = 6,119 \times (\text{Rain})_n^{1,21} \times (\text{Days})_n^{-0,47} \times (\text{MaxP})_n^{0,53} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

- R_n = nilai erosivitas hujan (E_{i30}) tiap stasiun penakar (MJ.cm/tahun);
 Rain_n = jumlah curah hujan bulanan rata-rata tiap stasiun penakar (mm);
 Days_n = jumlah hari hujan rata-rata pada bulan tertentu tiap stasiun penakar;
 MaxP_n = curah hujan harian maksimal pada bulan tertentu (cm).

Hujan bervariasi terhadap tempat maka untuk suatu kawasan yang luas satu alat penakar hujan belum dapat menggambarkan hujan pada daerah tersebut seperti yang telah dijelaskan pada Subbab (2.4). Pemilihan metode disesuaikan dengan keadaan daerah yang dikaji. Penentuan metode yang cocok dapat didasarkan pada berbagai kriteria seperti pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Kriteria Pemilihan Metode

Kriteria	Metode
Jumlah pos penakar	
1. Cukup	Poligon Thiessen, rata-rata hitung
2. Terbatas	Rata-rata hitung atau poligon Thiessen
3. Tunggal	Hujan titik
Luas DAS	
1. 500 – 5000 km ²	Poligon Thiessen
2. < 500 km ²	Rata-rata hitung
Topografi	
1. Pegunungan	Rata-rata hitung
2. Dataran	Poligon Thiessen

(Suripin, 2004: 31-32)

2.6.2 Erodibilitas (K)

Erodibilitas tanah merupakan kepekaan tanah terhadap erosi. Erodibilitas bergantung pada sifat fisik dan kimia tanah. Sifat fisik tersebut meliputi tekstur dan struktur tanah serta daya permeabilitas tanah. Tekstur tanah merupakan ukuran dan porsi partikel yang membentuk tipe tanah sedangkan struktur tanah merupakan susunan partikel tanah yang membentuk agregat tanah. Permeabilitas merupakan kemampuan tanah dalam meloloskan air (Asdak, 2004: 351-352). Unsur kimia yaitu unsur organik yang terkandung tanah. Unsur organik memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan permeabilitas tanah, kapasitas tampung air tanah serta kesuburan tanah (Asdak, 2004: 352). Wischmeier dan Smith (1978: 10) menyatakan nilai erodibilitas didapat dari bantuan nomograf, untuk tanah yang mengandung liat kurang dari 70% dan debu menggunakan persamaan:

$$100 K = 2,1 M^{1,14}(10^{-4}) (12 - a) + 3,25 (b - 2) + 2,5 (c - 3) \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

- M = parameter ukuran partikel;
- a = kandungan organik (persen);
- b = kode struktur tanah yang digunakan dalam klasifikasi tanah;
- c = kelas permeabilitas.

Peta tanah tinjau (Lembaga Penelitian Tanah, 1966) merupakan dasar yang digunakan dalam menentukan jenis tanah. Peta tersebut dapat diinterpretasikan menjadi peta jenis tanah.

Berdasarkan pendekatan jenis tanah pada peta tinjau tanah nilai K yang digunakan dengan ketentuan seperti pada Tabel 2.2 semakin besar nilai K maka kepekaan tanah terhadap erosi semakin tinggi.

Tabel 2.2 Nilai Erodibilitas Tanah (K)

No.	Jenis tanah	Nilai K (ton/ha/MJ.mm)
1.	Alluvial	0,29
2.	Andosol	0,28
3.	Brown forest	0,28
4.	Gle	0,29
5.	Grumusol	0,16
6.	Latosol	0,26
7.	Litosol	0,13
8.	Mediteran	0,16
9.	Organosol	0,29
10.	Podsol merah	0,2
11.	Regosol	0,31

(Sumber: Bappenas, 2012: IV-13).

2.6.3 Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Faktor LS merupakan rasio kehilangan tanah per satuan luas yang dalam keadaan lapang didapat dari panjang lereng 72,6 ft (22,1 m) dengan kemiringan seragam 9% dan dibawahnya dinyatakan identik (Wischmeier dan Smith, 1978:

12). Faktor ini diperoleh dari persamaan:

$$LS = \left(\frac{\lambda}{72,6}\right)^m \times (65,41 \sin^2 \theta + 4,56 \sin \theta + 0,065) \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:

- λ = panjang lereng (ft)
- θ = derajat kemiringan;
- m = koefisien.

