



**PREDIKSI LAJU EROSI DI DAS TANGGUL MENGGUNAKAN  
METODE USLE (*UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION*)  
BERBASIS SPASIAL**

*THE PREDICTING EROSION RATE IN TANGGUL WATERSHED  
USING THE USLE (*UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION*) METHOD  
BASE ON SPATIAL*

**TUGAS AKHIR**

Oleh

**RIZKA NOVIANA  
NIM 161910301159**

**PROGRAM STUDI STRATA I  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**POTENSI LAJU EROSI DI DAS KALI TANGGUL  
MENGUNAKAN METODE USLE (*UNIVERSAL SOIL LOSS  
EQUATION*) BERBASIS SPASIAL**

**TUGAS AKHIR**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**RIZKA NOVIANA  
NIM 161910301159**

**PROGRAM STUDI STRATA I  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

## PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT, skripsi ini dibuat sebagai perwujudan rasa terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat, berkah dan rizki-Nya, serta kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW;
2. Ibunda Maria Ulfa dan Ayahanda Saiful Hadi yang tercinta atas kasih sayang, pengorbanan, doa dan dukungan motivasi selama ini;
3. Kakak – kakakku tersayang Moch. Riza Alfian dan Randy Irawan yang turut mendoakan hingga terselesaikannya tugas akhir ini;
4. Seluruh anggota keluarga, saudara atas doa dan dukungannya;
5. Guru-guru TK, SD, SMP, SMA sampai Perguruan Tinggi atas semua ilmu yang telah di amanahkan;
6. Keluarga Teknik Sipil 2013 yang telah memberikan motivasi dan doanya;
7. Almamater Universitas Jember yang saya banggakan.

**MOTTO**

“Hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan shalatmu sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar”

(*Al-Baqarah: 153*)

“Waktu adalah barang yang paling berharga untuk kamu jaga. Menurutku ia adalah sesuatu yang paling mudah hilang padamu

(Yahya Bin Hurairah)

“Wahai Abu Dzar, kamu pergi mengajarkan ayat dari Kitabullah lebih baik darimu dari pada shalat (Sunnah) seratus roka’at, dan pergi mengajarkan satu bab ilmu pengetahuan baik dilaksanakan atau tidak, itu lebih baik dari pada shalat seribu roka’at (Sunnah)

(HR. Ibnu Majah)

“Kebanggaan kita yang terbesar adalah bukan tidak pernah gagal, tetapi bangkit kembali setiap kali jatuh

(Konfusius)

*Untuk jadi maju memang banyak hambatan. Kecewa semenit dua menit boleh, tetapi setelah itu harus bangkit lagi.*

(Joko Widodo)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Rizka Noviana

NIM : 161910301159

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang berjudul “Prediksi Laju Erosi Di Das Tanggul Menggunakan Metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) Berbasis Spasial” adalah benar - benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta 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 adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 28 Juni 2018

Yang menyatakan,

Rizka Noviana

NIM 161910301159



**PREDIKSI LAJU EROSI DI DAS TANGGUL MENGGUNAKAN  
METODE USLE (*UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION*)  
BERBASIS SPASIAL**

**TUGAS AKHIR**

Oleh

**RIZKA NOVIANA**  
**NIM 161910301159**

Skripsi ini telah disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 28 Juni 2018 :

Pembimbing Utama

**Dr. Gusfan Halik, S.T., M.T.**  
**NIP 19710804 199803 1 002**

Pembimbing Anggota

**Januar Fery Irawan, ST., M.Eng**  
**NIP 19760111 200012 1 002**

PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul “Prediksi Laju Erosi Di Das Tanggul Menggunakan Metode Usle (*Universal Soil Loss Equation*) Berbasis Spasial” telah di uji dan di sahkan pada

Hari : Kamis

Tanggal : 28 Juni 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing :

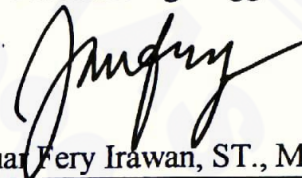
Pembimbing Utama



Dr. Gusfan Halik, S.T., M.T.

NIP 19710804 199803 1 002

Pembimbing Anggota



Januar Fery Irawan, ST., M.Eng

NIP 19760111 200012 1 002

Tim Penguji :

Penguji 1,



Wiwik Yunarni W., ST., MT

NIP 19700613 199802 2 001

Penguji 2,



Retno Utami A., ST., M.Eng., Ph.D

NIP 19760111 200012 1 002

Mengesahkan,

Dekan,



Dr. Ir. Enan Hidayah, M. UM

NIP 19661215 199503 2 001

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Prediksi Laju Erosi Di DAS Tanggul Menggunakan Metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) Berbasis Spasial”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata 1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Ir. Hernu Suyoso, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Strata 1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Firdha Lutfiatul Fitria, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing akademik selama menempuh mahasiswa Strata 1.
5. Dr. Gusfan Halik, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Utama dan Januar Fery Irawan, S.T., M. Eng selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan banyak waktu, pikiran dan perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Wiwik Yunarni W., ST., MT dan Retno Utami A. W., ST., M.Eng., Ph.D selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan yang bermanfaat dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Ayahanda Saiful Hadi dan Ibunda Maria Ulfa yang selalu ku banggakan, yang selalu menjagaku, dan sebagai penyemangat hidupku. Terimakasih atas segala



cinta, kasih sayang, pengorbanan, doa, bimbingan, dukungan dan semangat serta semua yang telah engkau berikan selama ini.

8. Kakak - Kakaku tercinta, M. Riza Alfian, Randy Irawan, Resty Pramita W, Yunita Dwi W. Terimakasih atas kasih sayang, dukungan, pengalaman, bimbingan, doa dan semangat yang kalian berikan selama ini.
9. Aditya Krisna Hutomo, terima kasih telah menjadi *partner* baik yang selalu mendoakan, membantu, mensupport, mendampingi, dan memberi dorongan hingga terselesainya tugas akhir ini.
10. Bapak maupun ibu dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember beserta jajarannya yang banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
11. Guru – guruku yang telah berjasa membimbing dan memberi banyak ilmu dari TK, SD, SMP, hingga SMA.
12. Almater Universitas Jember, tempatku dalam menuntun ilmu selama menjadi mahasiswa.
13. Sahabat Tercintaku, Elsafana Rizky D yang selalu menjadi sahabat sejak SMA yang selalu ada dalam suka maupun duka, selalu mendoakan yang terbaik demi terselesainya tugas akhir ini.
14. Bapak Prabowo, Imam Wahyudi, Viktorius Setiaji P., Taqiuddin Haq, afif Amiluddin yang sudah merelakan waktunya dalam membantu pengerjaan tugas akhir ini.
15. Keluarga DTS'13, terimakasih atas bantuan dan doanya selama ini, semoga semua bisa lulus dengan baik dan barokah.
16. Teman - teman satu perjuangan di Jurusan Teknik Sipil, Elektro dan Mesin Fakultas Teknik yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terimakasih atas dukungan dan bantuannya selama proses penyusunan tugas akhir ini.
17. Saudara – saudaraku dari Blitar (KEMAPATA) dan dulur Preng Ketekok Indie (PKI) yang selalu mendoakan dan menjadi teman, sahabat, serta saudaraku selama berada disini.
18. Teman - teman KKN 102 yang telah memberikan semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

19. Pihak - pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terimakasih atas dukungan dan motivasi kalian dalam penyusunan tugas akhir ini.

Tugas akhir ini disusun berdasarkan data-data yang di peroleh dari studi lapangan dan studi kepustakaan serta uji coba dalam perhitungan, walaupun ada kekurangan itu diluar kemampuan saya sebagai penulis, oleh karena itu penulis senantiasa terbuka untuk menerima kritik dan saran dalam upaya penyempurnaan skripsi ini.

Jember, 28 Juni 2018

Penulis

## RINGKASAN

**Prediksi Laju Erosi di DAS Tanggul Menggunakan Metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) Berbasis Spasial, Rizka Noviana, NIM. 161910301159, 2018, 123 halaman, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.**

Daerah aliran sungai (DAS) Tanggul terletak di Kabupaten Jember, Jawa Timur, Indonesia. DAS Tanggul memiliki luas lahan sebesar 26.146,13 Ha. Secara umum kondisi lahan tersebut berupa lahan pertanian dan perkebunan terbuka dengan material tanah yang lepas, sehingga saat musim hujan air limpasan dan partikel tanah mudah terangkat oleh aliran air. Selain itu, aktivitas penebangan liar dan pengelolaan lahan yang mengakibatkan perubahan pada tata guna lahan dapat mengurangi vegetasi, perubahan nilai koefisien limpasan dan daya ikat tanah terhadap aliran permukaan. Berkaitan dengan latar belakang dan identifikasi dari permasalahan di atas, maka diperlukan adanya penelitian tentang prediksi laju erosi dengan bantuan GIS (*Geographical Information System*) untuk mengetahui wilayah yang berpotensi memiliki laju erosi yang tinggi.

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa tahun 2017, DAS Tanggul memiliki total laju erosi sebesar 37.534,76 m<sup>3</sup>/tahun. Tingkat bahaya erosi terbagi dalam kategori sangat ringan, ringan, dan berat yaitu sebesar 9,79%, 61,62% dan 28,59%. Volume sedimen aktual sebesar 959,19 m<sup>3</sup>/tahun, sedangkan volume sedimen perhitungan sebesar 727,772 m<sup>3</sup>/tahun. Sehingga dari perbandingan antara data aktual dan data perhitungan didapatkan tingkat akurasi 75,87%.

Sehubungan dengan hasil penelitian ini, maka disarankan untuk daerah yang memiliki erosi tinggi seperti desa Badean, Darungan, Karangbayat, Patemon, Pondokdalem, dan Maggisan dapat dilakukan upaya atau tindakan konservasi. Tindakan konservasi diantaranya dengan melakukan rehabilitasi lahan dan tindakan teknis, misalnya bangunan chek DAM, gully plug, dan bangunan teknis lainnya sehingga dapat mengurangi sedimentasi di upstream bendung Pondok Waluh.

## SUMMARY

**The Predicting Erosion Rate in Tanggul Watershed using the USLE (Universal Soil Loss Equation) Method Base on Spatial, Rizka Noviana, NIM. 161910301159, 2018, 123 pages, Civil Engineering, Engineering Faculty, University of Jember.**

Tanggul Watershed is located in Jember District, East Java, Indonesia. Tanggul Watershed has a total area of 26,146.13 Ha. The general condition of the land is the form of agricultural land and open plantations with loose soil material, so that during the rainy season runoff water and soil particles are easily lifted by the flow of water. In addition, illegal logging activities and land management resulting land-use change may reduce vegetation, change of coefficient of runoff and soil binding capacity to the surface flow. In connection with the background and identification of the issues above, then it is necessary to do a research concerning the prediction of erosion rate with the help of GIS (Geographical Information System) to identify areas which potentially has high erosion rates.

Based on the calculation and analysis in 2017, Tanggul Watershed has a total erosion rate of 37.534,76 m<sup>3</sup>/year. The level of erosion hazard is divided into very light, light and heavy categories which is 9,79%, 61,62% and 28,59%. The actual sediment volume is 959.19 m<sup>3</sup> / year, whereas the yield sediment calculation volume is 727,772 m<sup>3</sup>/year. So that from the comparison between the actual data and the calculation data obtained 75.87% accuracy rate.

Conclusion from result of this research, then for areas which has high erosion rate such as Badean, Darungan, Karanghayat, Patemon, Pondokdalem and Manggisian, that conservation actions could be taken. The actions of the conservation was between by doing land rehabilitation and technical actions, for example check DAM building, gully plug and the other technical buildings to reduce sedimentation in the upstream Pondok Walum DAM.

DAFTAR ISI

<b>COVER</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>HALAMAN KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>RINGKASAN</b> .....	xi
<b>SUMMARY</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Luaran yang Diharapkan.....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Pengolahan Daerah Aliran Sungai.....	4
2.2 Analisa Hidrologi.....	5
2.2.1 Uji konsistensi.....	5
2.2.2 Curah hujan rerata wilayah.....	6
2.3 Erosi.....	8
2.3.1 Pengertian Erosi.....	8

2.3.1.1 Iklim.....	8
2.3.1.2 Topografi.....	9
2.3.1.3 Vegetasi.....	9
2.3.1.4 Tanah.....	10
2.3.1.5 Manusia.....	10
2.3.2 Proses Erosi.....	10
2.3.3 Klasifikasi erosi.....	11
2.4 Prediksi Laju Erosi dengan Metode USLE.....	13
2.4.1 Erosivitas hujan (R).....	14
2.4.2 Erodibilitas tanah (K).....	14
2.4.3 Panjang dan kemiringan lereng (LS).....	16
2.4.4 Indeks tanaman (C).....	17
2.4.5 Tindakan konservasi tanah (P).....	19
2.4.6 Usaha pengendalian erosi.....	21
2.5 Tingkat Bahaya Erosi.....	22
2.6 Sedimen dan Sedimentasi.....	23
2.6.1 Uji keandalan model.....	25
2.7 <i>Geographical Information System</i> .....	25
2.6.1 Pengertian <i>Geographical Information System</i> (GIS).....	25
2.6.2 Subsistem-subsistem GIS.....	26
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	31
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	31
3.2 Data-data yang digunakan.....	31
3.3 Langkah – langkah Pengerjaan Studi.....	32
3.3.1 Pembuatan batas DAS.....	32
3.3.2 Analisa hidrologi.....	35
3.3.3 Metode pengolahan DEM.....	37
3.3.4 Perhitungan erosi dengan menggunakan <i>ArcGIS</i> 10.1.....	37
3.3.5 Analisa hasil.....	39
3.4 Tahapan Penelitian.....	40

3.5 <i>Schedule</i> Penjadwalan.....	46
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>47</b>
4.1 Tahap Pengolahan Data.....	47
4.1.1 Pengolahan data hujan.....	47
4.1.2 Uji konsistensi data hujan (lengkung massa ganda).....	48
4.1.3 Perhitungan indeks erosivitas hujan.....	50
4.2 Prediksi Laju Erosi.....	51
4.2.1 Faktor erodibilitas tanah (K) .....	52
4.2.2 Faktor kemiringan dan panjang lereng (LS).....	53
4.2.3 Faktor penggunaan lahan dan pengelolaan tanah (CP).....	55
4.3 Pembahasan Hasil Prediksi Erosi.....	56
4.4 Tingkat Bahaya Erosi.....	58
4.4.1 Perhitungan <i>Sedimen Delivery Ratio</i> (SDR) .....	57
4.4.2 Perhitungan hasil sedimen (Y) .....	58
4.5 Pembahasan Hasil Sedimen.....	60
4.5.1 Perhitungan <i>Sediment Delivery Rasio</i> (SDR).....	60
4.5.2 Perhitungan Hasil Sedimen (Y).....	61
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>63</b>
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran.....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>65</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>68</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai faktor K (erodibilitas tanah) beberapa jenis tanah di Indonesia.....	15
Tabel 2.2 Klasifikasi kelas erodibilitas tanah di indonesia.....	16
Tabel 2.3 Klasifikasi kemiringan lereng.....	17
Tabel 2.4 Nilai faktor C untuk berbagai jenis tanaman dan pengelolaannya..	18
Tabel 2.5 Nilai faktor P berdasarkan penelitian di Pulau Jawa.....	20
Tabel 2.6 Prakiraan nilai faktor CP pada berbagai jenis penggunaan lahan..	21
Tabel 2.7 Kelas tingkat Bahaya Erosi.....	23
Tabel 2.8 Kriteria nilai <i>Nash-Sutchlife Efficiency</i> (NSE).....	25
Tabel 2.9 Peneliti terdahulu.....	28
Tabel 3.1 <i>Time Schedule</i> penelitian.....	46
Tabel 4.1 Persamaan hasil uji konsistensi data curah hujan setiap stasiun....	49
Tabel 4.2 Nilai indeks erosivitas hujan (R) tiap stasiun hujan.....	50
Tabel 4.3 Faktor erodibilitas tanah (K) DAS Tanggul.....	53
Tabel 4.4 Faktor kemiringan dan panjang lereng (LS) DAS Tanggul.....	54
Tabel 4.5 Sebaran tata guna lahan di DAS Tanggul tahun 2017.....	56
Tabel 4.6 Laju erosi di DAS Tanggul per Sub DAS.....	57
Tabel 4.7 Laju erosi di DAS Tanggul per kecamatan.....	57
Tabel 4.8 Kedalaman Efektif Tanah di DAS Tanggul.....	59
Tabel 4.9 Tingkat Bahaya Erosi di DAS Tanggul.....	59
Tabel 4.10 Volume sedimen per tahun pengerukan kantong.....	61



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Fungsi ekosistem DAS.....	4
Gambar 2.2	Uji konsistensi data hujan.....	5
Gambar 2.3	Hubungan klasifikasi faktor - faktor penyebab erosi.....	11
Gambar 3.1	Daerah Wilayah Tanggul.....	31
Gambar 3.2	Tampilan Program ArcGIS 10.1.....	33
Gambar 3.3	Tampilan DEM Jawa Timur.....	33
Gambar 3.4	Tampilan peta <i>Flow Direction</i> pada <i>ArcMap</i> 10.1.....	34
Gambar 3.5	Tampilan <i>Flow Accumulation</i> pada <i>ArcMap</i> 10.1.....	34
Gambar 3.6	Tampilan <i>Pourpoint</i> pada <i>ArcMap</i> 10.1.....	35
Gambar 3.7	Tampilan delinasi <i>Watershed</i> pada <i>ArcMap</i> 10.1.....	35
Gambar 3.8	Diagram alir prosedur pelaksanaan penelitian.....	40
Gambar 3.9	Diagram alir pembuatan peta faktor erosivitas hujan (R).....	42
Gambar 3.10	Diagram alir pembuatan peta faktor erodibilitas tanah (K).....	43
Gambar 3.11	Diagram alir pembuatan peta faktor kemiringan dan panjang lereng (LS).....	44
Gambar 3.12	Diagram alir pembuatan peta faktor vegetasi penutup lahan dan tindakan khusus konservasi tanah (CP).....	45
Gambar 4.1	Peta batas wilayah DAS Tanggul.....	47
Gambar 4.2	Pengolahan data hujan menggunakan <i>IDW</i> .....	48
Gambar 4.3	Uji konsistensi stasiun Darungan.....	49
Gambar 4.4	Erosivitas (R) hujan tiap stasiun hujan.....	51
Gambar 4.5	Klasifikasi jenis tanah.....	52
Gambar 4.6	Faktor kemiringan dan panjang lereng (LS) .....	54
Gambar 4.7	Tata guna lahan tahun 2017.....	55
Gambar 4.8	Persentase pembagian wilayah kecamatan laju erosi DAS Tanggul.....	58



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Erosi merupakan suatu peristiwa alam berupa terkikisnya lapisan tanah akibat pergerakan air, angin maupun gaya gravitasi bumi yang dapat menyebabkan sedimen pada aliran sungai. Pendugaan besarnya erosi yang terjadi pada suatu wilayah dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu pengukuran langsung di lapangan dan prediksi erosi secara empiris. Pengukuran erosi langsung di lapangan dilakukan dengan membuat demplot dan mengukur besarnya erosi yang terjadi. Sedangkan prediksi erosi secara empiris merupakan suatu metode untuk memperkirakan besarnya laju erosi yang terjadi dari lahan untuk usaha tani dengan menggunakan metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE).

Metode USLE dirancang untuk memprediksi laju rata-rata erosi jangka panjang pada satuan unit lahan. Besarnya erosi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : erosivitas hujan (R), erodabilitas tanah (K), kemiringan dan panjang lereng (LS), pengelolaan tanaman (C) dan konservasi tanah (P) (Devatha et.al., 2015; Erdogan et.al., 2017). Faktor – faktor tersebut dapat dihitung dengan menggunakan data penginderaan jauh dan GIS. Aplikasi GIS membantu dalam pengolahan data yang beragam secara spasial dengan berbagai input data yang kompleks. Dalam konsep GIS, GIS membagi daerah yang sangat luas ke dalam suatu sel grid yang sederhana (Jain dan Kothiyari, 2000). Perpaduan atau integrasi antara metode USLE dan GIS memudahkan untuk memprediksi erosi dalam skala spasial yang cukup luas.

Secara umum kondisi lahan di wilayah DAS Tanggul yaitu berupa lahan pertanian dan perkebunan terbuka dengan material tanah yang lepas, sehingga saat musim hujan air limpasan dan partikel tanah mudah terangkat oleh aliran air. Selain itu, aktivitas penebangan liar dan pengelolaan lahan yang mengakibatkan perubahan pada tata guna lahan dapat mengurangi vegetasi, perubahan nilai koefisien limpasan dan daya ikat tanah terhadap aliran permukaan.

Berkaitan dengan latar belakang dan identifikasi dari permasalahan di atas, maka diperlukan adanya penelitian tentang prediksi laju erosi dengan bantuan GIS (*Geographical Information System*) untuk mengetahui wilayah yang berpotensi memiliki laju erosi yang tinggi. Sehingga dapat direkomendasikan untuk dilakukan tindakan konservasi lahan (Erwanto, 2007).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang dapat diambil berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan adalah sebagai berikut :

1. Berapa besarnya laju erosi yang terjadi di Das Kali Tanggul ?
2. Berapa besar tingkat bahaya erosi (TBE) pada DAS Tanggul ?
3. Bagaimana perbandingan laju erosi di DAS Kali Tanggul antara hasil pemodelan dengan observasi ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah diatas, dapat diuraikan tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui besarnya laju erosi di DAS Kali Tanggul.
2. Mengetahui besarnya tingkat bahaya erosi (TBE) di DAS Tanggul.
3. Membandingkan laju erosi yang terjadi di DAS Kali Tanggul berdasarkan pemodelan dengan observasi.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Memberikan informasi kepada instansi yang terkait untuk daerah yang memiliki laju erosi paling besar sehingga setiap pihak yang terkait dapat memaksimalkan dan mengefektifkan pemanfaatan lahan dengan 2 pendekatan yaitu secara teknik dan non teknis (Vegetasi).

### 1.5 Batasan Masalah

Adapun beberapa batasan masalah yang diberikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data curah hujan harian yang digunakan pada tahun 2008 sampai 2017,
2. Pencitraan satelit *LANDSAT* – 8 tahun 2017 sebagai data pemodelan.
3. Pemodelan hanya dilakukan di bagian Hulu sampai dengan DAM pondok Waluh
4. Tidak menghitung erosi bantaran (erosi di saluran sungai)

### 1.6 Luaran Yang Diharapkan

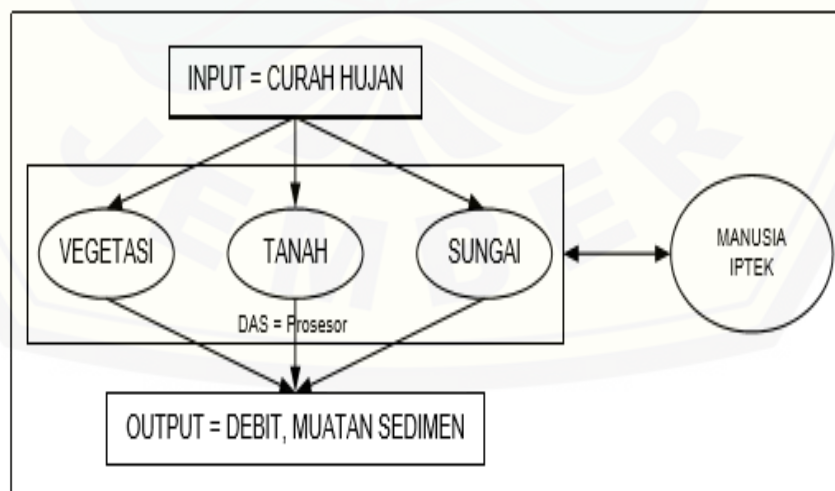
Luaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah data mengenai peta zonasi tingkat bahaya erosi dan hasil perhitungan laju erosi tanah yang terjadi di DAS Tanggul.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran sungai (DAS) dalam istilah asing disebut *Catchment Area*, *River Basin*, atau *Watershed* yaitu wilayah topografi yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung untuk menyalurkan air hujan ke laut melalui sungai utama dengan unsur utamanya terdiri atas sumber daya alam (tanah, air, dan vegetasi) dan sumber daya manusia seperti pemanfaatan sumber daya alam.