Dalam analisis spasial untuk memperoleh kemiringan dan panjang lereng (LS) maka dikembangkan dengan memanfaatkan data *Digital Elevation Model* (DEM). Data dem dapat diperoleh dari ASTER-GDEM (2011).

Dalam perkembangannya faktor LS merupakan faktor kompleks yang mempengaruhi hasil pendugaan erosi. Persamaan asli dikembangkan untuk memudahkan dalam memasukkan dalam perhitungan spasial. Model ini dikembangkan mengingat keterbatasan yang dimiliki oleh model lama dengan menggambarkan alur aliran di lereng yang curam (Soriano, 2013: 126). Persamaan yang telah dimodifikasi sebagai berikut.

$$LS = (m + 1) \times (X.r / 22.13)^m \times (\sin(\theta) / 0,01745) / 0,09^n \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

- X = akumulasi aliran;
 r = resolusi (30 m);
 θ = kemiringan lereng ($^{\circ}$);
 m, n = konstanta.

Nilai m dan n merupakan konstanta yang bergantung pada bagaimana kondisi yang ada. Nilai untuk konstanta m berkisar dari 0,4 – 0,6 dan nilai n 1 – 1,3. Nilai m dan n yang biasa digunakan sebagai standart dalam perhitungan USLE yaitu m = 0,4 dan n = 1,3 (Csafordi *et al.*, 2012: 43). Klasifikasi kemiringan lereng dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.3 Klasifikasi Kemiringan Lereng

Kelas	Kemiringan (%)	Deskripsi
I	8	Datar
II	8 – 15	Landai
III	16 – 25	Agak curam
IV	26 – 40	Curam
V	40	Sangat Curam

(Sumber: Kemenhut, 2013b: 18)

2.6.4 Faktor Vegetasi Penutup dan Pengelolaan Manusia (CP)

Pada dasarnya pengaruh vegetasi (C) terhadap erosi yaitu karena adanya intersepsi air hujan oleh tajuk dan absorpsi air hujan sehingga mengurangi erosivitasnya, pengaruh terhadap limpasan permukaan, peningkatan aktivitas

biologi dalam tanah dan peningkatan kecepatan kehilangan air karena transpirasi (Rahim, 2000:34). Perilaku manusia (P) terhadap pengelolaan sumber daya alam akan mempengaruhi bagaimana erosi tersebut terjadi. Nilai ini dapat ditinjau dari peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) (Bakosurtanal, 1998 – 2001). Dari peninjauan tersebut maka dapat ditentukan penggunaan lahan yang ada. Besar nilai CP dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Penentuan Nilai CP berdasarkan Jenis Penggunaan Lahan

No.	Penggunaan lahan	Nilai CP
1.	Pemukiman	1,00
2.	Rawa/ hutan rawa	0,001
3.	Empang	0,001
4.	Pabrik/ bangunan	1,00
5.	Bandar udara/ pelabuhan	1,00
6.	Penggaraman	1,00
7.	Sungai	0,001
8.	Pasir	1,00
9.	Danau/ bendungan	0,001
10.	Tanah kosong/ padang rumput	0,02
11.	Semak belukar	0,1
12.	Sawah irigasi	0,02
13.	Sawah tadah hujan	0,05
14.	Hutan	0,001
15.	Kebun	0,3
16.	Ladang	0,28

(Sumber: Bappenas, 2012: IV-20)

Pada perkembangan saat ini dalam hidrologi telah dikembangkan analisis menggunakan analisis spasial. Teknologi geospasial merupakan gabungan dari penginderaan jauh, sistem informasi geografi dan positioning yang merupakan kunci pengembangan kajian spasial dari ilmu hidrologi (Trisasongko *et al.*, 2008: 1). Peningkatan teknologi komputasi memungkinkan untuk mengimplementasikan pemodelan geospasial dalam sistem informasi geografis sehingga dapat melakukan model hidrologi pada lanskap yang lebih luas. Analisis spasial membutuhkan data spasial baik berupa gambar dari penginderaan jauh seperti menggunakan Landsat ETM, IKONOS dan lain-lain. Selain data spasial analisis

diperkuat dengan data atribut pendukung dalam melakukan analisis, sehingga dengan integrasi tersebut analisis spasial dapat dilakukan.