Pengelolaan DAS adalah suatu proses formulasi dan implementasi kegiatan atau program yang bersifat sumber daya alam untuk memperoleh sumber daya air dan tanah. Identifikasi keterkaitan pada pengelolaan DAS antara lain tata guna lahan, tanah, air, dan keterkaitan antara daerah hulu dan hilir suatu aliran sungai. Pengelolaan DAS bertumpu pada aktivitas yang berdimensi regulasi atau kelembagaan seperti peraturan-peraturan yang berkaitan dengan bidang ekonomi. Untuk tercapainya pembangunan DAS yang berkelanjutan, diperlukan penyatuan kegiatan pembangunan ekonomi dan perlindungan lingkungan secara realistis melalui penyesuaian kegiatan pengelolaan DAS dan konservasi daerah hulu ke dalam kenyataan ekonomi dan sosial (Asdak, 2004).



Sumber: Asdak (2004)

Gambar 2.1 Fungsi Ekosistem DAS

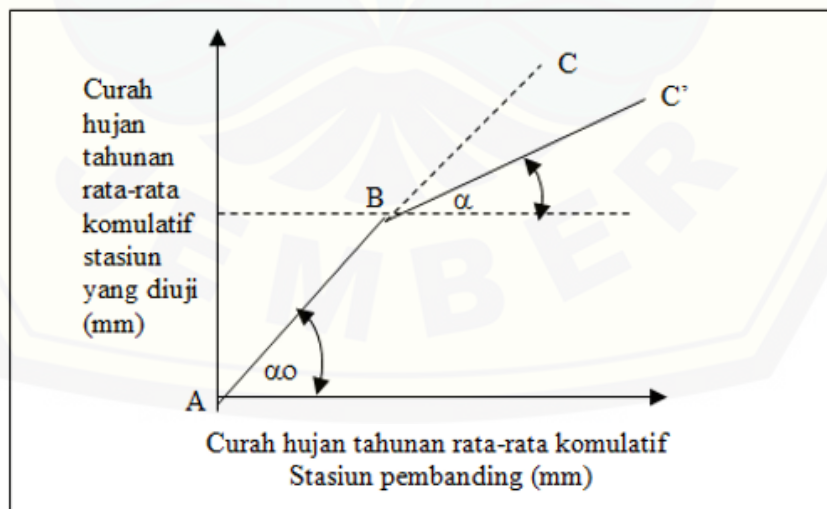
## 2.2 Analisa Hidrologi

### 2.2.1 Uji Konsistensi

Uji Konsistensi berfungsi untuk menguji kebenaran data lapangan pada saat pengukuran, data tersebut harus benar-benar menggambarkan fenomena hidrologi seperti keadaan sebenarnya dilapangan (konsisten data). Data yang tidak konsisten dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain:

- Perubahan sistem lingkungan hidrologis secara tiba-tiba misalnya, gempa bumi, gunung meletus, pembangunan gedung, tumbuhnya pohon-pohon, dan lain-lain.
- Pemindahan alat pengukur hujan.
- Perubahan cara pengukuran, misalnya berkaitan dengan adanya alat baru atau metode baru.

Kurva massa ganda adalah salah satu metode grafis untuk uji konsistensi dan kesamaan jenis data hidrologi dari suatu pos hidrologi (Soewarno,1995). Dasar penggunaan lengkung massa ganda adalah membandingkan curah hujan kumulatif tahunan dari stasiun yang diuji dengan kumulatif curah hujan tahunan rerata beberapa stasiun pada waktu yang bersesuaian, kemudian diplotkan pada kurva. Stasiun pembanding dipilih dari stasiun-stasiun hujan yang berdekatan dengan stasiun yang diuji dan memiliki kondisi meteorologi yang sama dengan stasiun yang diuji.



Sumber: Soewarno (1995)

Gambar 2.2 Uji Konsistensi Data Hujan

Perubahan lingkungan sangat mempengaruhi uji konsistensi data maka didapat garis patah ABC'. Apabila terjadi penyimpangan (ABC') maka dikoreksi dengan rumus:

$$BC = (\operatorname{tg} \alpha_0 / \operatorname{tg} \alpha) \times BC' \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan:

BC = data hujan hasil perbaikan (mm)

BC' = data hujan hasil pengamatan (mm)

Tg  $\alpha_0$  = kemiringan sebelum ada perubahan

Tg  $\alpha$  = kemiringan sesudah ada perubahan.

**2.2.2 Curah Hujan Rerata Wilayah (*Areal Rainfall*)**

Hujan yang terjadi dapat menyebar dikawasan yang luas atau hanya bersifat setempat. Jika terjadi hujan setempat, maka hanya curah hujan di daerah itu yang diperoleh. Beberapa alat penakar hujan ditempatkan disuatu area, sehingga di dapat nilai rata-rata curah hujan area. Ada tiga macam metode pendekatan yang dapat digunakan untuk menentukan curah hujan rerata wilayah antara lain (Soemarto, 1995)

a. Metode rata-rata aritmatik, dihitung dengan persamaan 2.2

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan :

R = Curah hujan daerah (mm)

R1,R2, .....,Rn = Curah hujan di tiap titik pengamatan

n = Jumlah titik atau pos pengambilan

b. Metode poligon Thiessen, dihitung dengan persamaan 2.3 dan 2.4

$$R = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \dots + A_n .R_n}{A} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$R = W_1. R_1 + W_2. R_2 + \dots . +W_n. R_n \dots\dots\dots(2.4)$$



Dengan :

R = Hujan rerata daerah (mm)

R<sub>n</sub> = Hujan pada pos penakar hujan (mm)

A<sub>n</sub> = Luas daerah pengaruh pos penakar hujan (km<sup>2</sup>)

A = Luas total DAS (km<sup>2</sup>)

W<sub>n</sub> = A<sub>n</sub>/A

c. Metode Isohiet, dihitung dengan persamaan 2.5

$$R = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \dots + A_n.R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan :

R = Hujan rerata daerah (mm)

R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, ..., R<sub>n</sub> = Curah hujan rata-rata pada bagian A<sub>n</sub> (mm)

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, ..., A<sub>n</sub> = Luas bagian antara garis-garis pengaruh isohiet (km<sup>2</sup>)

Selain ketiga metode di atas, terdapat metode lain untuk menentukan curah hujan rerata disuatu wilayah yakni metode IDW (*Inverse Data Weight*). Metode ini memiliki asumsi bahwa setiap titik *input* mempunyai pengaruh yang bersifat lokal. Nilai *power* pada interpolasi IDW ini menentukan pengaruh terhadap titik masukan, dimana pengaruh akan lebih besar pada titik-titik yang lebih dekat sehingga hasil yang didapatkan lebih detail. Pengaruh akan lebih kecil dengan bertambahnya jarak dimana hasil yang didapatkan kurang detail. Metode IDW umumnya dipengaruhi oleh inverse jarak yang diperoleh dari persamaan 2.6, 2.7 dan 2.8.

$$Z = \sum_{i=1}^N \omega_i . Z_i \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\omega_i = \frac{h_i^{-P}}{\sum_{j=0}^n h_j^{-P}} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$h_j = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan :

$Z_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) = Nilai ketinggian data yang akan diinterpolasi sejumlah  $N$

$\omega_i$  = Bobot

$p$  = Parameter power yang dapat diubah (biasanya bernilai 2)

$h_j$  = Jarak dari sebaran titik ke titik interpolasi

$x, y$  = Koordinat titik interpolasi

$x_i, y_i$  = Koordinat untuk setiap titik sebaran

## 2.3 Erosi

### 2.3.1 Pengertian Erosi

Erosi merupakan peristiwa hilangnya lapisan tanah atau bagian – bagian tanah di permukaan. Terjadinya erosi disebabkan adanya kekuatan luar yang ditimbulkan oleh media alami seperti air dan angin. Kohnke dan Bentrاند (1959) mengemukakan bahwa erosi terjadi karena adanya peristiwa penghancuran, pengangkutan dan pengikisan tanah oleh kekuatan dari luar seperti air hujan. Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan menyebabkan agregat tanah menjadi butir – butir primer melalui proses dispersi. Agregat yang telah terdispersi dapat terbawa ke tempat lain oleh percikan air hujan atau aliran permukaan (Baver, 1959).

Erosi menurut prosesnya dibedakan menjadi erosi normal (geologi / alami) dan erosi dipercepat, sedangkan menurut bentuknya erosi di bedakan dalam erosi lembar, erosi alur, erosi parit, erosi tebing sungai, longsor dan erosi internal (Arsyad, 1989). Terjadinya erosi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

#### 2.3.1.1 Iklim

Faktor iklim sangat berkaitan dengan hujan. Besar hujan, intensitas, dan distribusi hujan menentukan kekuatan dispersi hujan terhadap tanah, jumlah kecepatan aliran permukaan, dan kerusakan erosi. yang dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$E = f(C, T, V, S, H) \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana E adalah erosi, C adalah Faktor iklim, T adalah Topografi, V adalah vegetasi, S adalah tanah dan H adalah manusia (Baver, 1959).

### 2.3.1.2 Topografi

Faktor topografi berpengaruh pada besarnya laju aliran permukaan, semakin curam atau miring lereng akan memperbesar energi angkut air terhadap partikel tanah yang telah terkikis atau terdispersi. Selain faktor iklim dan topografi, panjang dan kemiringan lereng berpengaruh terhadap erosi. Panjang lereng menentukan kecepatan aliran air yang mengalir ke permukaan tanah, semakin banyak air yang mengalir maka semakin besar kecepatan aliran di bagian bawah lereng daripada di bagian atas lereng. (Zingg, 1940) dalam (Baver, 1959) mengemukakan hubungan antara kemiringan lereng dengan erosi adalah sebagai berikut :

$$X_c = 0,065 \cdot S^{1,49} \dots\dots\dots (2.10)$$

Sedangkan hubungna antara panjang lereng dengan erosi dalam persamaan :

$$X_c = 0,0025 \cdot L^{1,53} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana  $X_c$  adalah besarnya erosi yang terjadi,  $S$  adalah kemiringan lereng dalam persen, dan  $L$  adalah panjang lereng dalam kaki.

### 2.3.1.3 Vegetasi

Vegetasi merupakan lapisan penutup atau pelindung tanah untuk memperkecil pengaruh daya rusak air hujan dan topogarfii terhadap erosi. Menurut (Arsyad, 1989) menjelaskan bahwa pengaruh vegetasi terhadap aliran permukaan dan erosi dibagi dalam empat bagian, yaitu :

1. Intersepsi hujan oleh tajuk tanaman.
2. Mengurangi aliran permukaan dan kekuatan perusak air.
3. Pengaruh akar dan kegiatan biologi yang berhubungan dengan pertumbuhan vegetasi dan pengaruhnya terhadap stabilitas struktur dan porositas tanah.
4. Transpirasi yang mengakibatkan kandungan air tanah berkurang.

#### 2.3.1.4 Tanah

Kepekaan tanah berkaitan dengan karakteristik fisik dan interaksi kimia tanah. Ciri-ciri tanah yang mempengaruhi kepekaan erosi adalah ciri-ciri tanah yang mempengaruhi laju infiltrasi, permeabilitas, kapasitas menahan air dan yang mempengaruhi ketahanan struktur tanah terhadap dispersi dan pengikisan oleh butir-butir hujan yang jatuh dan aliran permukaan (Arsyad, 1989). Menurut (Baver, 1959) hubungan antara ciri-ciri tanah dengan besarnya erosi dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$E = K \cdot D / (A \cdot Pp) \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana E adalah erosi, K adalah suatu konstanta, D adalah indeks dari mudahnya tanah terdispersi, A adalah kapasitas infiltrasi, P adalah permeabilitas profil dan p adalah ukuran partikel tanah.

#### 2.3.1.5 Manusia

Aktivitas manusia menjadi salah satu faktor yang penting dalam menentukan proses erosi dari pengelolaan tanah. Utomo (1989) menyatakan bahwa proses terjadinya erosi dibagi ke dalam tiga proses secara berurutan, yaitu:

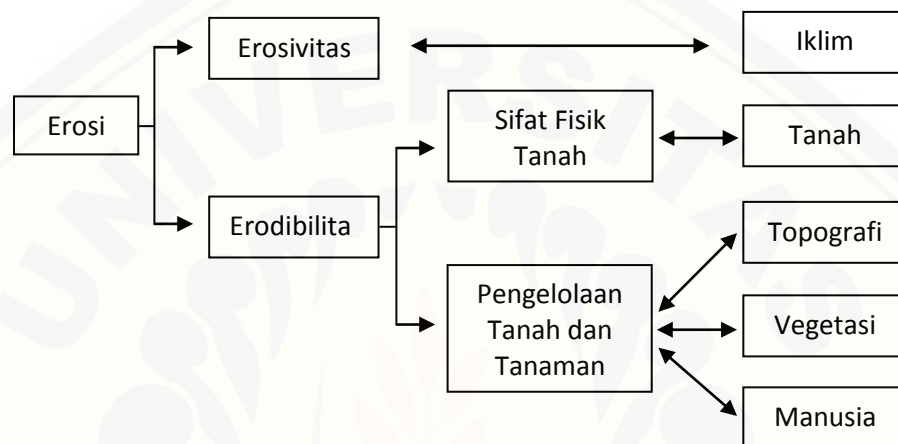
1. Penghancuran agregat-agregat tanah.
2. Pengangkutan atau penghanyutan partikel-partikel tanah.
3. Pengendapan partikel-partikel pada suatu tempat.

#### 2.3.2 Proses Erosi

Proses erosi tanah yang disebabkan oleh air meliputi tiga tahap yaitu:

1. Turunnya Air hujan dengan energi yang besar mengakibatkan agregat tanah terpecah menjadi partikel tanah.
2. Terjadi pemindahan atau pengangkutan partikel tanah.
3. Partikel tersebut mengendap di tempat yang lebih rendah yaitu di dasar sungai atau waduk.

Secara umum proses erosi meliputi, pengelupasan (*detachment*), penghayutan (*transportation*), dan pengendapan (*deposition*) akibat timpaan - timpaan titik hujan di permukaan tanah. Iklim, tanah, topografi, waktu dan pendayagunaan tanah merupakan faktor utama akibat terjadinya erosi dan sedimentasi dan penyebab utama terjadinya kemerosotan produktivitas tanah-tanah pertanian, kualitas air, dan sebagainya.



Sumber: Asdak (2004)

Gambar 2.3 Hubungan klasifikasi faktor-faktor penyebab erosi

### 2.3.3 Klasifikasi Erosi

Beberapa tipe erosi permukaan yang umum dijumpai di daerah tropis adalah sebagai berikut (Asdak, 2004) :

#### a. Erosi Percikan (*splash erosion*)

Erosi percikan adalah proses pengikisan tanah yang terjadi akibat adanya percikan air hujan yang menyebabkan tanah menjadi hancur dan mengendap di tempat lain.

#### b. Erosi lembar (*sheet erosion*)

Erosi lembar atau biasa disebut erosi antar alur adalah proses pengikisan lapisan tanah paling atas dan tipis sehingga ketebalan tanahnya berkurang.

c. Erosi Alur (*riil erosion*)

Erosi alur terjadi jika erosi lembar berlangsung terus, pengikisan tanah pada saat air mengalir mengakibatkan terjadinya alur-alur yang searah dengan kemiringan lereng daerah tersebut. Ciri-cirinya yaitu alur-alur yang terbentuk oleh pengikisan amat jelas dan bentuknya relatif lurus di daerah yang berlereng dan berkelok.

d. Erosi Selokan atau Erosi Parit (*gully erosion*).

Proses terbentuknya erosi parit sama dengan erosi alur, namun saluran yang terbentuk pada erosi parit lebih dalam. Erosi ini umumnya terjadi pada daerah dengan lereng yang terjal. Ciri-cirinya yaitu lereng-lereng yang tererosi membentuk parit-parit yang dalam dengan penampang seperti huruf V atau U.

e. Erosi Tebing Sungai (*Stream Bank Erosion*)

Erosi tebing adalah pengikisan tanah yang diakibatkan oleh adanya gerusan air sungai terjadi setelah debit aliran besar surut, sedangkan *Streambank Erosion* oleh adanya longsor tanah ditentukan oleh keadaan kelembaban tanah ditebing sungai menjelang terjadinya erosi.

f. Tanah longsor (*land slide*)

Tanah longsor terjadi karena gaya gravitasi di bagian bawah tanah terdapat lapisan yang licin dan kedap air (sukar ditembus air) seperti batuan liat. Dalam musim hujan tanah di atasnya menjadi jenuh air sehingga berat, dan bergeser ke bawah melalui lapisan yang licin tersebut sebagai tanah longsor.

g. Erosi Internal (*Internal or Subsurface Erosion*)

Erosi Internal adalah terangkutnya butir-butir tanah primer ke bawah dan masuk ke dalam celah - celah atau pori - pori tanah sehingga tanah menjadi kedap air dan udara. Erosi ini tidak menyebabkan kerusakan yang berarti, karena bagian - bagian tanah tidak hilang atau pindah ke tempat lain. Akibat erosi ini adalah menurunnya kapasitas infiltrasi tanah secara cepat sehingga meningkatkan aliran permukaan yang akan menyebabkan terjadinya erosi lembar atau erosi alur.

#### 2.4 Prediksi Laju Erosi dengan Metode USLE

Prediksi erosi merupakan suatu metode untuk memperkirakan besarnya laju erosi yang akan terjadi pada suatu wilayah. Prediksi erosi dipandang sebagai metode yang efektif dan membantu dalam menduga erosi selain melakukan perhitungan langsung di lapangan. Hal ini dikarenakan dalam memprediksi erosi, proses yang dilakukan tidak membutuhkan waktu yang lama. Proses pendugaan hanya melakukan pengumpulan dan pengolahan data-data yang relevan, hasilnya dapat digunakan dalam jangka panjang dan sebagai pertimbangan dalam upaya konservasi lahan. Penentuan sedimentasi digunakan data sedimen terangkut dibagi dengan nilai *Sediment Delivery Ratio* (SDR) berdasarkan luas DAS. Aliran permukaan yang berlebihan akan mengakibatkan banjir dan pengendapan sedimen di daerah tengah dan hilir. Besarnya erosi dan sedimentasi dari tahun ke tahun akan semakin bertambah apabila tidak dilakukan pengendalian ataupun pencegahan.

Salah satu model untuk memprediksi laju erosi pada permukaan lahan adalah USLE (*Universal Soil Loss Equation*) yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith tahun 1985 (dalam Sutapa, 2010), dimana metode tersebut dapat dimanfaatkan untuk memprediksi besarnya erosi di berbagai macam kondisi tataguna lahan dan kondisi iklim yang berbeda. Metode USLE dalam aplikasinya menggunakan enam faktor. Faktor - faktor tersebut antara lain, erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), topografi yaitu panjang dan kemiringan lereng (LS), vegetasi penutup lahan dan pengelolaan tanaman (C), tindakan khusus konservasi tanah (P). Secara matematis model USLE dirumuskan dalam persamaan 2.13.

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \dots \dots \dots (2.13)$$

Keterangan:

A = Laju erosi tanah (ton/tahun)

R = Erosivitas curah hujan rata-rata per tahun (MJ.mm/tahun)

K = Faktor erodibilitas tanah (ton/MJ.mm)

- L = Faktor panjang lereng  
 S = Faktor kemiringan lereng  
 C = Faktor pengelolaan tanah  
 P = Faktor tindakan konservasi tanah

#### 2.4.1 Erosivitas Hujan (R)

Faktor erosivitas merupakan hasil perkalian antara energi kinetik dengan intensitas hujan maksimum 30 menit yang menghasilkan nilai  $EI_{30}$ . Bols (1978) dalam Asdak (2004) merumuskan nilai erosivitas dalam persamaan 2.14.

$$EI_{30} = 6,12 (RAIN)^{1,21} \cdot (DAYS)^{-0,47} \cdot (MAXP)^{0,53} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

- $EI_{30}$  = Erosivitas hujan rata-rata tahunan  
 RAIN = Jumlah curah hujan rata-rata tahunan (cm)  
 DAYS = Jumlah air hujan rata – rata pertahun (hari)  
 MAXP = Curah hujan maksimal rata-rata dalam 24 jam per bulan untuk kurun waktu satu tahun (cm) pada bulan tertentu (cm)

#### 2.4.2 Erodibilitas Tanah (K)

Faktor erodibilitas tanah atau kepekaan erosi tanah didefinisikan sebagai erosi atau kehilangan tanah persatuan indeks erosi hujan untuk suatu tanah dalam keadaan standart (tanah yang terbuka tidak ada vegetasi sama sekali) terletak pada lereng 9% dengan bentuk lereng yang seragam dengan panjang lereng 72 kaki atau 22 meter (Wischeimer dan Smith, 1978). Nilai erodibilitas tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$K = \frac{2,713.M11,14 \cdot (10-4) \cdot (12-a) + 3,25 \cdot (b-2) + 2,5 \cdot (c-3)}{100} \dots\dots\dots(2.15)$$



Dimana :

M = (% debu + % pasir sangat halus) (100 - % lempung).

A = bahan organik tanah (% C x 1,724).

b = kode struktur tanah.

c = kode permeabilitas tanah.

Nilai erodibilitas tanah atau nilai kepekaan tanah (K) untuk beberapa jenis tanah yang ada di Indonesia dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.1 Nilai Faktor K (Erodibilitas Tanah) Beberapa Jenis Tanah di Indonesia

No	Jenis Tanah	Nilai K
1	Aluvial Kelabu (grey Alluvial Soils)	0,315
2	Aluvial Coklat Kekelabuan	0,193
3	Aluvial Coklat Kelabu	0,315
4	Aluvial Coklat Tua Kekelabuan	0,193
5	Aluvial Hidromorf	0,156
6	Aluvial Kelabu dan Aluvial Coklat Kekelabuan	0,193
7	Aluvial Kelabu Kekuningan	0,193
8	Aluvial Kelabu Tua	0,259
9	Andosol Coklat	0,278
10	Andosol Coklat dan Latosol Coklat Kemerahan	0,271
11	Andosol Coklat Kekuningan	0,223
12	Asosiasi Andosol kelabu dan Regosol Kelabu	0,271
13	Asosiasi Aluvial Coklat Kelabu dan Aluvial Coklat	0,193
14	Asosiasi Glei Humus dan Aluvial Kelabu	0,205
15	Asosiasi Glei Humus Rendah dan Aluvial Kelabu	0,202
16	Asosiasi Latosol Coklat dan Latosol Coklat Kekuningan	0,091
17	Asosiasi Latosol Coklat dan Regosol Kelabu	0,186
18	Latosol coklat dan Regosol Kelabu	0,186
19	Latosol Coklat Kemerahan	0,121
20	Latosol Merah	0,075
21	Latosol Merah Kekuningan	0,054

No	Jenis Tanah	Nilai K
22	Litosol	0,191
23	Regosol Coklat	0,346
24	Regosol Kelabu	0,304
25	Regosol Kelabu Kekuningan	0,301

Sumber: Puslitbang Pengairan Bogor, 1985

Klasifikasi kelas erodibilitas tanah di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.2 (Utomo, 1994).

Tabel 2.2 Klasifikasi kelas erodibilitas tanah di Indonesia

No	Nilai K	Tingkat Erodibilitas
1	< 0,10	Sangat Rendah
2	0,10 – 0,15	Rendah
3	0,15 – 0,20	Agak Rendah
4	0,20 – 0,25	Sedang
5	0,25 – 0,30	Agak Tinggi
6	0,30 – 0,35	Tinggi
7	0,35	Sangat Tinggi

Sumber : Utomo, W.H (1994 : 54)

### 2.4.3 Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Faktor panjang dan kemiringan lereng, yaitu perbandingan antara besarnya erosi per indeks erosi dari suatu lahan dengan panjang dan kemiringan lahan tertentu terhadap besarnya erosi dari plot lahan percobaan, tidak berdimensi. Kemiringan lereng biasa dinyatakan dalam derajat atau persen (Arsyad, 2012). Perhitungan faktor LS menurut Wischmeier and Smith dihitung menggunakan rumus (Suripin,2003) seperti pada persamaan 2.16 :

$$LS = \left(\frac{L}{22,13}\right)^z \cdot (0,006541S^2 + 0,0456S + 0,065)^n \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan:

LS = Faktor panjang dan kemiringan lereng

L = Panjang lereng

Z = Konstanta, S : 0,5 untuk ( $S \geq 5\%$ ); 0,4 untuk ( $5\% \geq S \geq 3\%$ ); 0,3 untuk ( $3\% \geq S \geq 1\%$ ); 0,2 untuk ( $S < 1\%$ )

S = Kemiringan lereng ( $^{\circ}$ )

Tingkat klasifikasi kemiringan lereng tanah di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.3 (Asdak, 2004).

Tabel 2.3 Klasifikasi kemiringan lereng

No	Klasifikasi (%)	Kondisi
1	0 – 8	Datar
2	8 – 15	Landai
3	15 – 25	Agak Curam
4	25 – 45	Curam
5	> 45	Sangat Curam

Sumber : Asdak, 2004 : 415

#### 2.4.4 Indeks Tanaman (C)

Faktor tanaman merupakan perbandingan antara besarnya erosi dari suatu lahan dengan penutup tanaman dengan manajemen tanaman tertentu. Faktor C menunjukkan pengaruh vegetasi, kondisi permukaan tanah, dan pengelolaan lahan terhadap besarnya tanah yang hilang (erosi). Dari berbagai hasil penelitian Pusat Penelitian Tanah Bogor terhadap beberapa daerah di Jawa, nilai faktor C untuk berbagai tanaman dan pengelolaan tanaman dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Nilai faktor C untuk berbagai jenis tanaman dan pengelolaan tanaman

No	Jenis Tanah	Nilai C
1	Tanaman rumput ( <i>Brachiaria sp.</i> )	0,290
2	Tanaman kacang jogo	0,161
3	Tanaman gandum	0,242
4	Tanaman ubi kayu	0,363
5	Tanaman kedelai	0,399
6	Tanaman serai wangi	0,434
7	Tanaman padi lahan kering	0,560
8	Tanaman padi lahan basah	0,010
9	Tanaman jagung	0,637
10	Tanaman jahe,cabe	0,900
11	Tanaman kentang ditanam searah lereng	1,000
12	Tanaman kentang ditanam searah kontur	0,350
14	Pola tanam tumpang gilir (jagung+padi+ubi kayu setelah panen ditanami kacang tanah) + mulsa jerami (6 ton/ha/th)	0,079
15	Pola tanam berurutan + mulsa sisa tanaman	0,347
16	Pola tanam berurutan (padi+jagung+kacang tanah)	0,398
17	Pola tanam tumpang gilir + mulsa sisa tanaman	0,357
18	Kebun campuran	0,200
19	Ladang berpindah	0,400
20	Tanah kosong diolah	1,000
21	Tanah kosong tidak diolah	0,950
22	Hutan tidak terganggu	0,001
23	Semak tidak terganggu	0,010
24	Alang-alang permanen	0,020
25	Alang-alang dibakar	0,700
26	Sengon disertai semak	0,012
27	Sengon tidak disertai semak dan tanpa seresah	1,000
28	Pohon tanpa semak	0,320
29	Tegalan tanpa dispesifikasi	0,700
30	Kacang tanah	0,200

No	Jenis Tanah	Nilai C
31	Tebu	0,200
32	Pisang	0,600
33	Rumput bede (tahun pertama)	0,287
34	Rumput bede (tahun kedua)	0,002
35	Kopi dengan penutup tanah buruk	0,200
36	Talas	0,850
37	Kebun campuran : -Kerapatan tinggi	0,100
	-Kerapatan sedang	0,200
	-Kerapatan rendah	0,500
38	Hutan alam serasah kurang	0,005
39	Hutan produksi : - tebang habis	0,500
	- tebang pilih	0,200
40	Semak belukar/padang rumput	0,300
41	Ubi kayu + kedelai	0,181
42	Ubi kayu + kacang tanah	0,195
43	Padi - sorghum	0,345
44	Padi - kedelai	0,417
45	Kacang tanah + gude	0,495
46	Kacang tanah + kacang tunggak	0,571
47	Kacang tanah + mulsa jerami 4 ton/ha	0,049
48	Padi + mulsa jerami 4 ton/ha	0,096
49	Kacang tanah + mulsa jagung 4 ton/ha	0,128
50	Kacang tanah + mulsa Crotolaria 3 ton/ha	0,136
51	Kacang tanah + mulsa kacang tunggak	0,259
52	Kacang tanah + mulsa jerami 2 ton/ha	0,377
53	Padi + mulsa Crotolaria 3 ton/ha	0,387

Sumber : Asdak, 2002 : 373 dan Arsyad, 2000 : 258

#### 2.4.5 Tindakan Konservasi Tanah (P)

Faktor P merupakan tindakan konservasi tanah yaitu perbandingan besarnya erosi pada suatu lahan dengan tindakan konservasi khusus seperti pengolahan tanah menurut kontur dalam keadaan identik, tidak berdimensi. Besarnya faktor P yang

telah berhasil ditentukan berdasarkan penelitian di Pulau Jawa adalah seperti dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Nilai faktor P berdasarkan Penelitian di Pulau Jawa

No	Jenis Tanah	Nilai P
1	Teknik bangku :	
	a. Konstruksi baik	0,04
	b. Konstruksi sedang	0,15
	c. Konstruksi kurang baik	0,35
	d. Teras tradisional	0,40
2	Teras bangku : jagung - ubi kayu/kedelai	0,06
3	Teras bangku : sorghum - sorghum	0,02
4	Tersa gulud : padi - jagung	0,01
5	Tersa gulud : ketela pohon	0,06
6	Tersa gulud : jagung - kacang + mulsa sisa tanaman	0,01
7	Tersa gulud : kacang kedelai	0,11
8	Strip tanaman rumput bahia	0,40
9	Tanaman dalam kontur :	
	a. Kemiringan 0 - 8 %	0,50
	b. Kemiringan 9 - 20 %	0,75
	c. Kemiringan > 20 %	0,90
10	Tanaman dalam jalur-jalur : jagung - kacang tanah + mulsa	0,05
11	Mulsa limbah jerami :	
	a. 6 ton/ha/th	0,30
	b. 3 ton/ha/th	0,50
	c. 1 ton/ha/th	0,80
12	Tanaman perkebunan :	
	a. Disertai penutup tanah rapat	0,10
	b. Disertai penutup tanah sedang	0,50
13	Padang rumput :	
	a. Baik	0,04
	b. Jelek	0,40
24	Tanpa tindakan konservasi	1,00

Sumber : Asdak, 2004 dan Arsyad, 2000

#### 2.4.6 Usaha Pengendalian Erosi

Usaha pengendalian erosi tanah lebih ditujukan untuk daerah – daerah yang mempunyai laju erosi yang lebih besar dari laju erosi yang masih dapat dibiarkan (TSL) (Thompson, 1957). Menurut (Wischmeier dan Smith, 1978) usaha didalam mengendalikan erosi tanah dapat dilakukan dengan pengaturan tanaman dan pengelolaannya (C) serta tindakan konservasi tanah (P). Ketepatan faktor C dan P yang dipilih berpedoman pada nilai CP maksimum. Nilai CP maksimum menunjukkan nilai CP terbesar yang menjamin nilai prediksi laju erosi sama dengan erosi yang masih dapat dibiarkan. Nilai CP maksimum dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$CP \text{ maksimum} = \frac{TSL}{RKLS} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana CP maksimum adalah nilai CP terbesar yang dapat digunakan untuk mengurangi erosi, sehingga erosinya lebih kecil atau sama dengan erosi yang masih dapat dibiarkan (TSL). Prakiraan nilai faktor CP dapat dilihat dari tabel 2.7.

Tabel 2.6 Prakiraan nilai faktor CP pada berbagai jenis penggunaan lahan

No	Jenis Tanah	Nilai CP
1	Hutan :	
	a. Tidak terganggu	0,01
	b. Tanpa tumbuhan bawah, dengan serasah	0,05
	c. Tanpa tumbuhan bawah, tanpa serasah	0,50
2	Semak :	
	a. Tidak terganggu	0,01
	b. Sebagian berumput	0,10
3	Kebun :	
	a. Kebun-talun	0,02
	b. Kebun-pekarangan	0,20
4	Perkebunan :	
	a. Penutupan tanah sempurna	0,01
	b. Penutupan tanah sebagian	0,07

No	Jenis Tanah	Nilai CP
5	Rerumputan :	
	a. Penutupan tanah sempurna	0,01
	b. Penutupan tanah sebagian, ditumbuhi alang-alang	0,02
	c. Alang-alang : pembakaran sekali setahun	0,06
	d. Serai wangi	0,65
6	Tanaman pertanian :	
	a. Umbi-umbian	0,51
	b. Biji-bijian	0,51
	c. Kacang-kacangan	0,36
	d. Campuran	0,43
	e. Padi irigasi	0,02
7	Perladangan :	
	a. 1 tahun tanam, 1 tahun bero	0,28
	b. 1 tahun tanam, 2 tahun bero	0,19
8	Pertanian dengan konservasi :	
	a. Mulsa	0,14
	b. Teras bangku	0,04
	c. <i>Contour Cropping</i>	0,14

Sumber : Asdak, 1995

## 2.5 Tingkat Bahaya Erosi

Tingkat Bahaya Erosi (TBE) dapat dihitung dengan cara membandingkan tingkat erosi di suatu lahan (land unit) dan kedalaman tanah efektif pada satuan lahan tersebut. Penentuan kategori kelas bahaya erosi dengan memasukkan pada klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi yang disajikan pada Tabel 2.7



Tabel 2.7 Kelas Tingkat Bahaya Erosi

Solum Tanah (cm)	Kelas erosi				
	I	II	III	IV	V
	Erosi (ton/ha/tahun)				
	< 15	15 - 60	60 - 180	180 - 480	> 480
Dalam	SR	R	S	B	SB
> 90	0	I	II	III	IV
Sedang	R	S	B	SB	SB
60 - 90	I	II	III	IV	IV
Dangkal	S	B	SB	SB	SB
30 - 60	II	III	IV	IV	IV
Sangat Dangkal	B	SB	SB	SB	SB
< 30	III	IV	IV	IV	IV

Sumber : Dirjen RLPS, 2013

Peta tingkat bahaya erosi dibuat berdasarkan TBE tersebut. Teknik pelaksanaan pemetaan TBE dengan cara menumpang tindihkan peta laju erosi dan peta kedalaman solum tanah ataupun langsung mencantumkan TBE pada setiap satuan lahan yang TBE-nya telah dievaluasi dengan menggunakan nomograf ataupun matriks di atas.

## 2.6 Sedimen dan Sedimentasi

Sedimen merupakan hasil proses erosi akibat erosi permukaan, erosi parit, atau erosi lainnya. Hasil sedimen tergantung pada besarnya erosi total di suatu DAS atau Sub-DAS akibat dari tererosinya transport partikel-partikel tanah yang keluar dari daerah tangkapan air. Nisbah jumlah sedimen yang terbawa oleh sungai dari suatu daerah dari jumlah tanah yang tererosi dari daerah tersebut merupakan nilai Nisbah Pelepasan Sedimen (NPS) atau biasa disebut *Sediment Delivery Ratio* (SDR). Besarnya SDR sangat bervariasi antara satu DAS dengan DAS lainnya serta dari tahun ke tahun.

Mengingat bahwa harga nisbah pengangkutan sedimen (*Sediment Delivery Ratio* = SDR) tidak menentu dan harganya bervariasi dari satu tempat ke tempat

lainnya (Suripin 2003:84). Besarnya prakiraan hasil sedimen aktual ditentukan berdasarkan persamaan 2.18 :

$$Y = E \cdot A \cdot (SDR) \dots \dots \dots (2.18)$$

Dengan :

Y = Hasil sedimen per satuan luas (ton/ha)

E = Erosi total (ton/ha/tahun)

SDR = *Sediment Delivery Ratio*

A = Luas daerah tangkapan air (ha)

Besarnya SDR dalam perhitungan erosi atau hasil sedimen untuk suatu daerah aliran sungai umumnya ditentukan dengan menggunakan persamaan hubungan luas DAS dan besarnya SDR seperti dikemukakan oleh Roehl (1962) dalam Asdak C. (2004). Hubungan tersebut dapat dilihat pada persamaan 2.19.

$$SDR = 0,41 A^{-0.3} \dots \dots \dots (2.19)$$

Faktor - faktor untuk menentukan nilai SDR dapat berupa sumber sedimen, tekstur, kerapatan jaringan sungai, kekasaran saluran, area waduk, kemiringan lereng, panjang lereng, tata guna lahan atau penutupan (*Land Cover*), dan faktor limpasan permukaan. Daerah aliran sungai dengan kemiringan memiliki nilai SDR lebih besar daripada daerah aliran sungai dengan kemiringan tanah yang landai. Dalam perhitungan SDR, luasan DAS juga sangat mempengaruhi. Pada umumnya, semakin luas DAS, maka semakin kecil pula nilai SDR-nya. Hal ini dikarenakan daerah luas tersebut memiliki banyak partikel tanah yang berbeda, dan partikel tanah yang masuk ke badan sungai tersebut rendah.

### 2.6.1 Uji Keandalan Model

Uji keandalan dalam model USLE dalam (Croke, et al, 2005) menggunakan fungsi *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) untuk menilai kekuatan prediksi dari model hidrologi. Rumus tersebut dapat dilihat pada persamaan 2.20.

$$NSE = 1 - \frac{\sum (Q_y - Q_x)^2}{\sum (Q_y - \bar{Q}_x)^2} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dengan

$Q_y$  = Sedimen terukur ( $m^3$ /tahun)

$Q_x$  = Sedimen terhitung ( $m^3$ /tahun)

Indikator statistik berfungsi untuk mengevaluasi kinerja model dalam hal membandingkan antara hasil model dengan data yang diamati. Nilai optimal untuk NSE mendekati satu. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Skaggs et al (2012), NSE memiliki beberapa kriteria seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.7 berikut.

Tabel 2.8 Kriteria Nilai *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE)

Nilai <i>Nash-Sutcliffe Efficiency</i> (NSE)	Interpretasi
NSE > 0,85	Luar Biasa
NSE > 0,75	Baik
NSE > 0,60	Dapat Diterima

Sumber : Skaggs, et al, 2012

## 2.7 *Geographical Information System* (GIS)

### 2.7.1 Pengertian *Geographical Information System* (GIS)

*Geographical Information System* (GIS) adalah suatu sistem informasi yang dirancang untuk bekerja dengan data yang berbasis spasial. GIS secara sederhana diartikan sebagai *software* pemetaan terkomputerisasi karena sistem pengelolaan *database* berfungsi sebagai menangkap, menyimpan, menerima, mengelola, menganalisis, dan menampilkan data spasial, misalnya lokasi atau bentuk permukaan

bumi. Ester (1992) mengemukakan bahwa GIS bukan hanya sebagai fasilitas penyimpanan data dan pemakaian banyak tipe data, tetapi juga dapat digunakan sebagai :

1. Fasilitas memperoleh/ memakai informasi
2. Alat untuk membuat, memperbarui/ meningkatkan/modifikasi peta
3. Alat untuk meningkatkan kemampuan terhadap pertanyaan penelitian yang penting
4. Menyediakan alat untuk pengambilan keputusan.

Layer GIS tersusun oleh beberapa layer informasi spasial yang tergeoreferensi dalam sistem koordinat. Dalam pemodelan GIS terdapat dua data yaitu data vektor dan data raster. Data vektor merupakan data yang menggambarkan objek atau fenomena geografis dengan menggunakan *point* (titik), *line* (garis), dan *polygone* (polygon), sedangkan data raster merupakan data yang menggambarkan objek atau fenomena geografis dalam bentuk *cell*, grid, atau piksel. Setiap piksel merupakan luas pada area tertentu yang memiliki satuan  $m^2$ ,  $km^2$ , ha, dan sebagainya. GIS merupakan gabungan fungsi analisis spasial untuk menyebarkan atau menyalurkan data. *Software* GIS menyediakan mekanisme pengolahan data untuk menghasilkan output. Model USLE untuk prediksi tingkat bahaya erosi melibatkan seluruh proses data yang berkaitan dengan faktor-faktor erosi melalui *software* GIS seperti *RUSLE Science Software*, *Quantum GIS*, *Global Mapper*, *Arc View*, *ArcGIS*, dan lain sebagainya. Dalam proses prediksi erosi dengan integrasi GIS dan USLE, data ketinggian, karakteristik tanah, vegetasi penutup tanah, tindakan konservasi tanah, dan curah hujan harus diproses terlebih dulu melalui *software* GIS untuk menghasilkan data berbentuk vektor dan raster.

### 2.7.2 Subsistem-subsistem SIG

Dengan memperhatikan definisi-definisi di atas maka SIG dapat diuraikan menjadi 4 subsistem yaitu (Prahasta, 2002) :

1. Data input

Sub sistem data *input* berfungsi untuk mengumpulkan dan mempersiapkan data spasial dan berbagai atribut dari berbagai sumber yang relevan untuk kepentingan analisa.

2. Manajemen data

Sub sistem manajemen data berfungsi untuk mengorganisasikan data spasial maupun atribut kendala, basis data sedemikian rupa sehingga mudah dipanggil, *diupdate*, dan *diedit*. Basis data adalah kelompok dari beberapa data atau tabel yang disimpan dengan suatu struktur tertentu, sehingga saling keterkaitan diantara anggota-anggota kelompok tersebut dapat diketahui, dimunculkan, dan dimanipulasi oleh perangkat lunak manajemen basis data untuk keperluan tertentu.

3. Manipulasi data dan analisis

Sub sistem ini berfungsi untuk menentukan informasi-informasi yang dapat dihasilkan oleh SIG. Selain itu sub sistem ini juga melakukan manipulasi dan perhitungan untuk keperluan informasi yang diharapkan.

4. Data output

Sub sistem data *output* berfungsi untuk menampilkan atau menghasilkan keluaran seluruh atau sebagian basis data baik dalam bentuk *softcopy* maupun bentuk *hardcopy* seperti tabel, grafik, peta, dan lain-lain.

Tabel 2.9 Peneliti Terdahulu yang Menggunakan Metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*)

No	Peneliti Terdahulu	Variabel	Tujuan	Metode	Hasil
1	Ardi Prakoso, 2012 (Fakultas Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya)	<i>Analisis Laju Erosi Dan Usaha Konservasi Lahan Di Das Bogel Kabupaten Blitar Berbasis Sistem Informasi Geografis (Sig)</i>	Mengetahui besarnya laju erosi, kelas bahaya erosi, kelas kekritisn lahan, klasifikasi kemampuan lahan, usaha konservasi lahan yang dapat dilakukan di DAS Bogel.	<i>Software AVSWAT 2000 berupa metode MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation).</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nilai laju erosi dikatakan berat, karena memiliki kedalaman solum rata-rata sedang 60 cm</li> <li>▪ Kelas bahaya erosi tergolong berat yaitu 33,64% dengan kemiringan 15-25%.</li> <li>▪ Kekritisn lahan tergolong kritis yaitu 53,57%.</li> <li>▪ Kelas kemampuan lahan tergolong kelas IV (34,13%).</li> <li>▪ Rekomendasi usaha konservasi tanah berada di kawasan penyangga (51,31%).</li> </ul>
2.	Kemala Sari Lubis, 2015 (Fakultas Teknik Pengairan, Universitas Sumatera Utara)	<i>Pendugaan Erosi Aktual Berdasarkan Metode USLE Melalui Pendekatan Vegetasi, Kemiringan Lereng dan Erodibilitas di Hulu Sub DAS Padang</i>	Mengetahui besarnya erosi, tingkat bahaya erosi, dan persamaan linier serta faktor – faktor yang mempengaruhinya.	<i>Universal Soil Loss Equation (USLE) dengan Pengambilan sampel tanah di hulu Sub DAS Padang sebanyak 33 sampel.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Besarnya nilai erosi sebesar 7177,84 ton.ha<sup>-1</sup>.thn<sup>-1</sup> pada area terbuka dengan nilai topografi 9,50</li> <li>▪ Besarnya nilai tingkat bahaya erosi tergolong sangat berat sebesar 1089,01 ton.ha<sup>-1</sup>.thn<sup>-1</sup>.</li> <li>▪ Persamaan linear yang diperoleh antara erosi aktual dan faktor-faktor yang mempengaruhinya adalah <math>Y = -1624,901 + 5391,741X_1 + 146,213X_2 + 209,216X_3</math> dengan</li> </ul>

					nilai r2 sebesar 0,779 yang menyatakan hubungan variabel bebas dengan variabel respon yaitu kuat dengan faktor vegetasi (X1) yang paling berpengaruh terhadap erosi.
3.	Anshar Raufan Adhirahman1, 2016 (Fakultas Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara)	<i>Penggunaan Metode Usle Dan Musle Dalam Analisa Erosi Dan Sedimentasi Di Das Belawan</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mengetahui besarnya erosi dengan metode USLE</li> <li>▪ Mengetahui besar sedimen dengan menggunakan metode MUSLE</li> </ul>	metode USLE dan MUSLE	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Besarnya erosi yang terjadi di Sub DAS Belawan sebesar 67,059 ton/ha/thn atau 2772527,269 ton/thn. Berdasarkan klasifikasi kelas laju erosi tergolong kelas sedang, dengan kriteria erosi 60180 ton/ha/thn.</li> <li>▪ Besarnya sedimentasi yang terjadi di Sub DAS Belawan sebesar 25505,839 ton.</li> </ul>
4.	Abdul Rahman As-syakur, 2008 (Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, Universitas Udayana)	<i>Prediksi Erosi Dengan Menggunakan Metode USLE Dan Sistem Informasi Geogra_s (SIG) Berbasis Piksel Di Daerah Tangkapan Air Danau Buyan</i>	Mencari nilai faktor LS untuk membandingkan nilainya dengan penelitian sebelumnya.	Erosi di DTA bisa menggunakan metode USLE dan Sistem Informasi Geogra_(SIG) berbasis pixel. Data DEM digunakan untuk mencari nilai faktor LS.	Nilai faktor LS didominasi oleh nilai yang <2 dan besar erosi juga didominasi oleh erosi yang kurang dari 2 ton ha <sup>-1</sup> thn <sup>-1</sup> .
5.	Azza Nurfadhila Firdaus, 2017 (Fakultas Geografi,	<i>Analisis Bahaya Erosi Permukaan Menggunakan</i>	Menganalisis dan memetakan sebaran erosi, menggunakan	Analisa yang dilakukan menggunakan metode	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Besarnya laju erosi tergolong ringan (&lt;15 ton/ha/tahun) memiliki luas terbesar yaitu 20.427,84 ha</li> </ul>