ArcGIS merupakan salah satu *software* yang dapat digunakan untuk melakukan analisis spasial. ArcGIS lebih sering digunakan karena memiliki alat atau *tools* yang komprehensif untuk melakukan analisa data dalam bentuk raster (ESRI, 2006: 2). Analisis raster yang dapat dilakukan oleh ArcGIS mencakup analisis medan, pemodelan permukaan (*surface*), interpolasi, dan analisis hidrologi. Dari kemampuan analisa yang dapat dilakukan maka ArcGIS dapat digunakan untuk:

1. prediksi erosi;
2. analisis medan;
3. menentukan tingkat polusi;
4. prediksi resiko kebakaran.

Dalam pengolahan prediksi erosi input data yang dimasukkan pada ArcGis merupakan data dalam bentuk vektor kecuali data DEM yang berformat raster. Setelah dilakukan pengolahan data-data tersebut diubah menjadi data raster yang kemudian *dioverlay* dan dikalikan menggunakan persamaan USLE (Persamaan 2.3). Hasil yang didapat merupakan peta laju erosi yang dapat direklasifikasi dan diketahui prediksi besar Tingkat Bahaya Erosi (TBE) yang terjadi. Di Indonesia besarnya laju erosi yang diijinkan adalah pada daerah yang relatif miring dan tanahnya relatif dalam (solum 90) adalah 25 ton/ha/tahun atau setara dengan 2,5 mm/thn, sedangkan daerah dataran dengan kemiringan datar hingga landai (0-5%) adalah 10 ton/ha/thn atau setara dengan 1 mm/thn (Rahim, 2000: 81). Klasifikasi TBE berdasarkan Kemenhut (2013) seperti pada tabel berikut.

Tabel 2.5 Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi

No.	Kelas TBE	Kehilangan tanah (ton/ha/thn)	Keterangan
1	I	<15	Sangat ringan
2	II	15-60	Ringan
3	III	60-180	Sedang
4	IV	180-480	Berat
5	V	>480	Sangat berat

(Sumber: Kemenhut, 2013b: 11)

BAB 3. METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan, Jurusan Teknik pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember. Daerah kajian yaitu DAS Madiun-Ngawi. Waktu penelitian dimulai pada bulan Mei sampai Oktober 2015. Wilayah penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

3.2 Alat dan Bahan

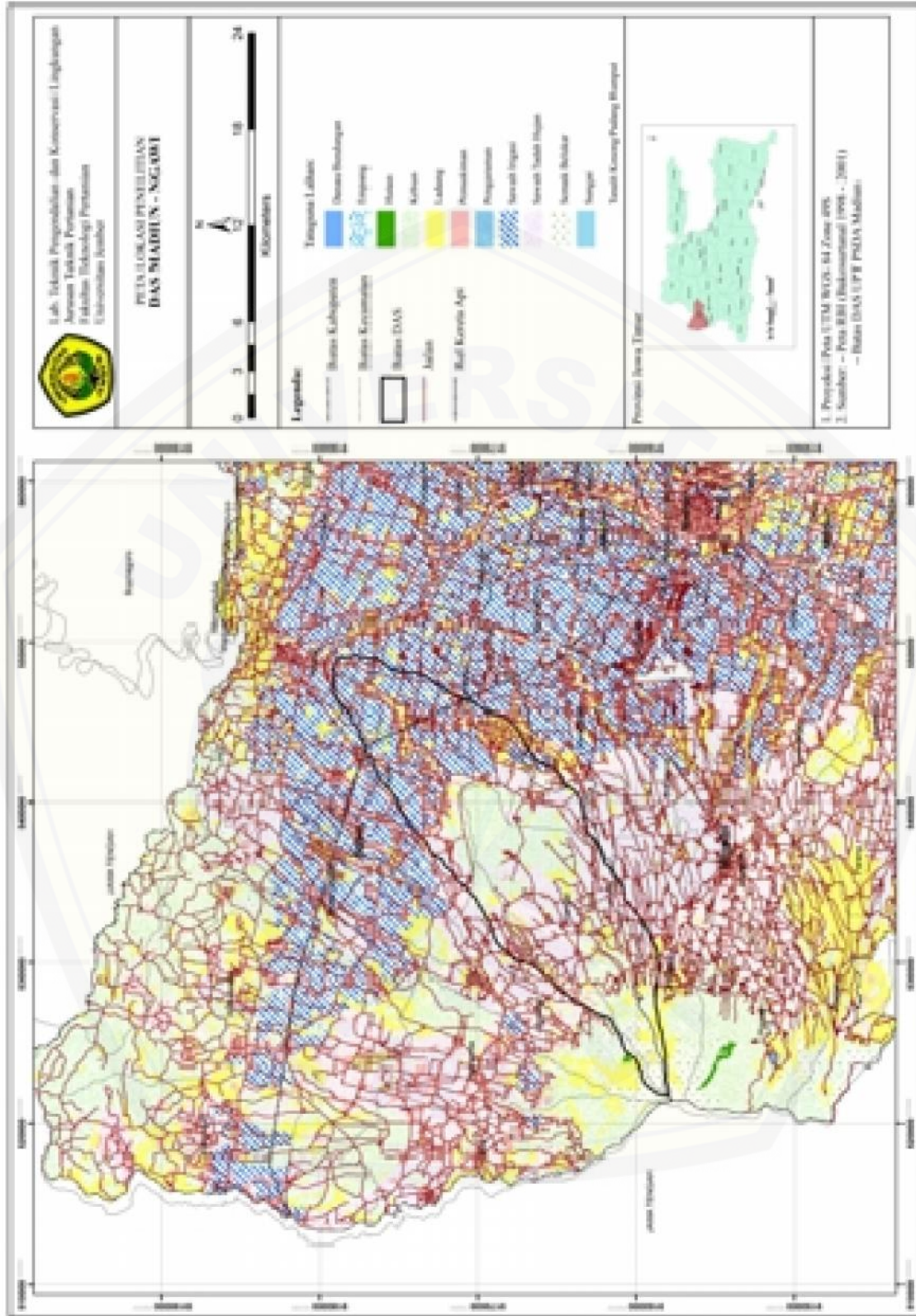
3.2.1 Alat yang Digunakan pada Penelitian.

- a. Laptop atau PC

Sebagai media kerja yang didalamnya ditunjang software pendukung seperti ArcGIS dan Microsoft office.

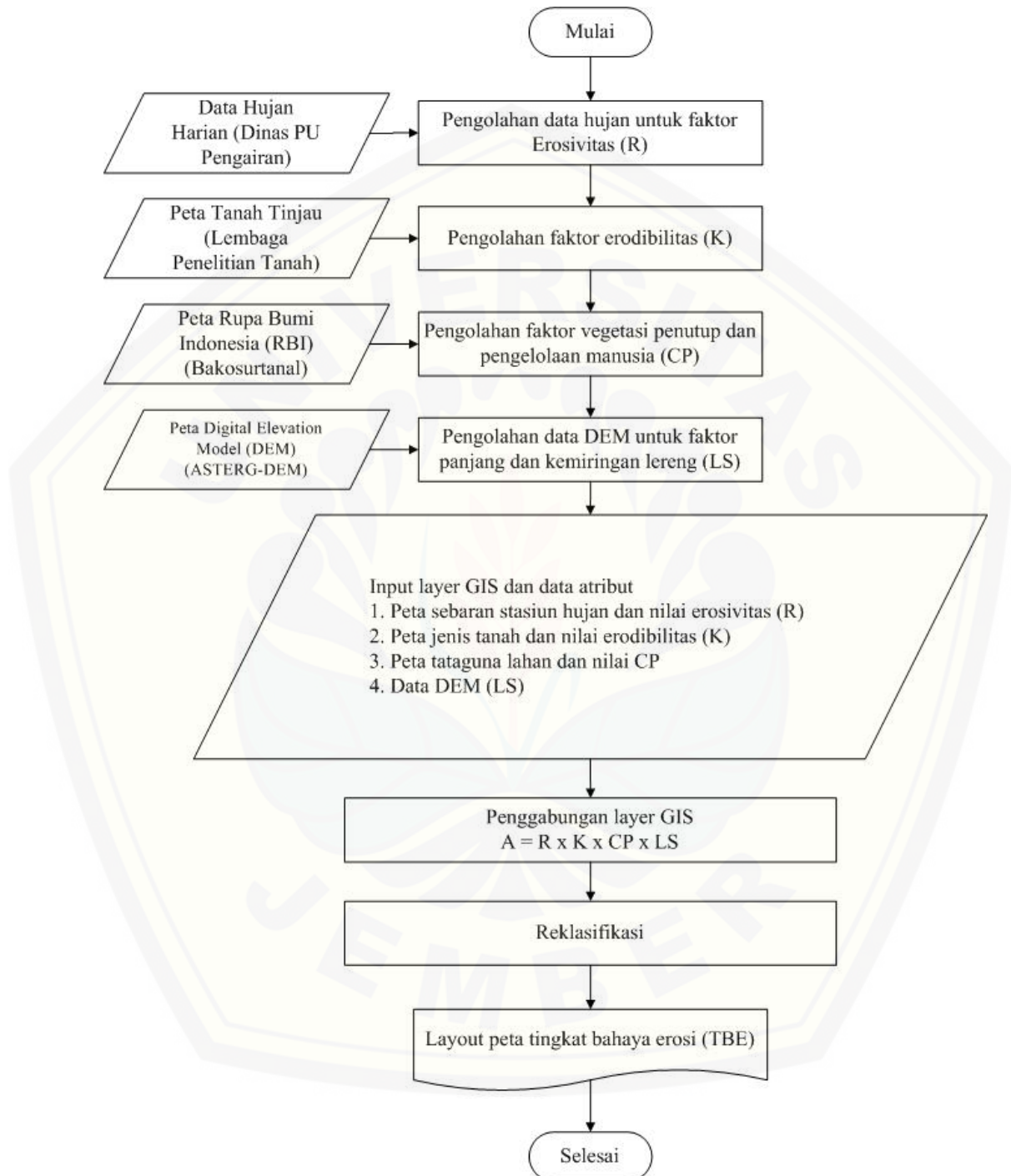
3.2.2 Bahan yang Digunakan pada Penelitian.