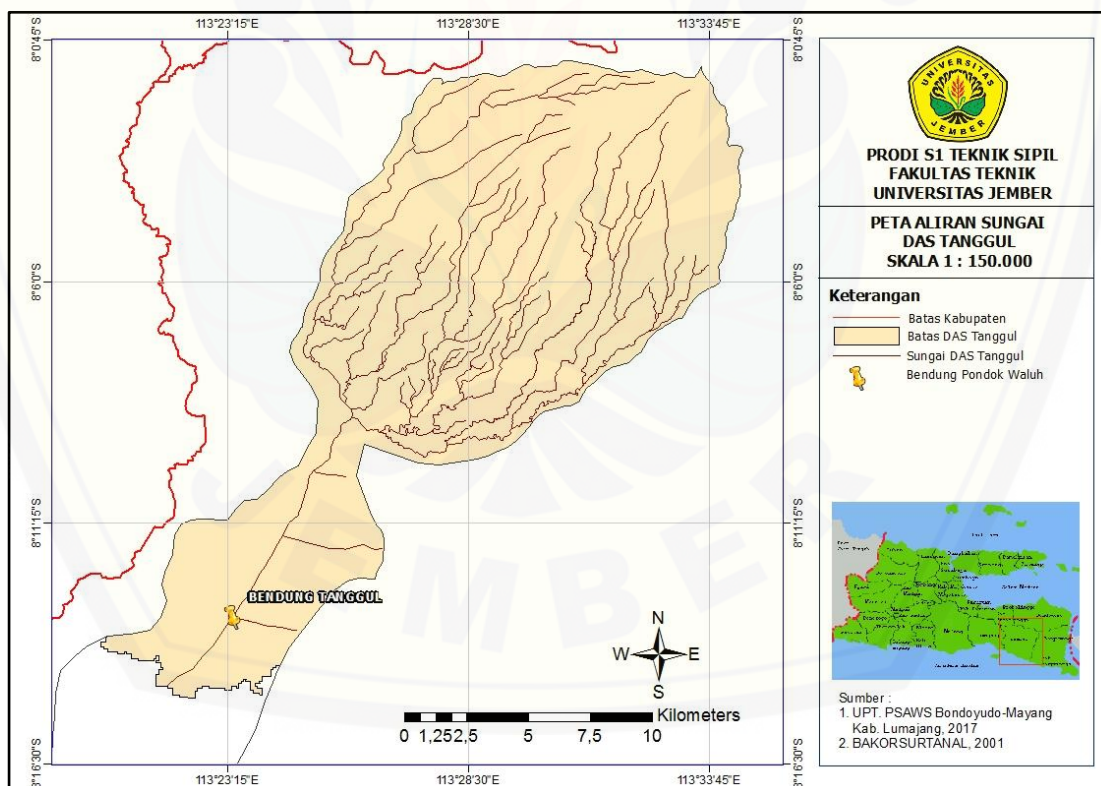
	Universitas Muhammadiyah Surakarta)	<i>Metode Usle Dengan Pemanfaatan Penginderaan Jauh Dan Sig Di Sub Das Samin, Kabupaten Karanganyar Dan Sukoharjo</i>	data penginderaan jauh dan aplikasi SIG, Menganalisis faktor yang dominan terhadap bahaya erosi tanah di Sub DAS Samin.	USLE dan data penginderaan jauh berupa citra Landsat 8 OLI dan analisis SIG.	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Analisis statistik uji regresi berganda dihasilkan variabel independen (variabel manajemen tanaman). Besar nilai B (koefisien regresi) manajemen tanaman adalah 882,892, dengan signifikansi &lt; 0,05, sehingga jenis vegetasi sangat mempengaruhi besarnya erosi.</li></ul>
--	-------------------------------------	---	---	--	---



### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

DAS Kali Tanggul berada di Kecamatan Tanggul Kabupaten Jember. Pada bagian hulu DAS ini terdapat kurang lebih 22 aliran anak sungai yang terbagi dalam 2 DI (Daerah Irigasi) yaitu DI Tanggul dan DI Watu Urip yang menuju ke hulu jembatan Pondok Dalem dengan jarak kurang lebih 13 km hingga 15 km. Sedangkan dari hulu Jembatan Pondok Dalem sampai Dam Pondok Waluh kurang lebih 8 km. Sehingga jarak dari sungai-sungai di hulu ke Dam Pondok Waluh antara 21 km hingga 23 km. Secara geografis lokasi DAS Kali Tanggul terletak pada  $8^{\circ} 05' 55''$ LS -  $113^{\circ} 30' 00''$  BT.



Gambar 3.1 Daerah Wilayah Kali Tanggul

### 3.2 Data – data yang Digunakan

Data – data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder antara lain :

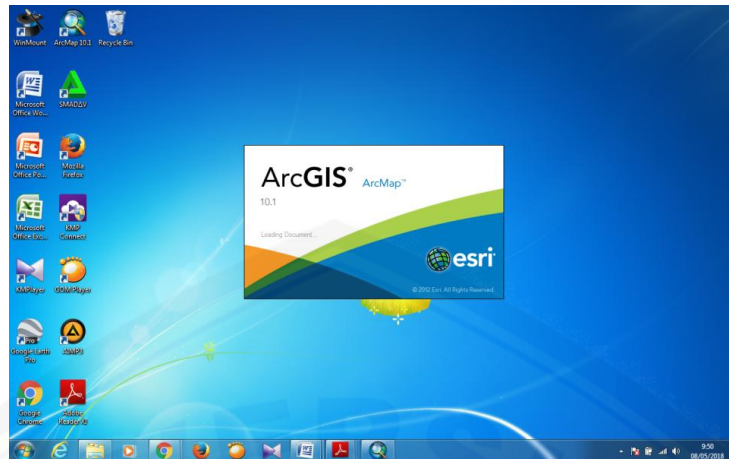
1. Data curah hujan harian (*times series*) 10 tahun periode (2008 – 2017) dari Dinas PU Bina Marga dan SDA
2. Peta sebaran stasiun hujan untuk menentukan sebaran faktor R dari Dinas PU Bina Marga dan SDA
3. Peta digital batas administratif DAS Kali Tanggul skala 1 : 25.000 dari UPT. Kencong - Tanggul
4. Peta digital jenis tanah dari BP DAS Brantas – Sampean, Sidoarjo
5. Peta tataguna lahan dari Citra Satelit *LANDSAT* tahun 2017 dari USGS
6. Data digital Topografi (DEM/ *Digital Elevation Model*) Citra Satelit *LANDSAT* – 8 dari USGS
7. Peta digital kedalaman tanah efektif (solum) skala 1 : 25.000 dari BP DAS Brantas – Sampean.

### 3.3 Langkah - langkah Pengerjaan Studi

#### 3.3.1 Pembuatan Batas DAS (*Delinasi Watershed*)

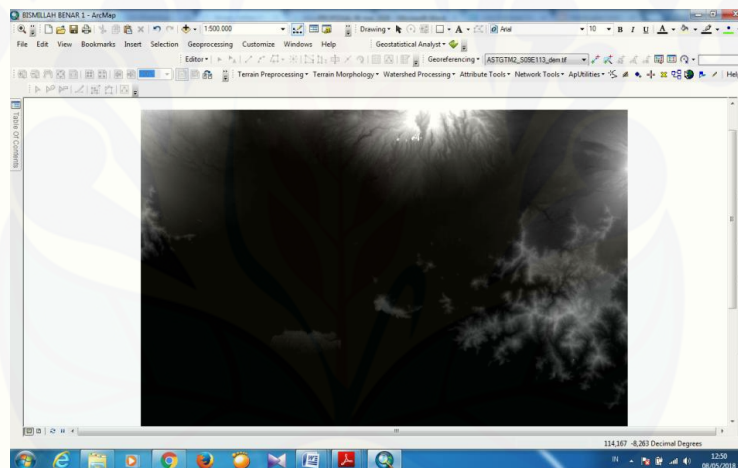
Penentuan batas DAS pada studi ini menggunakan bantuan software *ArcMap GIS 10.1*. Dalam menentukan batas DAS dibutuhkan beberapa *extension* sebagai alat bantu yaitu data DEM dari *LANDSAT-8*, *USGS* dan dibantu dengan *ArcToolbox* pada *ArcMap GIS 10.1*. Data spasial dan atribut dari *DEM* dan *Delinasi Watershed* ini, akan digunakan pada tahapan analisa data spasial dan data atribut selanjutnya. Berikut langkah-langkah dalam pembuatan batas DAS:

1. Membuka program *ArcGIS 10.1* dalam membantu pembuatan batas DAS



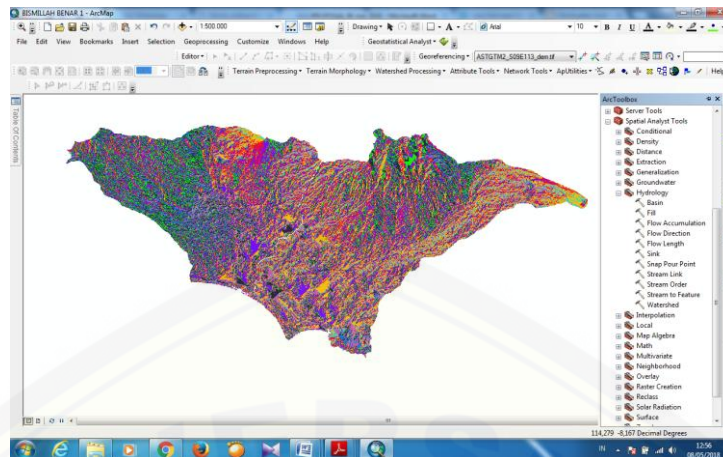
Gambar 3.2 Tampilan Program *ArcGIS 10.1*

2. Memasukkan data DEM dari SRTM untuk kawasan Jawa Timur.



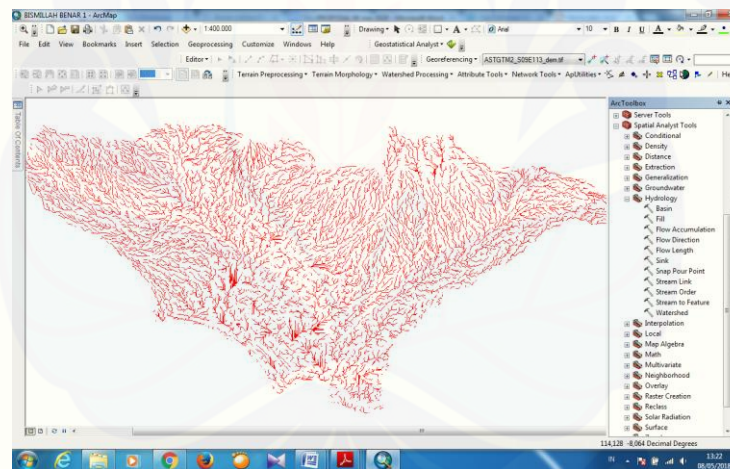
Gambar 3.3 Tampilan DEM Jawa Timur

3. Membuat *flow direction* dari data DEM dengan klik *Arc Toolbox – Spatial Analyst Tools – Hydrology – flow direction*



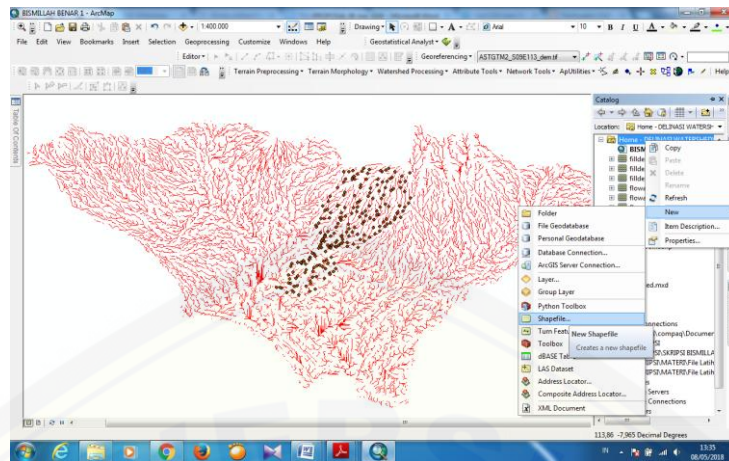
Gambar 3.4 Tampilan Peta *Flow Direction* pada ArcMap 10.1

4. Membuat *flow Accumulation* dari data *flow direction* dengan klik Arc Toolbox – Spatial Analyst Tools – Hydrology – *flow Accumulation*



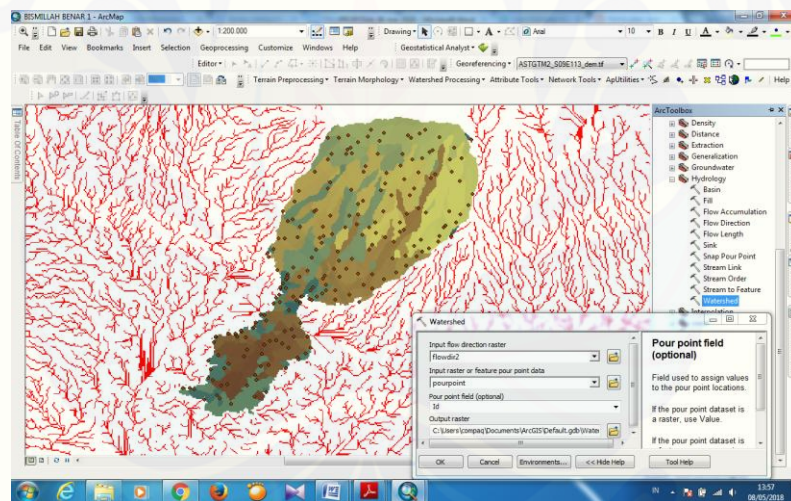
Gambar 3.5 Tampilan Peta *Flow Accumulation* pada ArcMap 10.1

5. Membuat *Pourpoint* dengan pilih Catalog – klik kanan – New – *Shapefile* – Start Editing - Tandai setiap pertemuan aliran sungai untuk menentukan batas DAS.



Gambar 3.6 Tampilan *Pourpoint* pada ArcMap 10.1

6. Membuat *Delinasi Watershed* dengan klik *ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Hydrology – Watershed*



Gambar 3.7 Tampilan *Delinasi Watershed* pada ArcMap 10.1

### 3.3.2 Analisa Hidrologi

Analisa curah hujan diperlukan untuk menguji konsistensi data hujan dengan menggunakan teknik lengkung massa ganda. Data hujan yang tidak konsisten biasanya disebabkan karena perubahan atau gangguan lingkungan disekitar tempat penakar hujan antara lain, penakar hujan terlindung oleh pohon, terletak berdekatan dengan gedung tinggi, perubahan cara penakaran dan pencatatan, pemindahan letak

penakar dan sebagainya, sehingga memungkinkan terjadi penyimpangan terhadap *trend* semula. Adapun langkah - langkah dalam uji konsistensi pada data curah hujan antara lain :

1. Menghitung nilai kumulatif data curah hujan tahunan pada stasiun yang akan diuji.
2. Menghitung rerata tahunan dari data curah hujan stasiun pembanding.
3. Menghitung kumulatif rerata data curah hujan tahunan pada stasiun pembanding.
4. Plotting data kumulatif curah hujan dengan kumulatif rerata hujan pembanding pada *chart MS Excel*.
5. Menarik garis-garis regresi diantara titik-titik tersebut.
6. Menganalisa data tersebut konsisten atau tidak yaitu mendekati angka 1
7. Jika terjadi penyimpangan data asli dikoreksi menggunakan rumus :

$$BC = (\text{tg } \alpha_0 \cdot \text{tg } \alpha) \cdot BC'$$

8. Dengan uji konsistensi, tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan erosivitas hujan ( $EI_{30}$ ), sesuai persamaan (2.14) yaitu :

$$EI_{30} = 6,12 (R_{AIN})^{1,21} \cdot (D_{AYS})^{-0,47} \cdot (M_{AXP})^{0,53}$$

Metode poligon IDW ini digunakan untuk mengetahui sebaran erosivitas hujan menurut luas daerah pengaruh yang dibatasi oleh poligon IDW setiap stasiun hujan. Adapun langkah - langkahnya antara lain :

1. Menjalankan perangkat lunak *ArcMap 10.1*.
2. Mendefinisikan proyeksi peta dengan mengubah unit satuan meter, dengan kategori sistem proyeksi peta UTM dan datum WGS84 zona 49S untuk Jawa Timur.
3. Penyusunan *database* koordinat - koordinat stasiun hujan, dan mengplotkan spasial titik (*point*) ke dalam peta DAS di atas peta digital didalam *view*.
4. Menambahkan data atribut erosivitas hujan rata-rata tahunan tiap stasiun hujan ke dalam tabel atribut tiap stasiun curah hujan.

5. Membuat poligon IDW dengan menggunakan *extension Spatial Analyst Interpolation* dari perangkat lunak *ArcMap 10.1* tersebut dalam bentuk data *raster*.

### 3.3.3 Metode Pengelolaan DEM

Data kontur yang akan diolah harus sudah tersedia dalam bentuk data digital. Dalam penelitian ini, data digital adalah data *raster* dalam format DEM (*Digital Elevation Model*) (\*.tiff) yang didapatkan dari pencitraan satelit LANDSAT - 8. Berdasarkan peta DEM akan memperoleh data ketinggian (*elevation*), data kemiringan (*slope*), dan aspeknya. Adapun langkah – langkah dalam pengolahan DEM sebagai berikut :

1. Mempersiapkan peta DEM Citra Satelit *LANDSAT-8* dari USGS yang meliputi wilayah Kabupaten Jember, dimana peta dalam format (\*.tiff).
2. Meng-*add* data poligon batas administrasi DAS Kali Tanggul dari UPT PSAWS Bondoyudo-Sampean yang sudah dibuat dalam format *shapefile* (\*.shp).
3. Memotong peta DEM wilayah Kabupaten Jember dengan poligon batas administrasi DAS Kali Tanggul dengan *Tools RASTER Clip* .
4. Memperbaiki *pixel* dari peta DEM Citra Satelit *LANDSAT-8* dengan *tools fill*.

### 3.3.4 Perhitungan Erosi dengan Menggunakan *ArcGIS 10.1*.

Langkah – langkah perhitungan erosi adalah sebagai berikut :

1. Menjalankan *extension ArcMap GIS 10.1* dari perangkat lunak *ArcGIS 10.1*
2. Mendefinisikan proyeksi peta : dengan unit satuan meter, dengan kategori sistem proyeksi peta UTM dan datum global WGS84 pada zona 49S
3. Pengolahan peta faktor erodibilitas tanah (K) :
  - a. Memasukkan peta jenis tanah DAS Tanggul dari BP DAS Brantas – Sampean, Sidoarjo.
  - b. Mengklasifikasi poligon jenis tanah sesuai pada Tabel 2.1 untuk mendapatkan nilai erodibilitas tanah.

- c. Memasukkan nilai faktor K pada *Attribut Table* dan mengubah data menjadi data *raster* menggunakan *Tools Conversion to RASTER*.
4. Pengolahan peta faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) :
  - a. Mengubah data DEM menjadi peta kemiringan lereng dalam satuan derajat (°) dengan menggunakan *Tools Spasial Analyst Slope*.
  - b. Menghitung faktor panjang dan kemiringan lereng menggunakan rumus persamaan 2.16 dari Wischmeier and Smith sehingga didapatkan peta faktor LS berbentuk data *raster*.
  - c. Dari peta kemiringan lereng yang sudah ditambahkan kedalam *view* didefinisikan menurut klasifikasi kemiringannya.
  - d. Penyusunan *database* informasi dari setiap poligon klasifikasi kemiringan tersebut dengan menambahkan data nilai LS pada *Attribute Table* pada luasan tiap kemiringan lereng.
5. Pengolahan peta faktor vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman (CP):
  - a. Mengklasifikasi poligon tata guna lahan sesuai dengan Tabel 2.6 dalam Asdak, 1995.
  - b. Penyusunan *database* informasi dari setiap poligon klasifikasi tata guna lahan tersebut dengan menambahkan nilai faktor CP di *Attribute Table*.
  - c. Poligon tata guna lahan yang telah ditambahkan dengan nilai faktor CP kemudian diubah menjadi data *raster* menggunakan *Tools Conversion to RASTER*.
6. Pemanggilan *themes raster* peta erosivitas hujan bangkitan poligon IDW yang telah dibuat di atas kedalam *ArcMap GIS 10.1*. dimana didalam *database* poligon IDW tersebut memuat nilai erosivitas hujan (R) dan nama sebaran stasiun hujan.
7. Pemanggilan *themes shapefile* peta batas DAS kedalam *ArcMap GIS 10.1* untuk diklasifikasi.
8. Pemanggilan *themes shapefile* peta batas kecamatan bila perlu, untuk diklasifikasikan dalam *ArcMap GIS 10.1*.
9. Pengolahan kedalaman (solum) tanah :



- a. Mengklasifikasikan poligon solum tanah menurut peta digital kedalaman tanah efektif.
  - b. Dari peta solum tanah yang sudah ditambahkan kedalam *view* didefinisikan menurut klasifikasi kedalaman tanah sesuai dengan kategorinya.
10. Melakukan *overlay* antara peta erosivitas hujan (R), peta faktor erodibilitas tanah (K), peta faktor panjang dan kemiringan lereng (LS), dan peta faktor vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman (CP).
  11. Hasil dari semua *overlay*, diperoleh peta yaitu peta prediksi laju erosi dan diperoleh nilai terbesar laju erosi di DAS Tanggul.