- a. Data hujan rata-rata bulanan Kabupaten Ngawi (Dinas PU Pengairan 1993 - 2015);
- b. peta jenis tanah didapatkan dari interpretasi Peta Tanah Tinjau (Lembaga Penelitaian tanah, 1966);
- c. peta tata guna lahan didapatkan dari interpretasi Peta Rupa Bumi Indonesia (Bakosurtanal, 1998 – 2001);
- d. data DEM didapatkan dari ASTER-GDEM (2011).



Gambar 3.1 Wilayah Penelitian
(Sumber: Bakosurtanal (1998 – 2001) dan UPT PSDA Madiun (2015))

3.3 Prosedur Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian
(Sumber: Kartika, 2012)

3.3.1 Pengolahan Data Hujan untuk Faktor Erosivitas (R)

Wilayah penelitian memiliki beberapa stasiun hujan dengan data berupa curah hujan harian yang didapat dari Dinas Pengairan. Dengan menggunakan Persamaan (2.4) maka diperlukan curah hujan bulanan kemudian dicari nilai rata-rata per tahun. Stasiun hujan yang tersebar di sekitar daerah penelitian menunjukkan bahwa untuk menentukan daerah yang terpengaruh maka dilakukan perhitungan curah hujan wilayah. Dalam penentuan metode curah hujan wilayah berdasarkan Tabel 2.1. Jumlah penakar yang cukup dan wilayah didominasi oleh dataran maka penentuan hujan wilayah menggunakan poligon Thiessen.

3.3.2 Pengolahan Faktor Erodibilitas (K)

Penentuan jenis tanah pada penelitian ini berdasarkan hasil interpretasi Peta Tanah Tinjau. Berdasarkan pemotongan peta tersebut maka didapatkan sebaran jenis tanah pada daerah kajian.

3.3.3 Pengolahan Faktor Vegetasi Penutup dan Pengelolaan Manusia (CP)

Peta RBI merupakan acuan yang digunakan dalam penentuan tataguna lahan pada daerah penelitian. Pemotongan dilakukan sesuai dengan daerah kajian.

3.3.4 Pengolahan Data DEM untuk Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Penentuan panjang dan kemiringan lereng memanfaatkan data DEM Jawa Timur. DEM menginterpretasi ketinggian dan kenampakan lereng yang kemudian dipotong berdasarkan wilayah kajian.