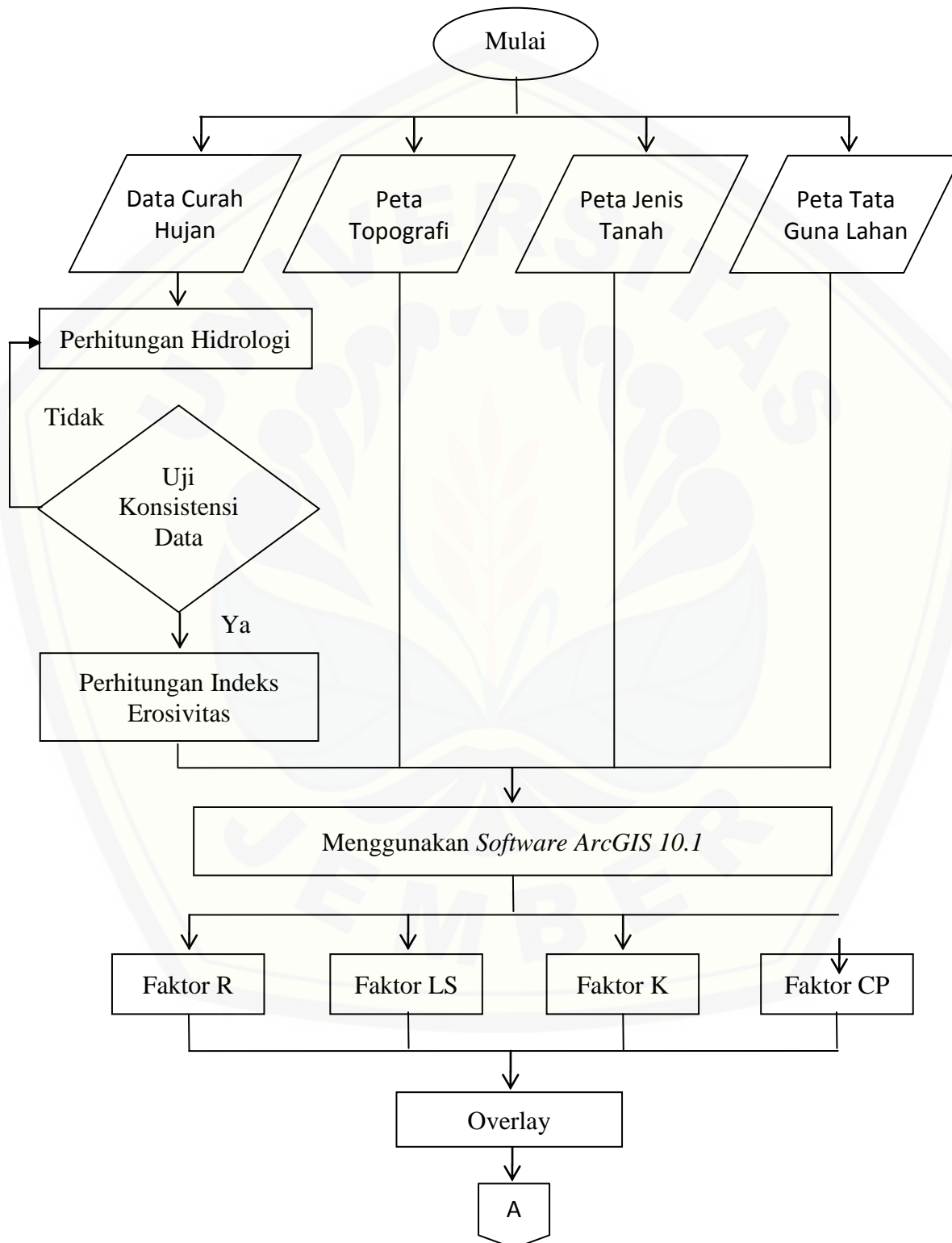
### 3.3.5 Analisa Hasil

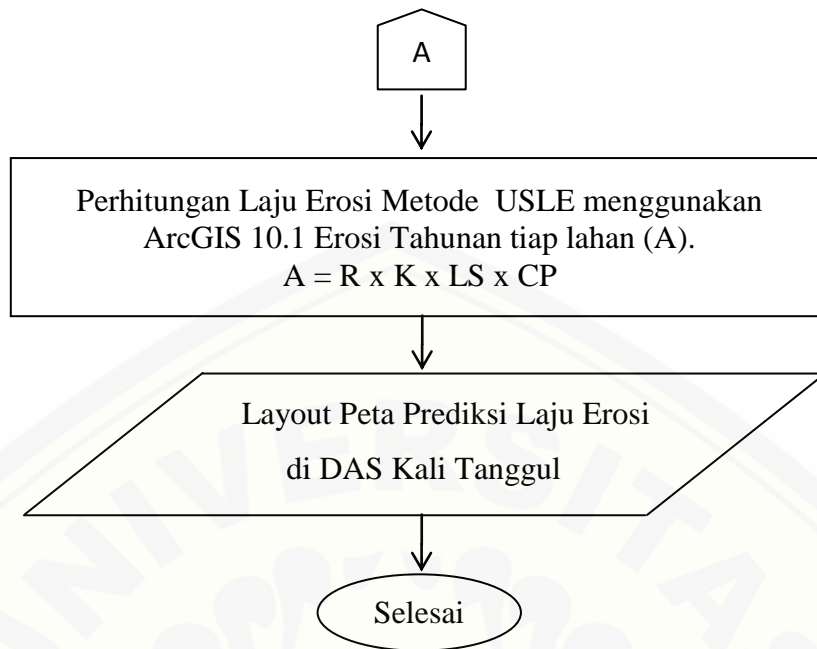
Setelah melakukan langkah-langkah pengolahan data dan perhitungan seperti yang disebutkan di atas akan didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

1. Erosi (ton/ha/th) diubah dalam satuan ( $m^3/th$ ) dengan metode USLE untuk DAS Kali Tanggul.
2. Membandingkan data sedimen perhitungan dengan volume sedimen dari lapangan untuk menentukan % keakuratan.

### 3.4 Tahapan Penelitian

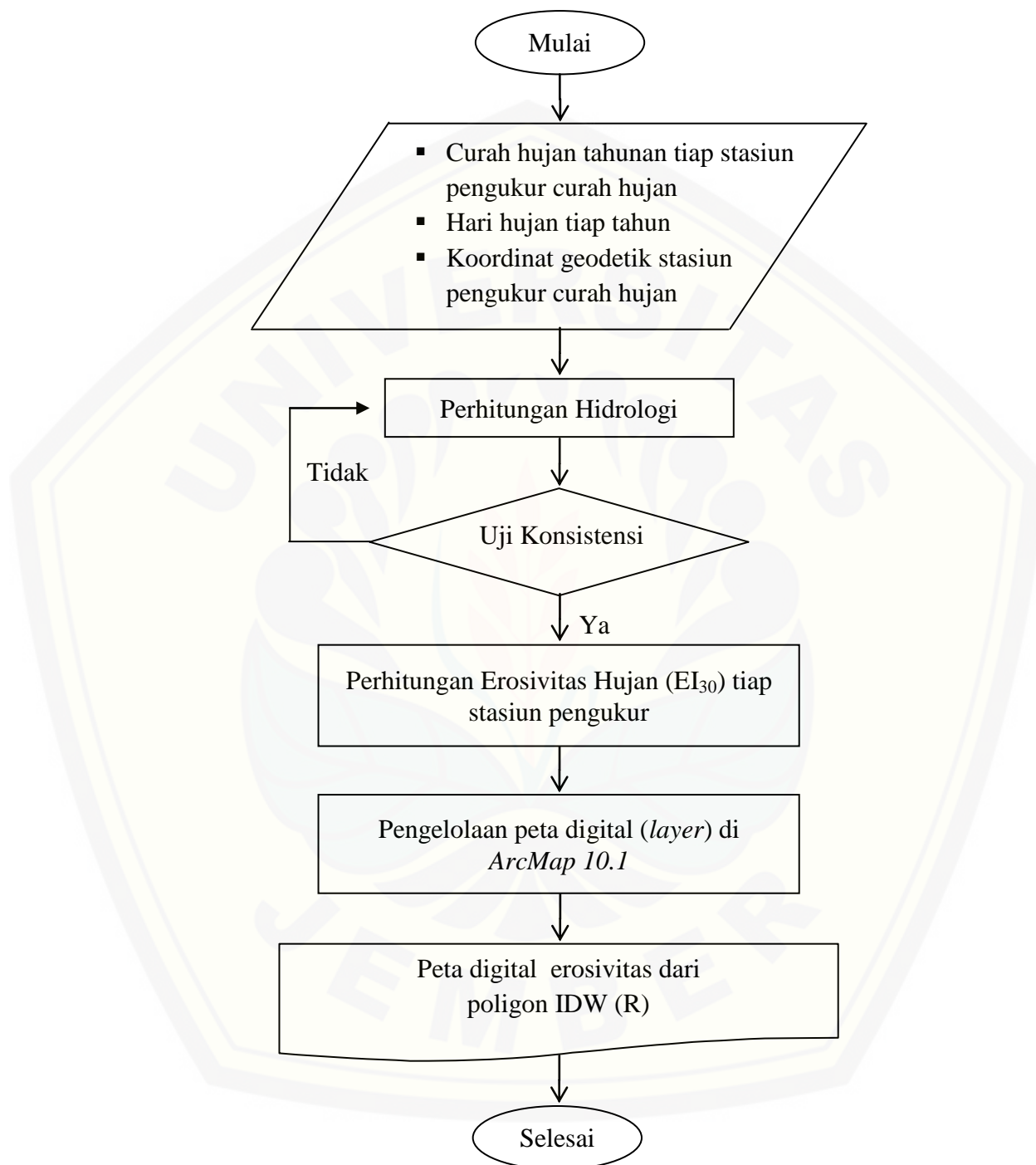
Tahapan penelitian ini digambarkan pada diagram alir penelitian Gambar 3.7 berikut ini.





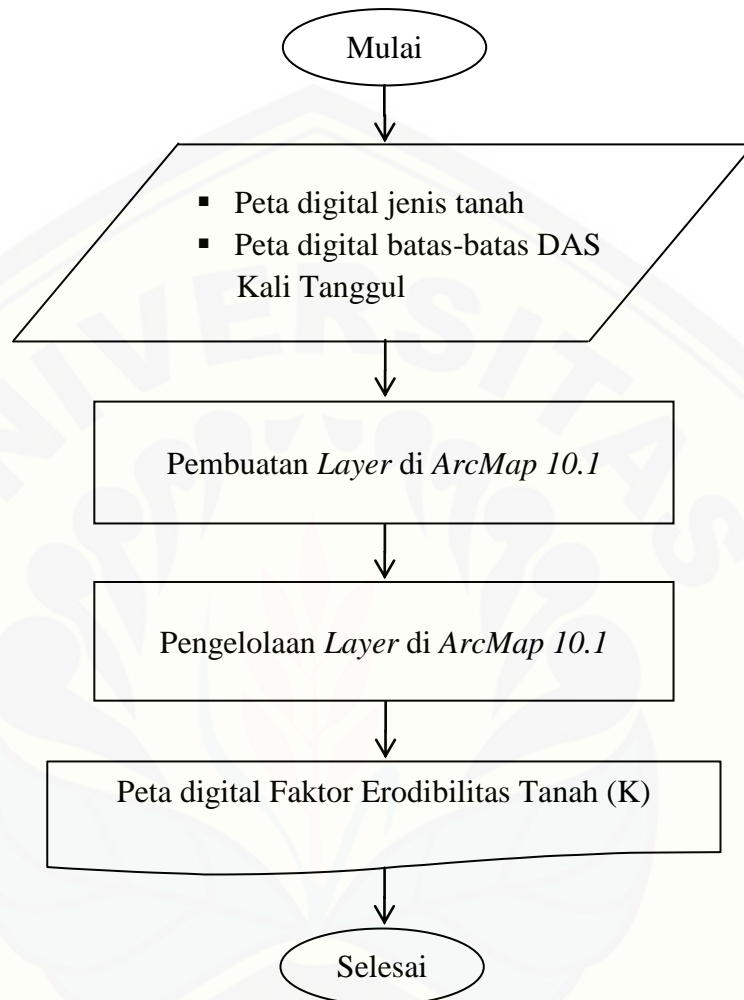
Gambar 3.7 Diagram alir prosedur pelaksanaan penelitian

Diagram alir pembuatan peta faktor R dapat dilihat pada Gambar 3.8



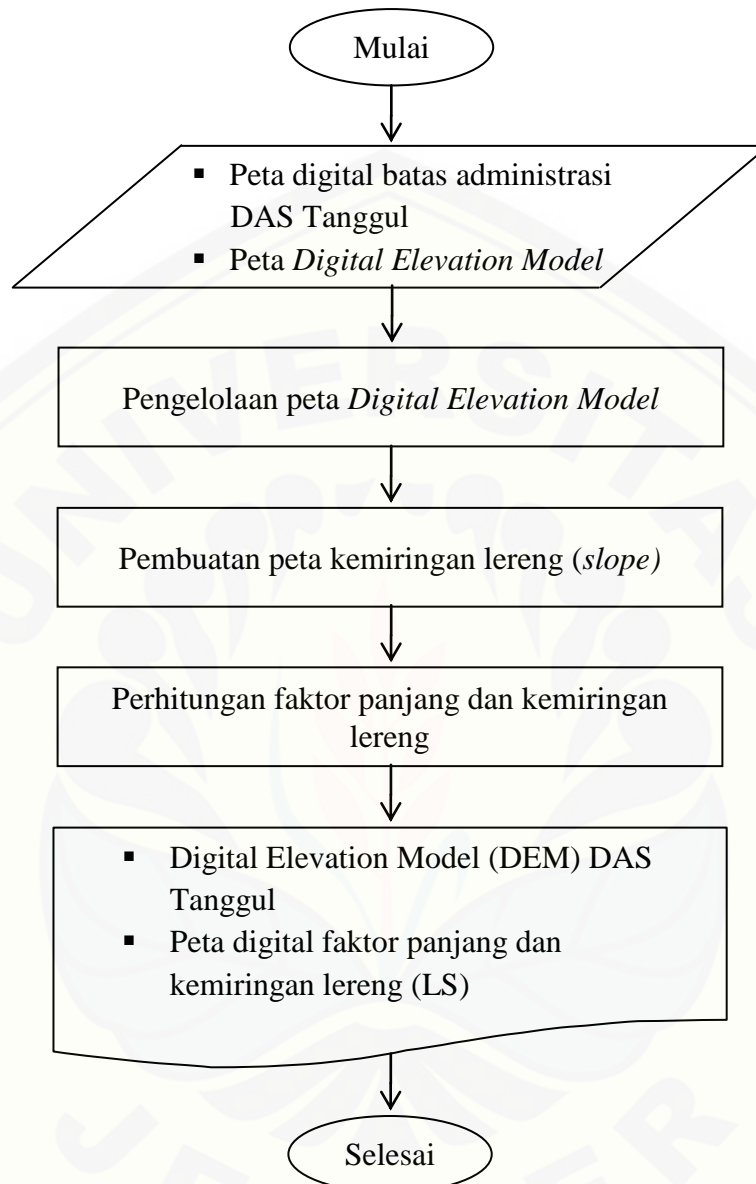
Gambar 3.8 Diagram Alir Pembuatan Peta Faktor Erosivitas Hujan (R)

Diagram alir pembuatan peta faktor K dapat dilihat pada Gambar 3.9



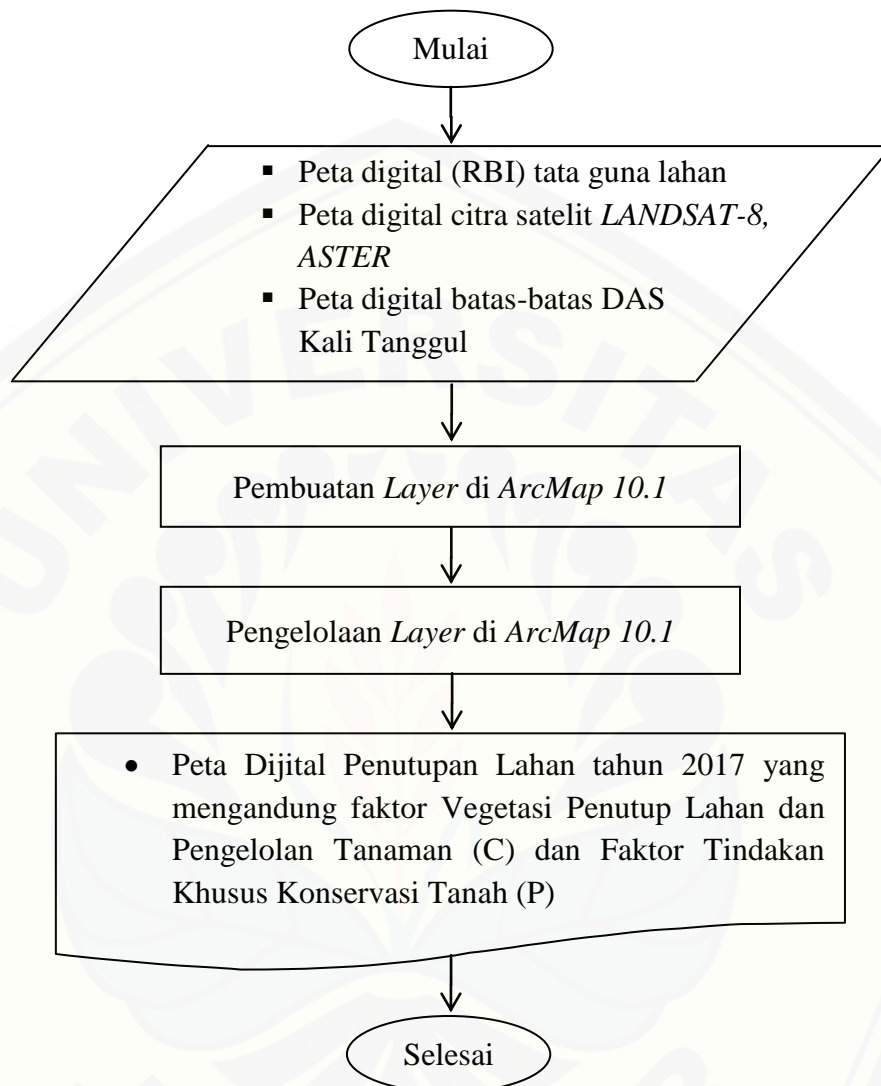
Gambar 3.9 Diagram Alir Pembuatan Peta Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Diagram alir pembuatan peta faktor LS dapat dilihat pada Gambar 3.10



Gambar 3.10 Diagram Alir Pembuatan Peta Faktor Kemiringan Dan Panjang Lereng (LS)

Diagram alir pembuatan peta faktor CP dapat dilihat pada Gambar 3.11



Gambar 3.11 Diagram Alir Pembuatan Peta Faktor Vegetasi Penutup Lahan Dan Tindakan Khusus Konservasi Tanah (CP)

**3.5 Time Schedulle Penelitian**

Time Scedulle Penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Time Scedulle Penelitian

No	Kegiatan	Waktu Penelitian																											
		2017		2018																									
		Des		januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni					
		3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1	Penyusunan dan Ujian Proposal	■	■	■	■	■																							
2	Pengurusan Ijin Administrasi Penelitian					■	■																						
3	Pengumpulan Data							■	■	■																			
4	Pengolahan Data																												
	a. Pembuatan DEM											■	■																
	b. Pembuatan Layer Faktor LS													■															
	c. Pembuatan Layer Faktor R														■														
	d. Pembuatan Layer Faktor K															■													
	e. Pembuatan Layer Faktor CP																■												
5	Analisa Data																	■	■	■	■								
6	Penyusunan Laporan Akhir																			■	■								
7	Seminar Hasil Penelitian																					■							
8	Perbaikan Hasil Seminar Penelitian																						■	■					
9	Sidang																								■				
10	Perbaikan Hasil Sidang																									■	■		



## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan, analisa data dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. DAS Tanggul dengan luas 26.146,13 Ha memiliki total laju erosi 37.534,76 m<sup>3</sup>/tahun. Berdasarkan hasil pemetaan laju erosi per Sub Das, erosi tertinggi terdapat pada Sub- DAS Tanggul Hulu yaitu sebesar 24.139,09 m<sup>3</sup>/ tahun. Sedangkan pada kecamatan, erosi tertinggi terdapat pada kecamatan Gumuk Mas yaitu 19.228,31 m<sup>3</sup>/ tahun.
2. Besarnya nilai tingkat bahaya erosi di DAS Tanggul pada kategori sangat ringan sebesar 9,79%, kategori ringan sebesar 61,62% dan kategori berat sebesar 28,59%.
3. DAS Tanggul memiliki total sedimen perhitungan sebesar 727,77 m<sup>3</sup>/tahun dan total sedimen observasi sebesar 959,19 m<sup>3</sup>/tahun, maka berdasarkan hasil Uji keandalan model menggunakan rumus *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) memiliki tingkat keakurasian model sebesar 0,7587 atau 75,87% dengan interpretasi dinyatakan baik.

### 5.2 Saran

Dari hasil penelitian mengenai prediksi laju erosi yang terjadi di DAS Tanggul, maka disarankan beberapa hal berikut :

1. Hasil simulasi ini merupakan suatu *Decision Support System* (DDS) bagi pihak instansi untuk optimasi manajemen DAS secara terpadu, dimana untuk daerah yang memiliki erosi tinggi dilakukan upaya forestasi atau reboisasi dengan beberapa kombinasi tanaman dan menanam tanaman yang bersifat *covering* dengan kerapatan tinggi. Serta melakukan tindakan konservasi

mekanik dengan cara perletakan bangunan – bangunan, misal *check dam* atau terjunan yang sesuai diterapkan pada daerah yang memiliki kemiringan curam untuk mengurangi laju erosi lahan di DAS atau Sub-DAS tersebut.

2. Sehubungan dengan hasil kajian ini mengidentifikasi bahwa kondisi DAS Tanggul secara keseluruhan dapat dianggap keadaan terganggu, maka disarankan agar dilakukan upaya konservasi, diantaranya tindakan rehabilitasi lahan sehingga dapat menjamin efektifitas fungsi DAS dan penanganan sedimen pada DAM sebagai penampung, pemasok air, dan pembangkit tenaga listrik.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan metode lain yang berhubungan dengan penelitian ini untuk membandingkan hasil yang lebih baik.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor : Penerbit IPB
- Arsyad, S. 2000. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor : IPB Press.
- Arsyad, S. 2012. *Konservasi Tanah dan Air*. (H.Siregar, Ed.) (Edisi ke 2., p. 466). Bogor: IPB Press.
- Asdak, C. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Asdak, C. 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Baver, L.D. 1959. Soil Physics. John Wiley and Sons Inc. New York. USA.
- Croke, B.F.W., Andrews, F., Spate, J. & Cuddy, S. 2005. IHACRES User Guide. Australia: ICAM Centre dan The Australian National University
- Devatha, C.P., & Renukprasad, M. S. 2015. Estimation of soil loss using USLE model for Kulhan Watershed, Chattisgarh – A case study, 4(Icwrcoe), 1429-1436. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.185>.
- Dirjen BPDASPS. 2013. *Petunjuk Teknis Penyusunan Data Spasial Lahan Kritis*. Jakarta: Kementerian Kehutanan RI.
- Erwanto, Y., Rusman dan A. B. Witarto. 2007. *Identifikasi daging babi dengan PCR-RFLP sebagai acuan untuk menentukan status kehalalan*. Prosiding Seminar Cluster Agro LPPM-UGM. 30 November 2007
- Jain, M. K. & Kothyari, U. C. 2000. Estimation of soil erosion and sediment Yield Using GIS. *Hydrol. Sci. J.* 45(5), 771-786.
- Kohnke, H. and A. R. Bentrland. 1959. Soil Conservation. Mc Graw-Hill Book Co. Inc. New York.
- Motovilov, Y.G., Gottschalk, L., Engeland, K. & Rodhe, A. 1999. Validation of a Distributed Hydrological Model Against Spatial Observations. Elsevier Agricultural and Forest Meteorology.

- Moriasi, D.N., J.G Arnold. M. W Van Liew, R.L Bingner, R.D Harmel. T.L Veith. 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulation. American society of Agricultural and Biological Engineers 50 (3), pp. 885-900.
- Perdana A. dan Priana S. 2006. *Pengaruh Tataguna Lahan Terhadap Laju Erosi Di Daerah Tangkapan Waduk Cisanti*. Jurnal Teknik Lingkungan:35-43.
- Prahasa, E. 2002. *Konsep – Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Bandung : Penerbit Informatika.
- Sitanala Arsyad, 2010. *Konservasi Air dan Tanah*. Bogor: IPB Press.
- Soemarto, C. 1995. *Hidrologi Teknik*. Jakarta : Gramedia Pustaka.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Bandung : Penerbit Nova.
- Suripin. 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Suripin. 2003. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*, Semarang. Hal. 32-50, 57-58. Wantasen, Sofia., 2003. *Laporan Akhir Investigasi Kualitas Air Sungai dan Danau Tondano*. PT Palma Sejati Konsultan, Hal. 34-35.
- Thompson, L. M., 1957. *Soil and Soil Fertility*. Mc. Graw-Hill Book Company Inc. New York.
- USGS. 2016. What is a Watershed? Retrieved from <https://water.usgs.gov/edu/watershed.html>
- Utomo, W.H. 1989. *Konservasi Tanah di Indonesia: Suatu Rekaman dan Analisa/oleh Wani Hadi Utomo*. Jakarta: Edisi Pertama Cetakan Pertama CV Rajawali.
- Wischmeier, W.H. and D. D. Smith. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses. A guide to Conservation Planning. USDA Hand Book. No. 537.

**Pustaka Internet:**

<http://perumahanmalang.wordpress.com/2011/04/24/rtrw-kota-malang-2010-2030>,

(diakses pada tanggal 5 Juli 2012)

<http://www.flickr.com/photos/agipk/5329289286/> (diakses tanggal 27 Juni 2012)

[http://www.jasatirta1.co.id/wilker.php?subaction=showfull&id=1335365364&archive=&start\\_from=&ucat=6](http://www.jasatirta1.co.id/wilker.php?subaction=showfull&id=1335365364&archive=&start_from=&ucat=6) (diakses tanggal 27 Juni 2012)

<http://www.jasatirta1.co.id> (diakses tanggal 27 Juni 2012)

<http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Master-15568-3107205714-Chapter1.pdf>, (diakses tanggal 22 Juni 2012)

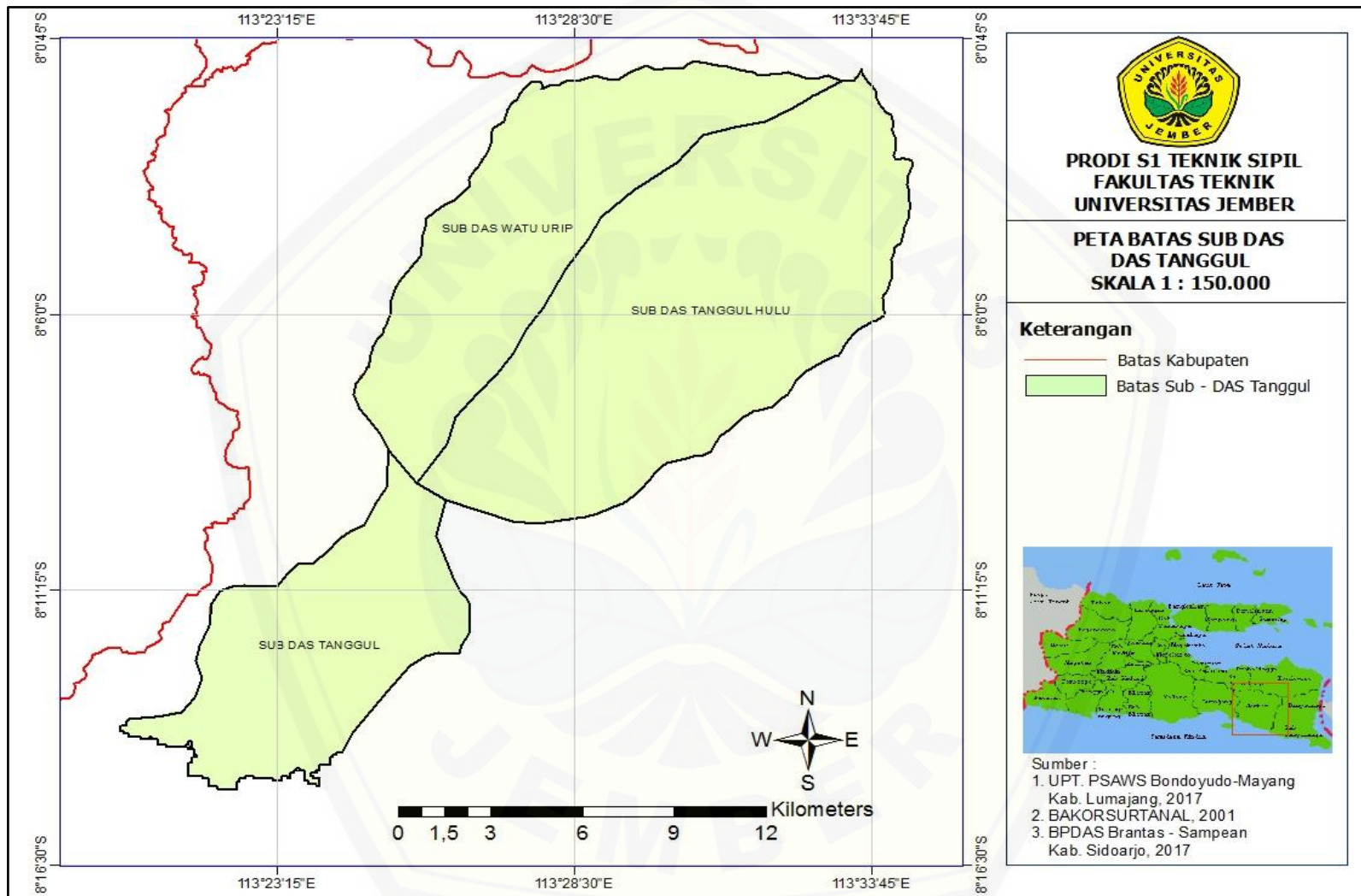
<http://www.surabaya.go.id/profilkota/index.php?id=81>, (diakses tanggal 22 Juni 2012)

[http://www.cifor.org/lpf/docs/java/LPF\\_Flyer\\_PHBM.pdf](http://www.cifor.org/lpf/docs/java/LPF_Flyer_PHBM.pdf) (diakses tanggal 21 Juni 2012) <http://id.kominfojatim.com>, 2010



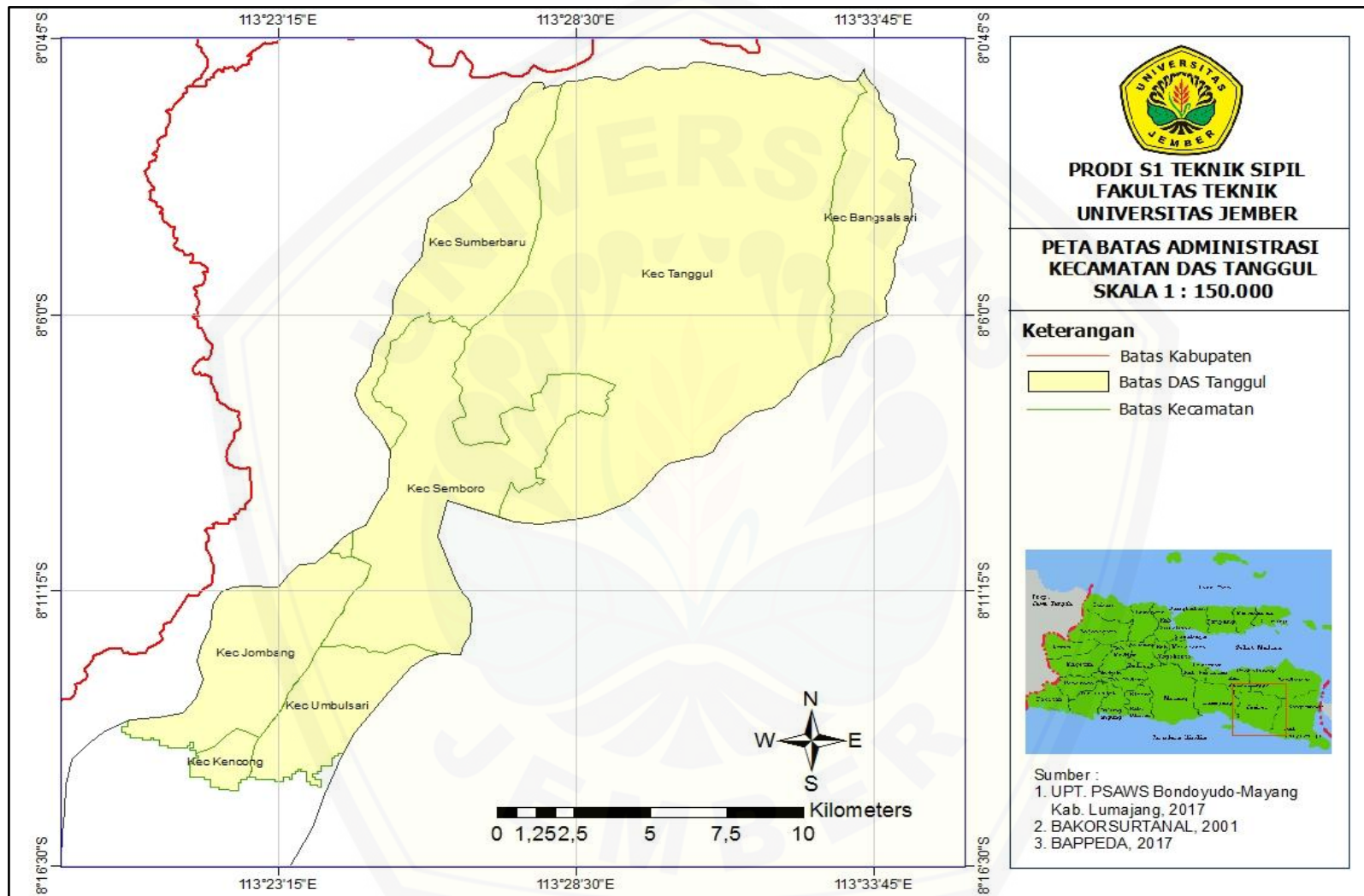


# Lampiran

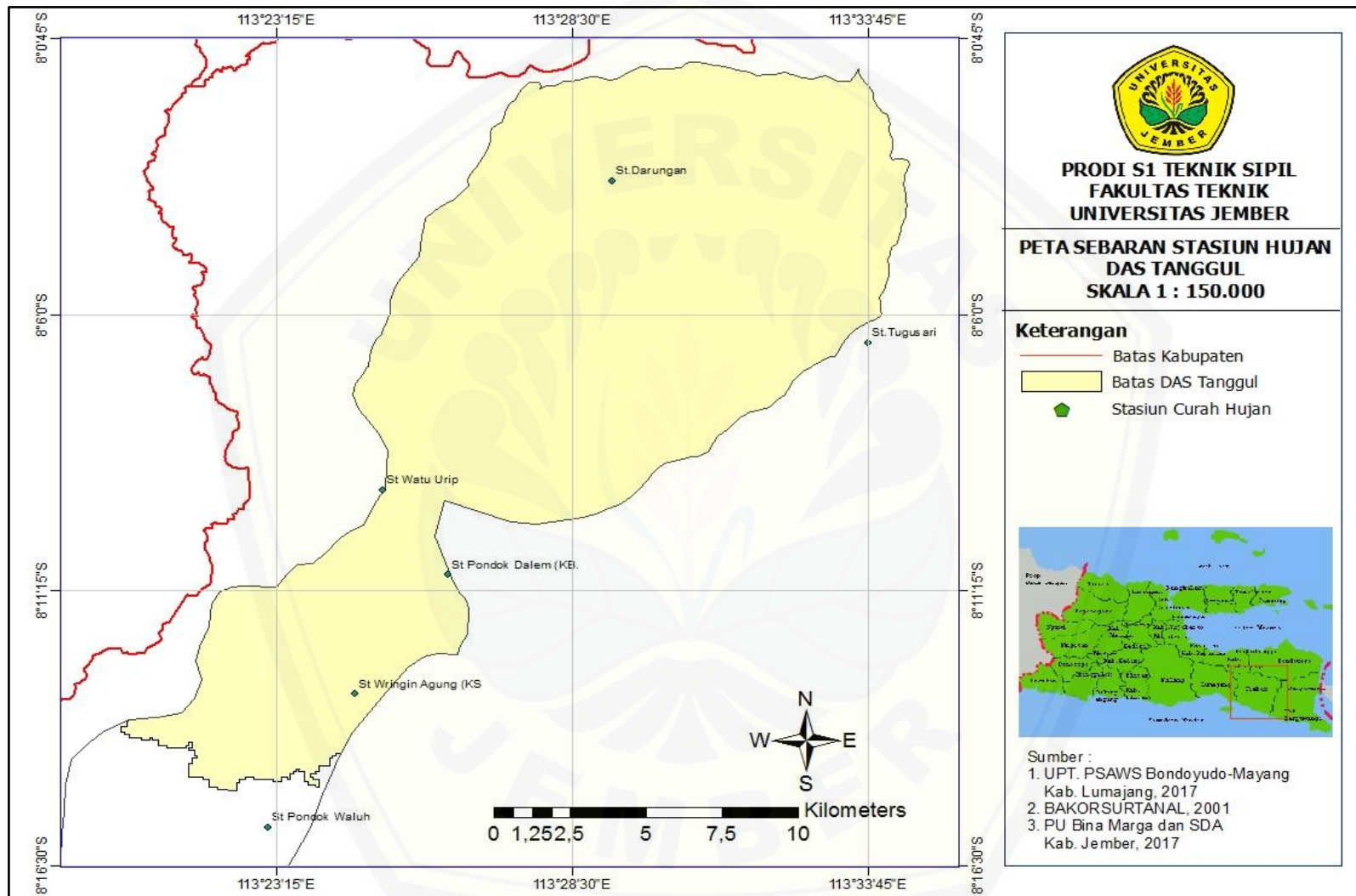


Lampiran 1. Peta Batas Sub - DAS Tanggul

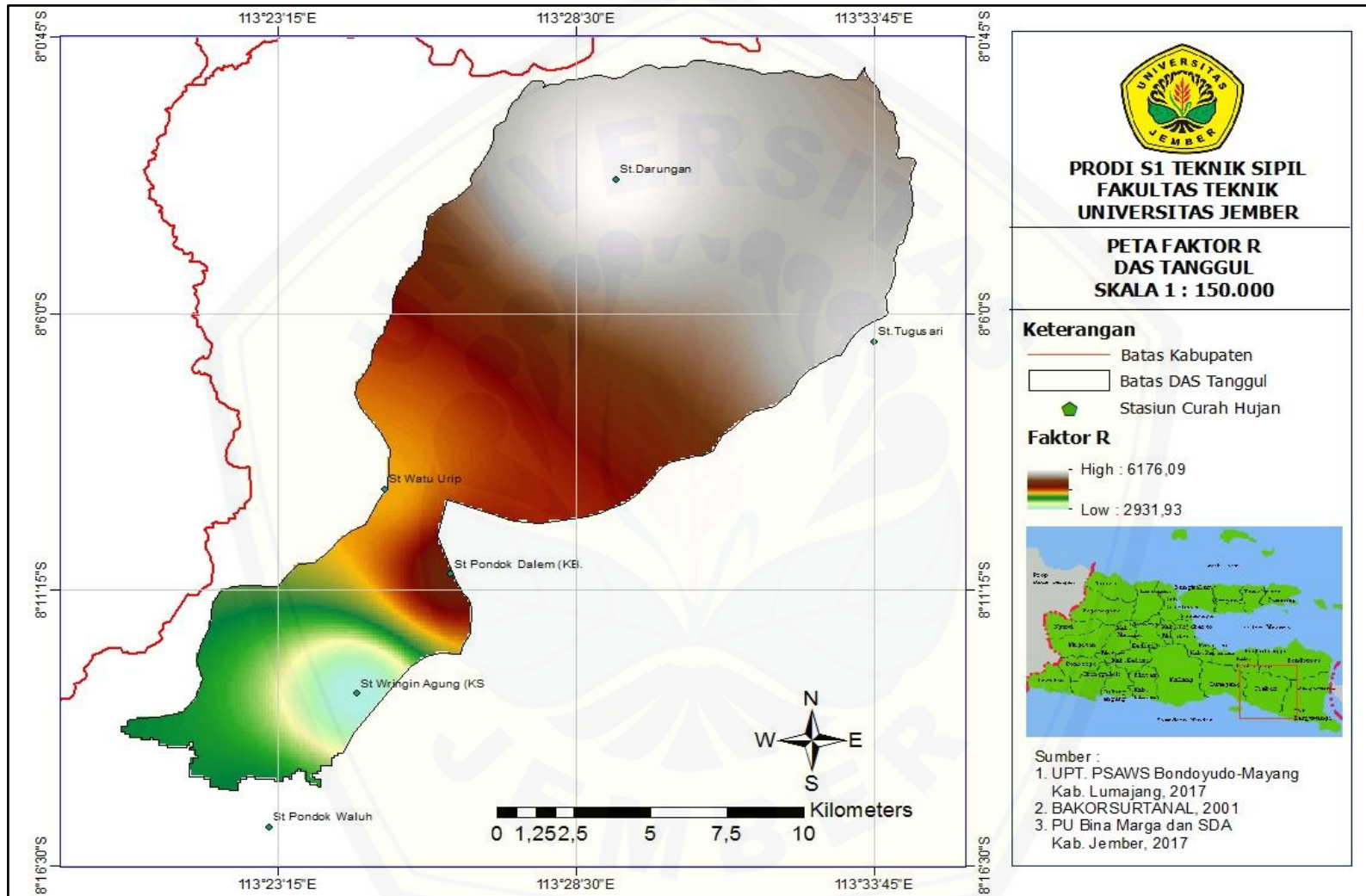




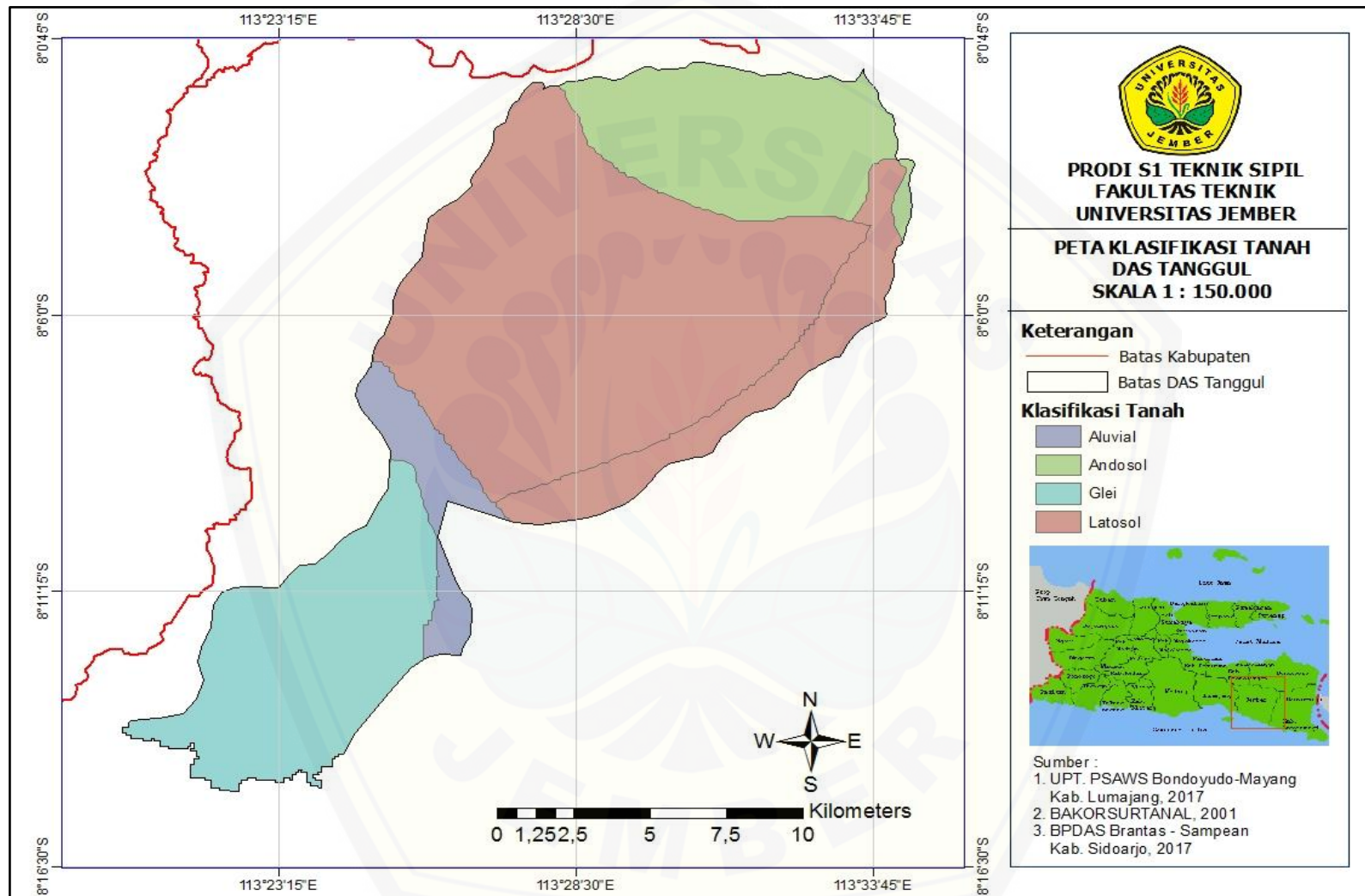
Lampiran 2. Peta Batas Administrasi Kecamatan di DAS Tanggul



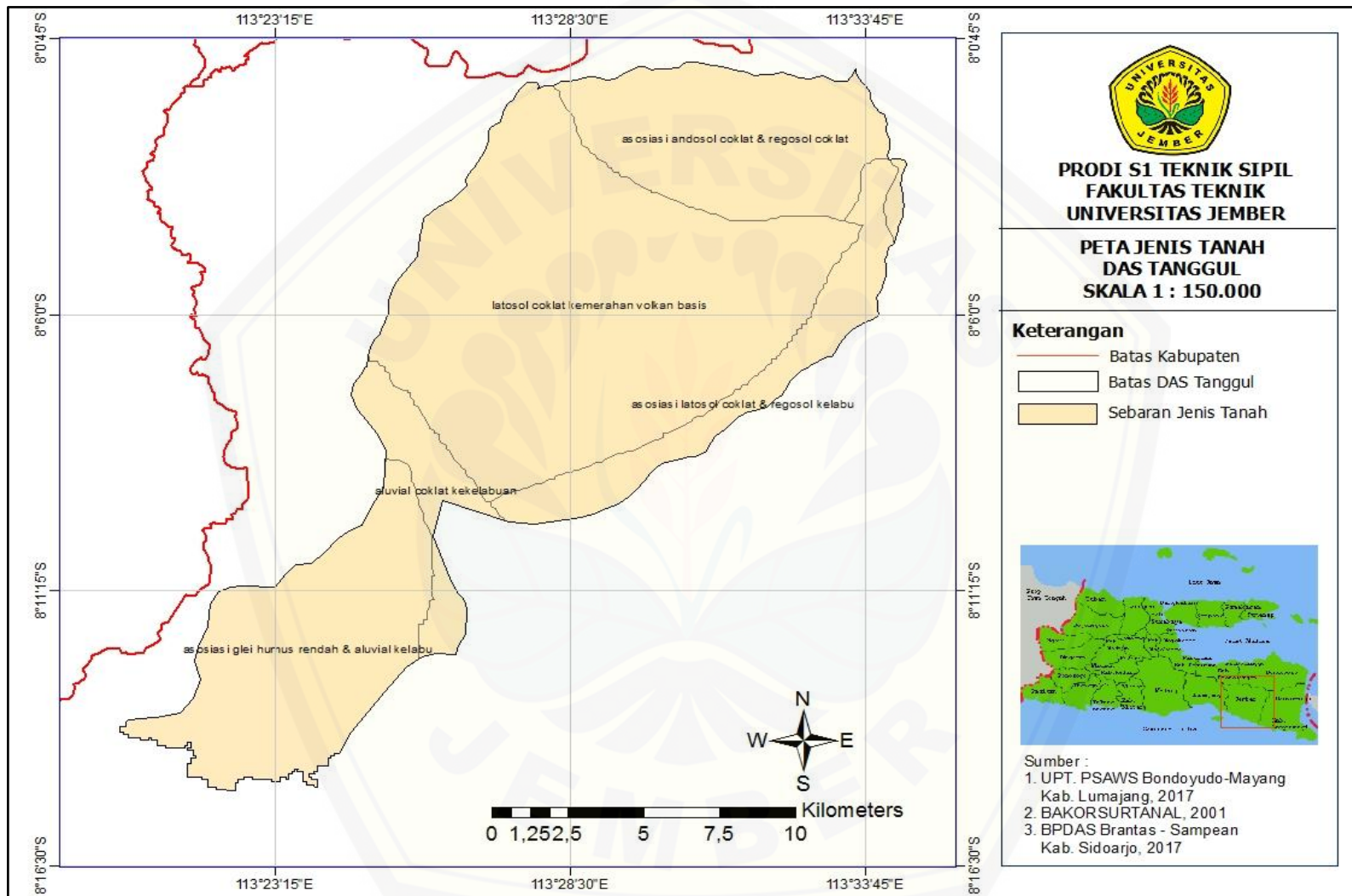
Lampiran 3. Peta Batas Sebaran Stasiun Hujan DAS Tanggul