3.3.5 Input Layer GIS dan Data Atribut

Faktor faktor erosi yang telah dijabarkan diatas diolah untuk melakukan analisis spasial dengan penambahan data atribut pada layer. Pengolahan layer dijabarkan sebagai berikut.

a. Faktor R

Faktor R merupakan hasil dari perhitungan intensitas hujan selama 30 menit (Persamaan 2.4). Setelah dilakukan perhitungan data tersebut diubah

menjadi layer untuk menentukan faktor R dengan metode yang digunakan yaitu poligin Thiessen.

b. Faktor K

Faktor K didapatkan berdasarkan dari jenis tanah. Pada penelitian ini memanfaatkan hasil digitasi Peta Tanah Tinjau (Lembaga Penelitian Tanah, 1966) untuk menentukan jenis tanah. Setelah diketahui jenis tanah pada daerah penelitian nilai K yang digunakan mengasumsikan bahwa pada daerah penelitian memiliki nilai K yang sama dengan hasil perhitungan erodibilitas yang terdapat pada Bappenas (2012: IV-13).

c. Faktor CP

Pengolahan faktor CP yaitu pengembangan dari Peta RBI (Bakosurtanal, 1998-2001). Dari Peta RBI tersebut didapat penggunaan lahan pada daerah kajian. Berdasarkan hal tersebut kemudian ditentukan nilai CP pada tiap penggunaan lahan. Dalam menentukan nilai CP mengasumsikan sama dengan ketetapan dari Bappenas (2012: IV-20)

d. Faktor LS

Faktor LS didapatkan dengan memanfaatkan data DEM dengan resolusi 30x30 m (ASTER-GDEM, 2011). Dari data DEM tersebut dicari akumulasi aliran dan kemiringan lereng. Setelah ditemukan kedua faktor tersebut dilakukan perhitungan dengan persamaan (2.7). Penulisan pada *raster calculator*: $1.4 * \text{power}(\text{flow accumulation} * \text{resolution} / 22.13, 0.4) * \text{power}(\sin(\text{slope}^\circ * 0.01745) / 0.09, 1.3)$.

3.3.6 Penggabungan Layer GIS

Seluruh layer yang telah diubah dalam format raster dikalikan dengan menggunakan persamaan (2.3). Layer yang digabungkan merupakan hasil keseluruhan perhitungan tiap faktor pada daerah kajian.

3.3.7 Reklasifikasi

Reklasifikasi dilakukan untuk mengetahui hasil Tingkat bahaya Erosi (TBE) secara spasial yang disesuaikan dengan klasifikasi TBE. Klasifikasi yang digunakan berdasarkan Tabel 2.5.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Besar erosi didominasi oleh Tingkat Bahaya Erosi (TBE) sangat ringan (<15 ton/ha/tahun) dengan luas 97,69% laju erosi 0,1 mm/tahun; TBE ringan 1,97% (2,33mm/tahun); sedang 0,3% (8,27 mm/tahun); berat 0,05% (22,85 mm/tahun); sangat berat 0,002% (51,32 mm/tahun).
2. Dominasi nilai TBE sangat ringan dikarenakan bentuk DAS yang memanjang dan sempit maka pada daerah kajian memiliki jarak antara tempat jatuhnya air hujan sampai outlet pun jauh lebih lama. Namun untuk skala DAS penggunaan metode USLE dianggap *over estimate* terutama pada kelas erosi sedang sampai sangat berat dikarenakan prediksi tidak mempertimbangkan pengendapan sedimen. Selain itu keragaman yang dimiliki DAS menjadi keterbatasan dalam prediksi menggunakan USLE. Hasil prediksi USLE masih dapat digunakan sebagai dasar pemilihan penggunaan lahan dan konservasi.