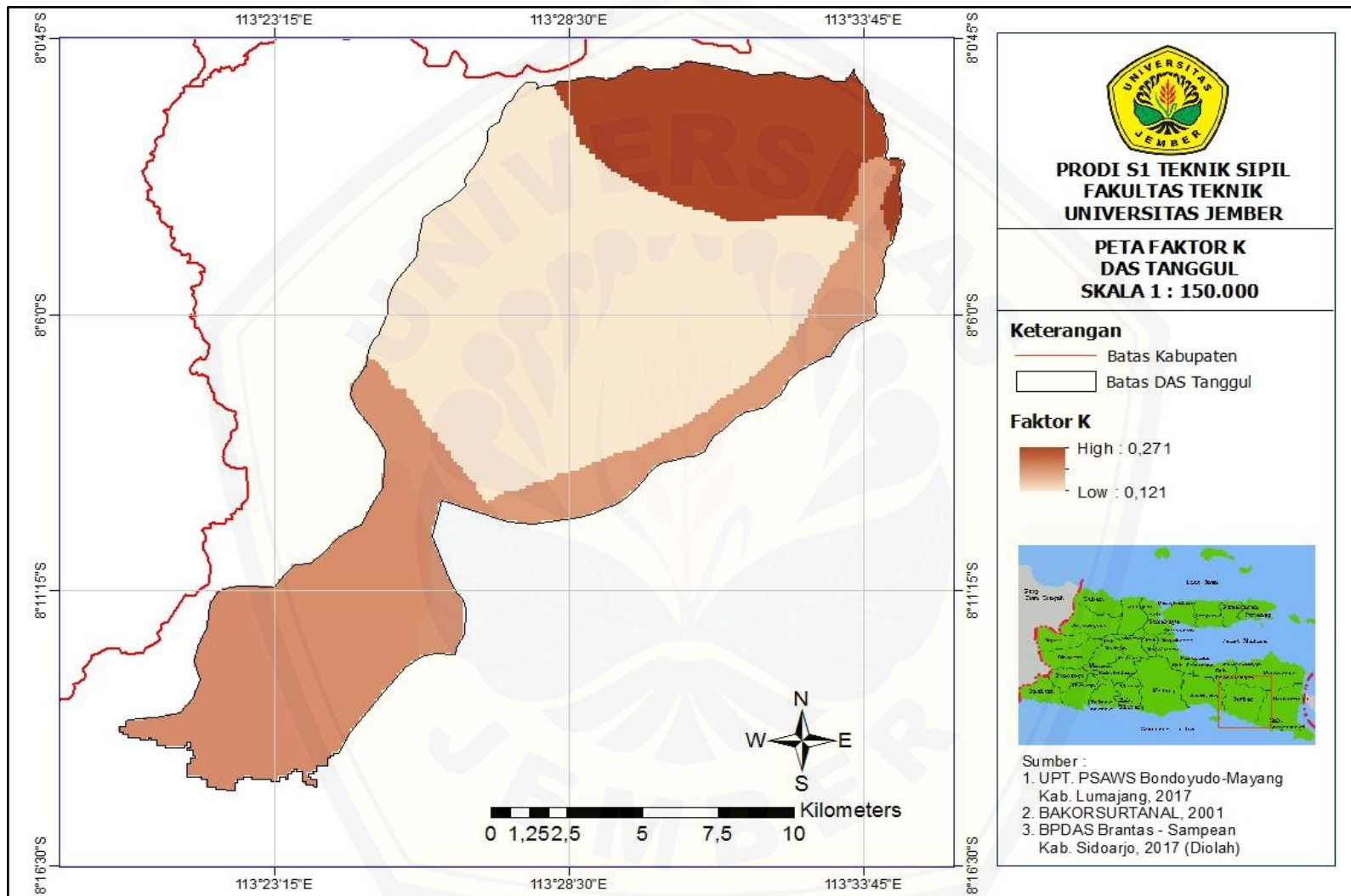
Lampiran 4. Peta Faktor R DAS Tanggul



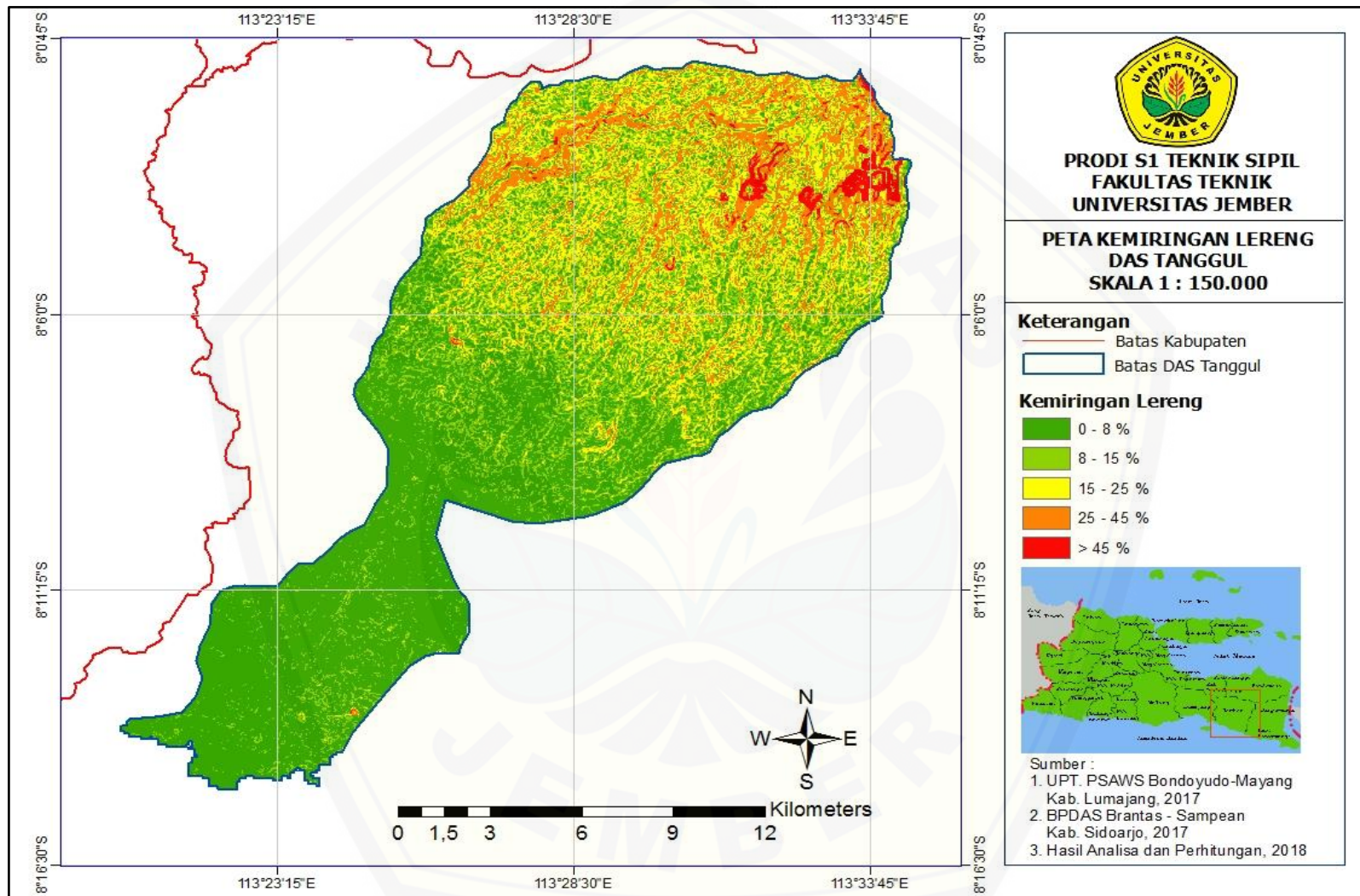
Lampiran 5. Peta Klasifikasi Tanah DAS Tanggul



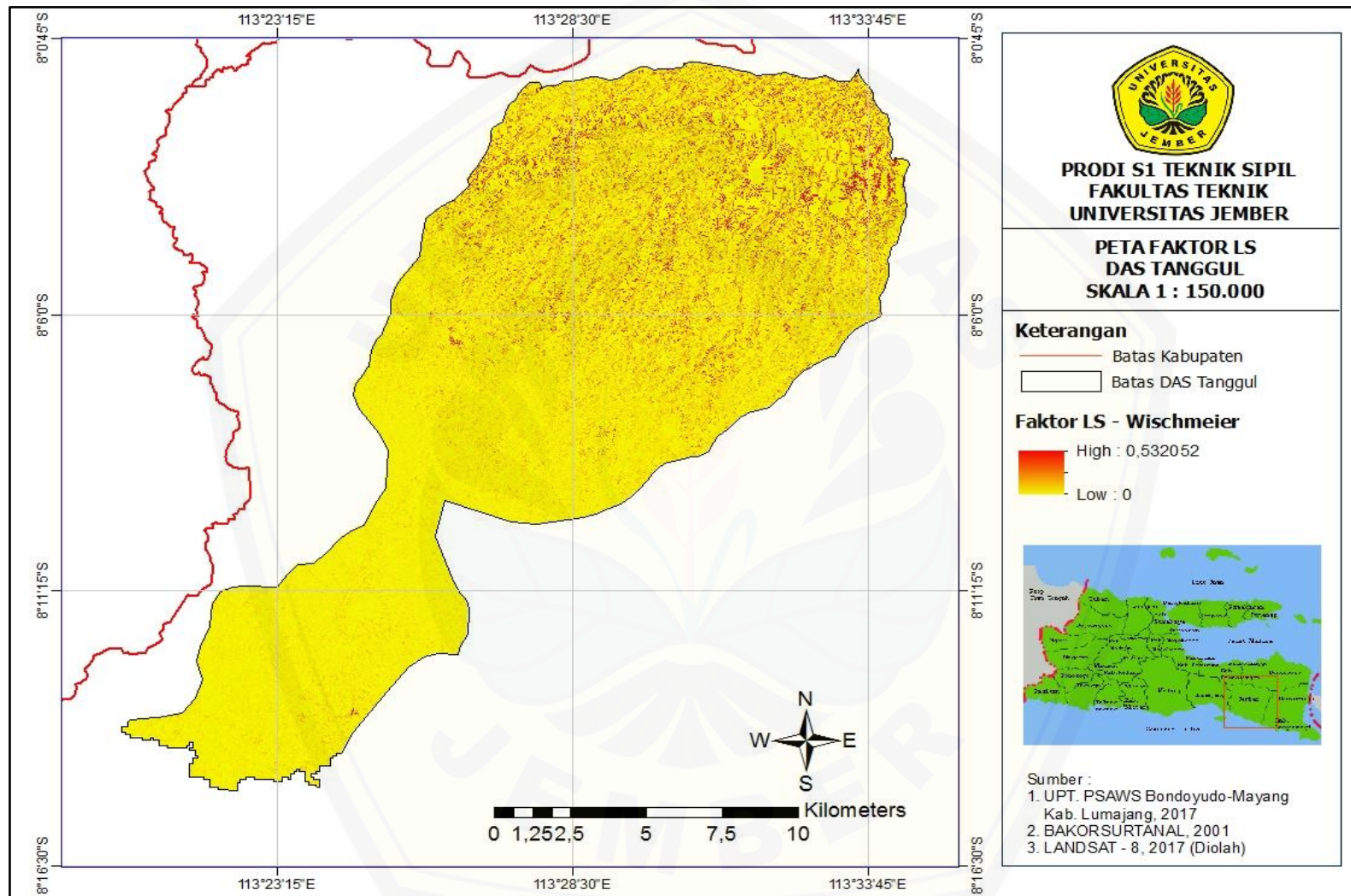
Lampiran 6. Peta Jenis Tanah DAS Tanggul