5.2 Saran

Pada daerah dengan kemiringan lereng yang curam (hulu) penggunaan lahan lebih baik tidak dilakukan secara berlebihan. Penanaman tanaman keras dan bangunan pencegah erosi serta penutup vegetasi yang rapat dapat mencegah daerah tersebut menjadi daerah dengan Tingkat Bahaya Erosi (TBE) yang berat. Pengelolaan dan rencana tata ruang yang sesuai dengan kemampuan serta kapasitas lahan dapat mempertahankan daerah dengan TBE ringan yang hampir meliputi keseluruhan wilayah. Pengembangan pendekatan karakteristik DAS dalam perhitungan USLE perlu dilakukan agar hasil tidak *over estimate*. Perlu dilakukan perbandingan perhitungan erosi dengan menggunakan metode lain untuk mengetahui keakuratan secara pasti tentang metode USLE yang dikembangkan pada DAS kajian.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Cetakan Kedua. Bogor: UPT Produksi Media Lembaga Sumber Daya Informasi IPB.
- Asdak, C. 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Cetakan Ketiga. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- ASTER-GDEM. 2011. Aster Global Digital Elevation Map Announcement. Jet propulsion laboratory. <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp> [10 Januari 2015].
- Bakosurtanal. 1998-2001. *Peta Rupa Bumi Indonesia*. Bogor: Bakosurtanal.
- Bappenas. 2012. Analisa Perubahan Penggunaan Lahan di Ekosistem DAS dalam Menunjang Ketahanan Air dan Ketahanan Pangan. *Ebook*. Jakarta: Direktorat Kehutanan dan Konservasi Sumber Daya Air.
- BPS. 2016. Penduduk Indonesia Menurut Provinsi Tahun 1971, 1980, 1990, 1995, 2000 dan 2010. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Csafordi, Podor, Bug dan Gribovszki. 2012. Soil Erosion Analysis in a Small Forested Cathment Supported by ArcGIS Model Builder. *Acta Silv.Lign. Hung.* Vol. 8: 39 – 55.
- Darmawijaya, M. I. 1997. *Klasifikasi Tanah*. Cetakan Ketiga. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Dinas PU Pengairan. 1993 – 2015. *Data Hujan WS Bengawan Solo Jawa Timur*. Surabaya: Dinas PU Pengairan.
- ESRI. 2006. ArcGIS Spatial Analyst Advanced Raster Spatial Analysis. *Ebook*. California: *Enviromental Systems Research Institute*.
- Indarto. 2010. *Hidrologi Dasar Teori dan contoh aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kartasapoetra, G., Kartasapoetra, A. G., dan Sutedjo, M., M. 2000. *Teknologi Konservasi Tanah dan Air*. Cetakan Keempat. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Kartika, I. 2012. Aplikasi Pemodelan USLE untuk Pemetaan Tingkat Bahaya Erosi di SUB DAS Kloposawit dan Rowotamtu. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan: Universitas Jember.

- Kemenhut. 2013a. Pedoman Identifikasi Karakteristik Daerah Aliran Sungai. Jakarta: Kementerian Kehutanan.
- Kemenhut. 2013b. Petunjuk Teknis Penyusunan Data Spasial Lahan Kritis. Jakarta: Kementerian Kehutanan.
- Kemenhut. 2015. Penetapan Peta, Data Hujan dan Lahan Kritis Nasional Tahun 2013. Jakarta: Kementerian Kehutanan.
- Lembaga Penelitian Tanah. 1966. Peta Tanah Tinjau Provinsi Jawa Timur.
- Rahayu, Widodo, Van Noordwijk, Suryadi dan Verbist. 2009. Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai. *Ebook*. Bogor: World Agroforestry Centre.
- Rahim, S. E. 2000. *Pengendalian Erosi Dalam Rangka Pelestarian Lingkungan Hidup*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Soriano, M. C. H. 2013. Soil Processes and Current Trends in Quality assessment. *Ebook*. BAB IV: 111-138. Kroasia: INTECH.
- Sosrodarsono, S dan Takeda, K. 1999. *Hidrologi untuk Pengairan*. Cetakan Kedelapan. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Suripin. 2004. *Sitem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.
- Trisasongko, Panuju, Harimurti, Ramly dan Subroto. 2008. Kajian Spasial Kesetimbangan Air pada Skala DAS. *Ebook*. Jakarta: Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- Undang-undang Republik Indonesia No. 7 tahun 2004 tentang Sumber Daya Air.
- UPT PSDA Madiun. 2015. Batas DAS Wilayah UPT PSDA Madiun. Madiun: UPT PSDA Madiun.
- Wischmeier, W. H. and smith, D. D.. 1978. Predicting Raifall Erosion Losses a Guide to Conservation Planning. *Handbook*. Washington, D.C: U.S. Department of Agriculture.