Lampiran 7. Peta Faktor K DAS Tanggul

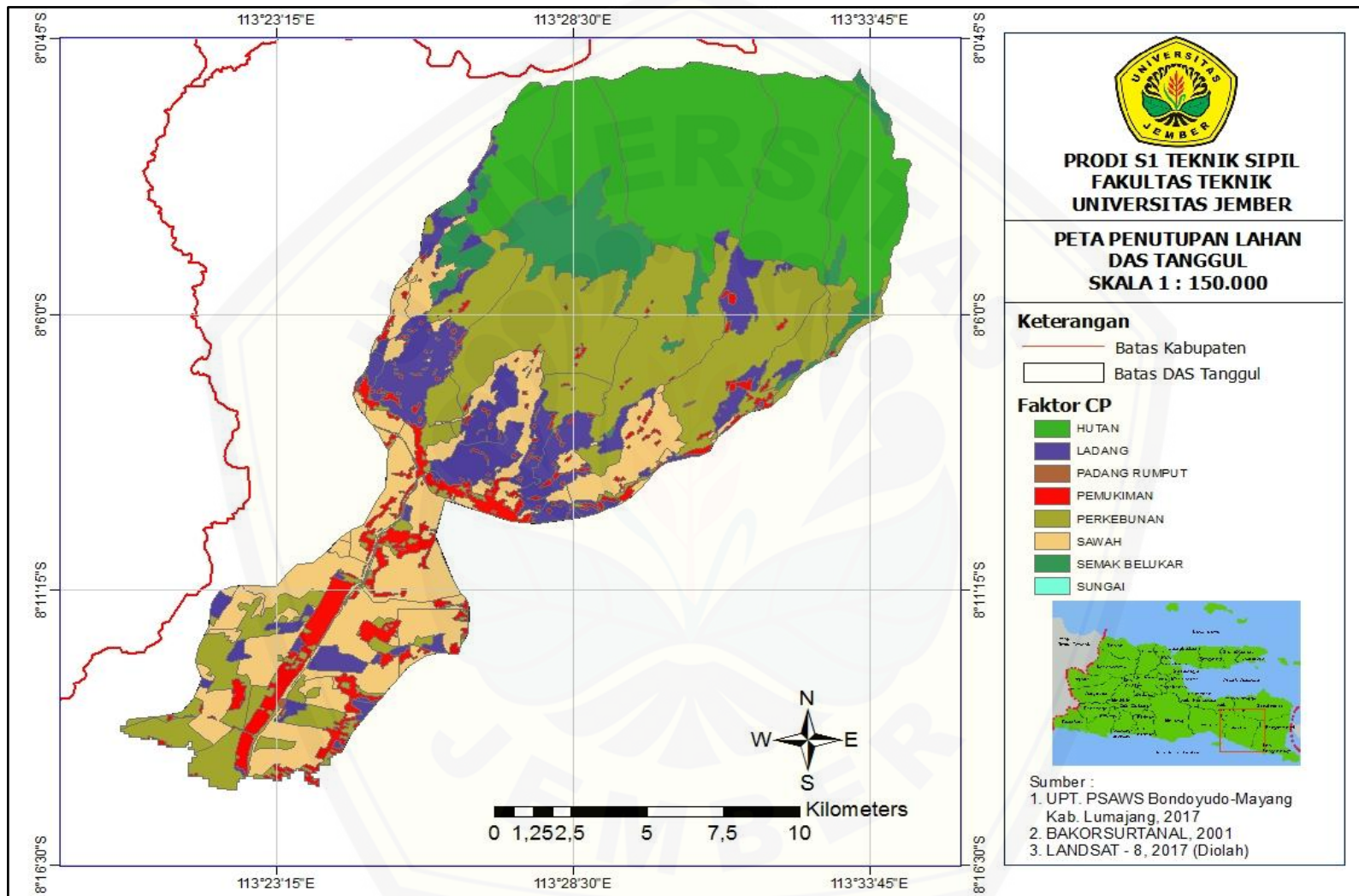


Lampiran 8. Peta Kemiringan Lereng DAS Tanggul

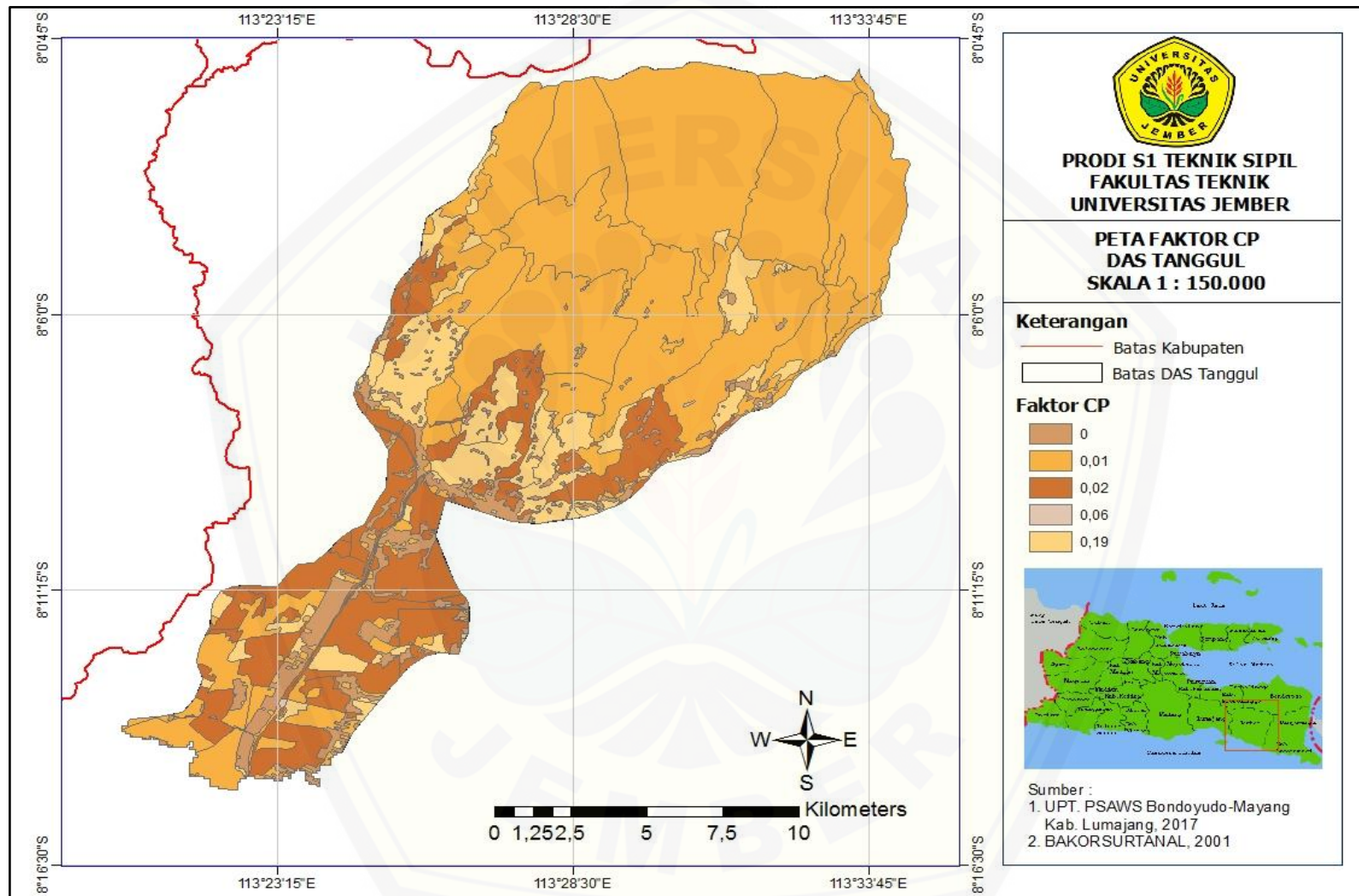


Lampiran 9. Peta Faktor LS DAS Tanggul

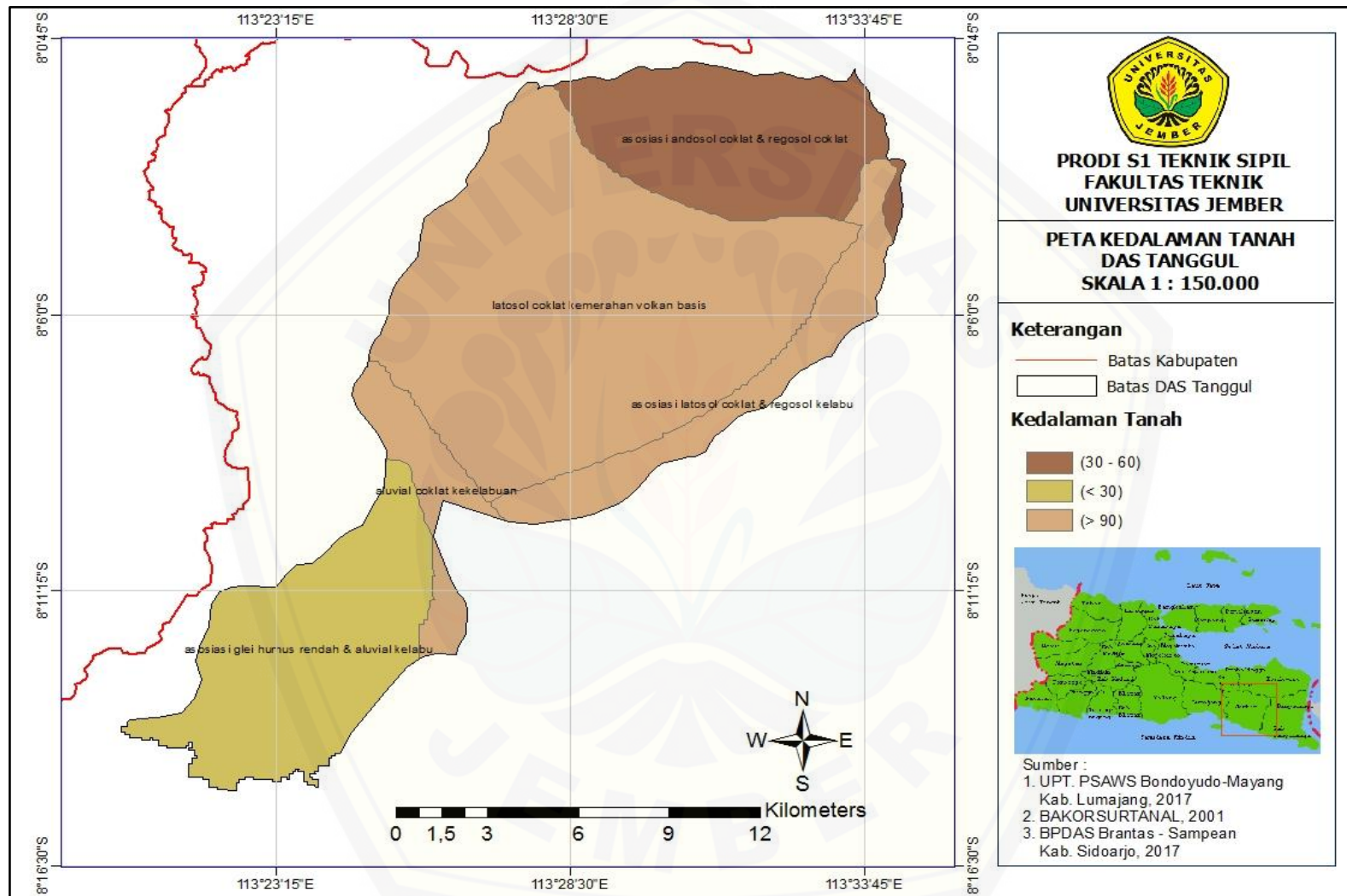




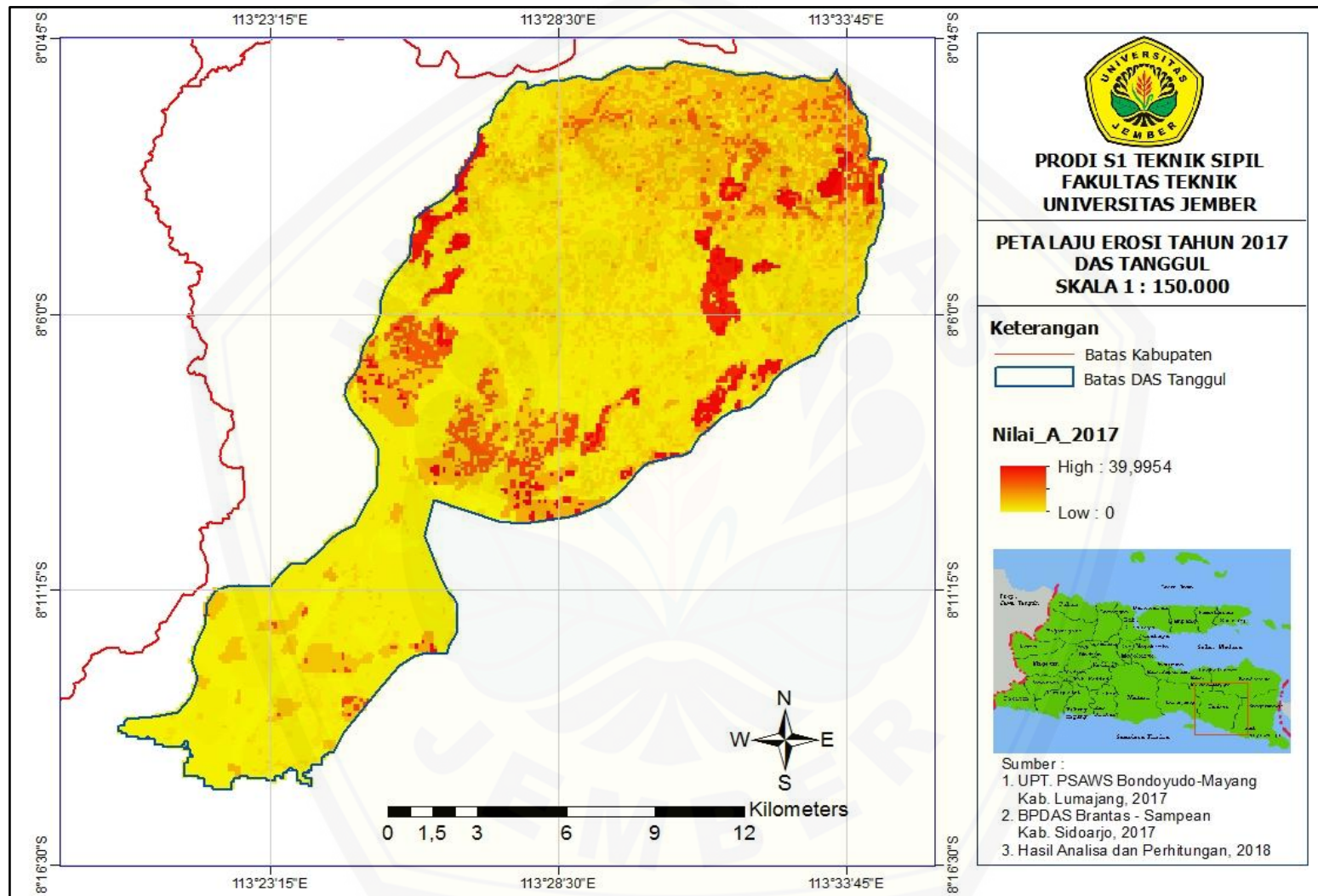
Lampiran 10. Peta Tata Guna Lahan DAS Tanggul Tahun 2017



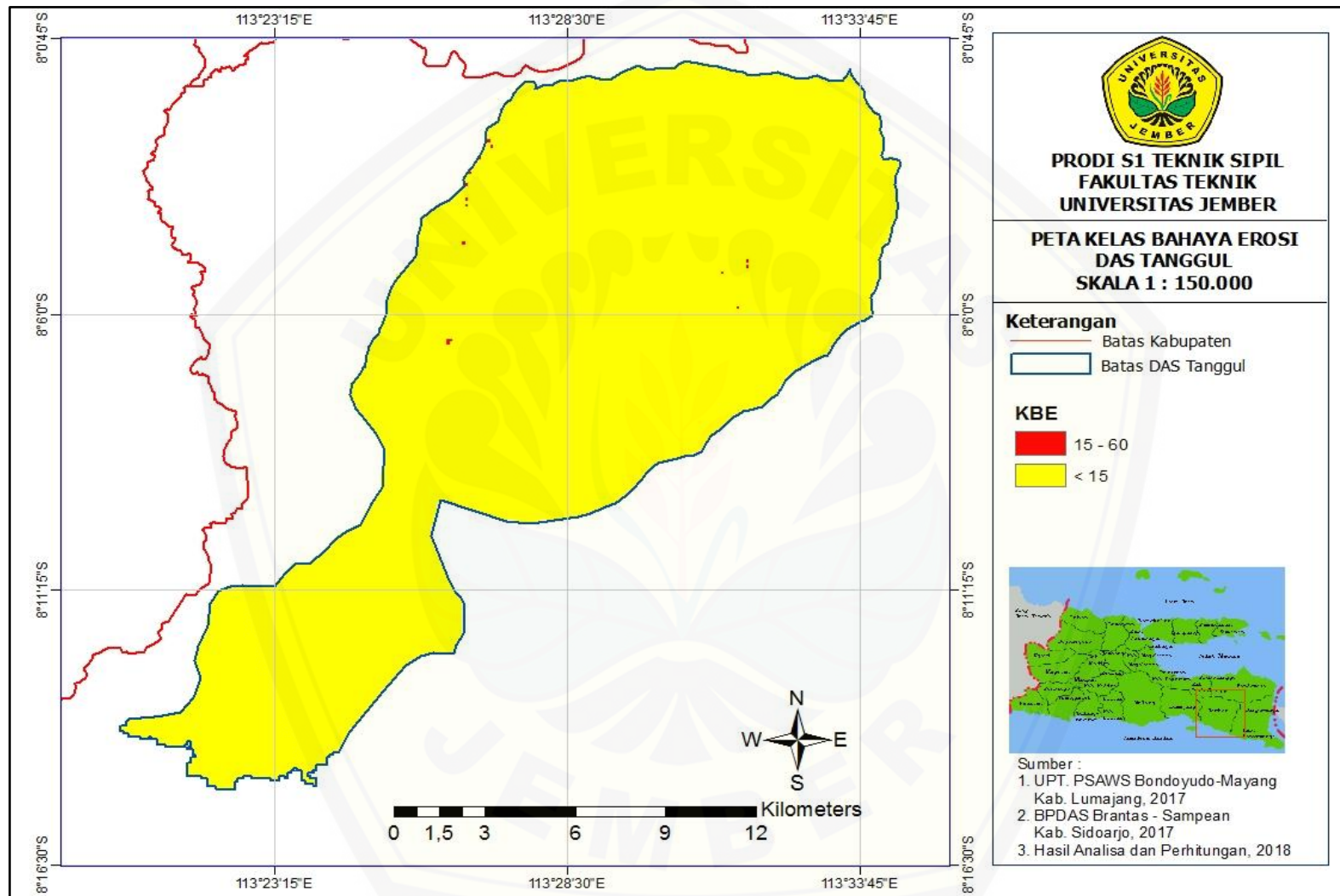
Lampiran 11. Peta Faktor CP DAS Tanggul Tahun 2017



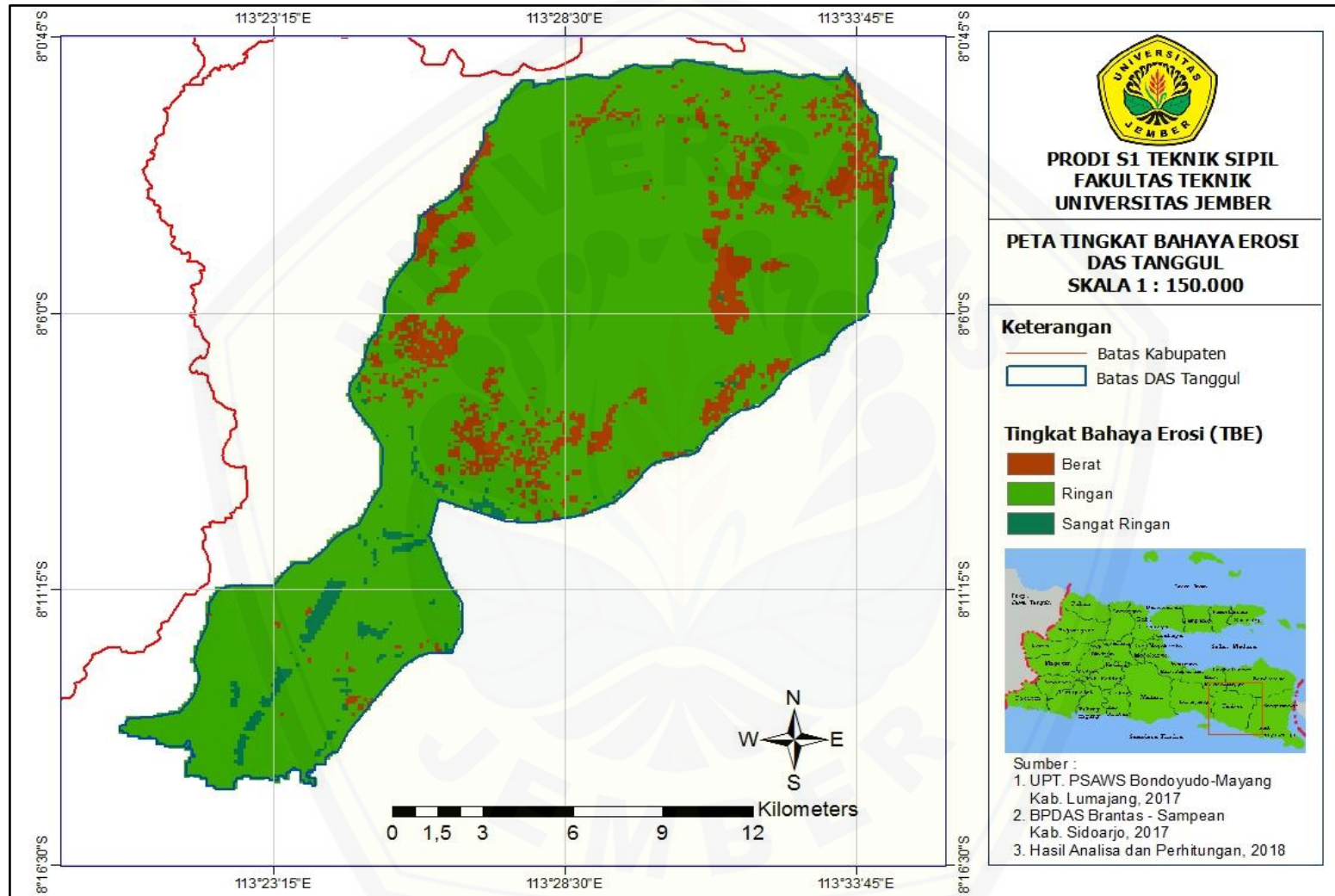
Lampiran 12. Peta Kedalaman Tanah



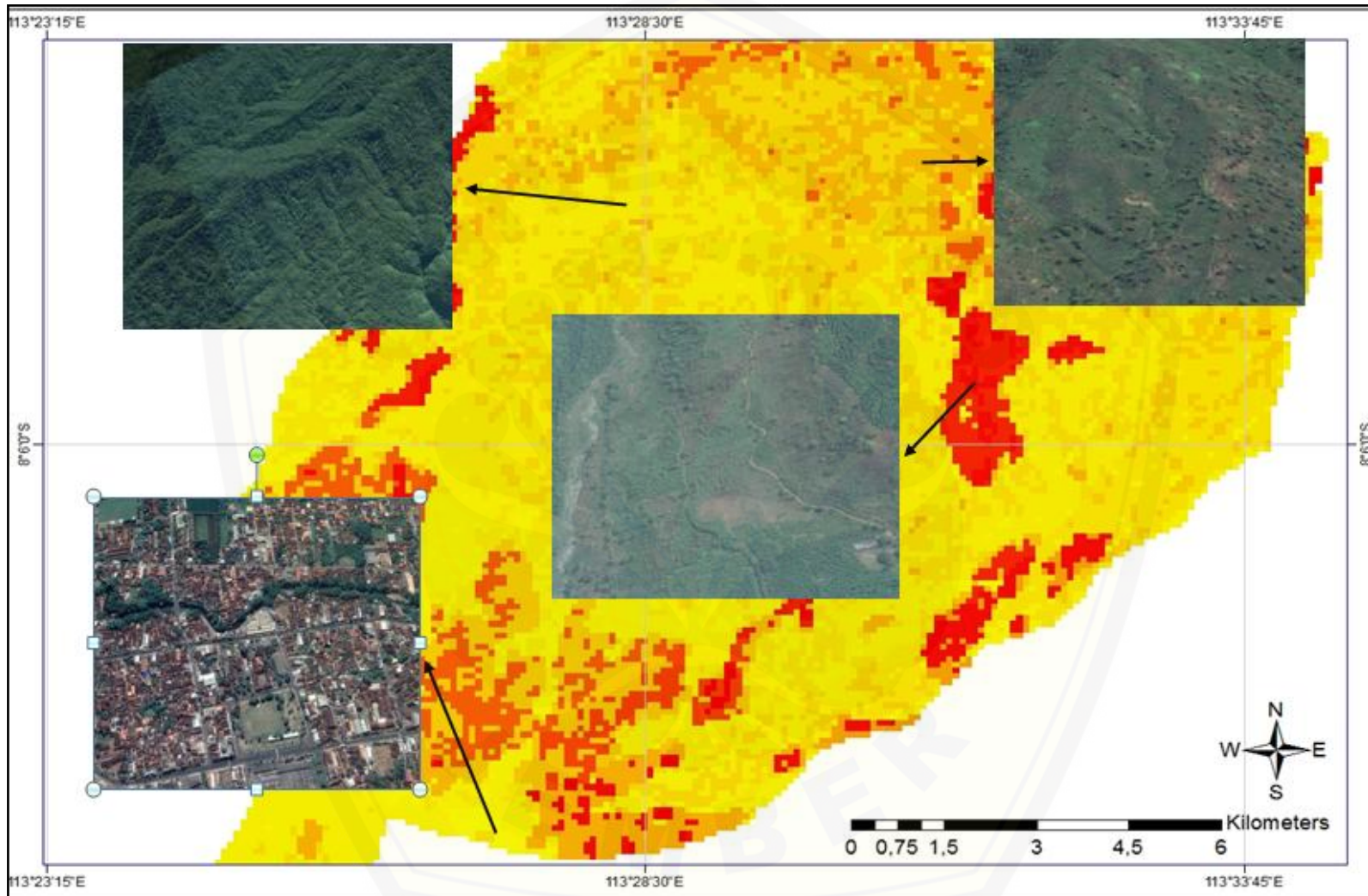
Lampiran 13. Peta Laju Erosi DAS Tanggul



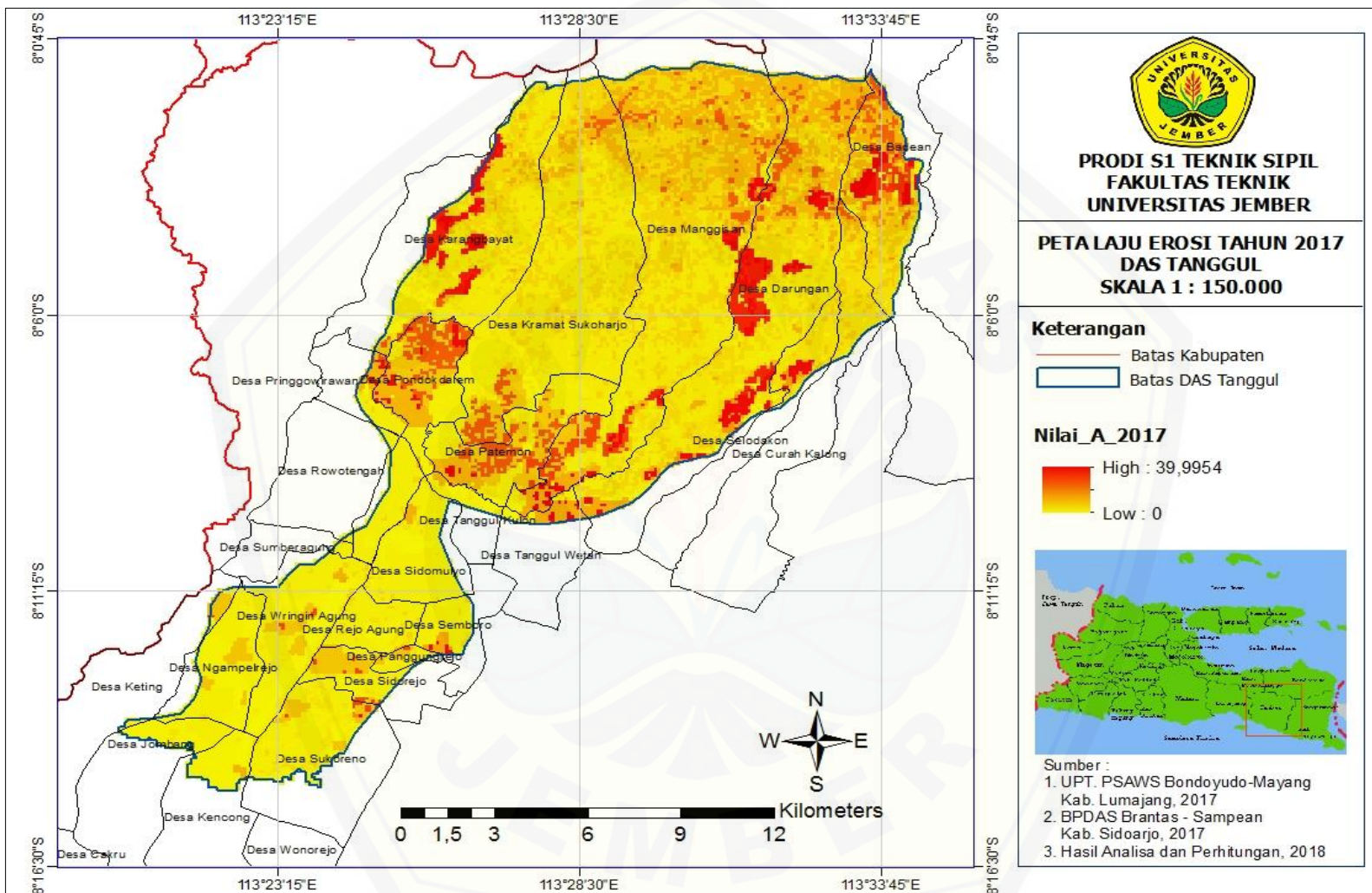
Lampiran 14. Peta Kelas Bahaya Erosi DAS Tanggul



Lampiran 15. Peta Tingkat Bahaya Erosi DAS Tanggul



Lampiran 15. Peta Tingkat Bahaya Erosi DAS Tanggul



Lampiran 16. Peta Tingkat Bahaya Erosi DAS Tanggul Tiap Desa



**Lampiran 17.** Data Curah Hujan Setiap Stasiun Hujan di DAS Tanggul

No	Tahun	Stasiun Darungan (1)	Stasiun Tugusari (2)	Stasiun Watu Urip (3)	Stasiun Pondok Dalem (4)	Stasiun Wringin Agung (5)	Stasiun Pondok waluh (6)	Stasiun Kencong (7)	Stasiun Kencong (8)
1	2008	3194	2530	2451	2669	2248	1869	1263	1483
2	2009	3032	1338	2098	2331	2045	1836	1238	1269
3	2010	2017	4511	1012	1582	1301	1144	1000	912
4	2011	4174	3505	2932	3326	2732	2733	2108	2043
5	2012	2130	3701	2520	1991	1628	1825	1509	1752
6	2013	2428	3576	2683	1972	1882	1715	1379	1848
7	2014	2631	2156	2863	2353	1437	2572	1810	2306
8	2015	685	2972	647	580	396	1035	1341	1198
9	2016	2118	4795	1631	1603	737	1215	1133	947
10	2017	4920	1592	3522	3978	1767	3530	2799	2756

Sumber : Dinas PU Bina Marga dan SDA, 2018

**Lampiran 18.** Curah Hujan Rata – Rata Tahunan (RAIN)

Tahun \ Stasiun	Stasiun Darungan	Stasiun Tugusari	Stasiun Watu Urip	Stasiun Pondok Dalem	Stasiun Wringin Agung	Stasiun Pondok waluh	Stasiun Kencong	Stasiun Kencong
Ket	Total							
2008	3194	2530	2451	2669	2248	1869	1263	1483
2009	3032	1338	2098	2331	2045	1836	1238	1269
2010	2017	4511	1012	1582	1301	1144	1000	912
2011	4174	3505	2932	3326	2732	2733	2108	2043
2012	2130	3701	2520	1991	1628	1825	1509	1752
2013	2428	3576	2683	1972	1882	1715	1379	1848
2014	2631	2156	2863	2353	1437	2572	1810	2306
2015	685	2972	647	580	396	1035	1341	1198
2016	2118	4795	1631	1603	737	1215	1133	947
2017	4920	1592	3522	3978	1767	3530	2799	2756

Sumber : Dinas PU Bina Marga dan SDA, 2018

**Lampiran 19.** Curah Hujan Maximum Rata-rata Harian Perbulan dalam Setahun (MAXP)

Tahun	Stasiun Darungan	Stasiun Tugusari	Stasiun Watu Urip	Stasiun Pondok Dalem	Stasiun Wringin Agung	Stasiun Pondok waluh	Stasiun Kencong	Stasiun Kencong	
Ket	Total								
2008	112	99	87	117	98	89	99	87	
2009	153	70	86	121	99	128	70	72	
2010	140	96	58	107	130	145	100	108	
2011	130	90	96	89	83	145	88	90	
2012	146	92	197	135	102	77	125	117	
2013	118	98	117	111	84	87	107	128	
2014	190	90	103	119	81	116	98	84	
2015	83	99	107	87	33	53	173	90	
2016	120	116	67	80	47	94	77	80	
2017	150	61	113	150	62	144	117	143	

Sumber : Dinas PU Bina Marga dan SDA, 2018

**Lampiran 20. Hari Hujan Rata-rata dalam Setahun (DAYS)**

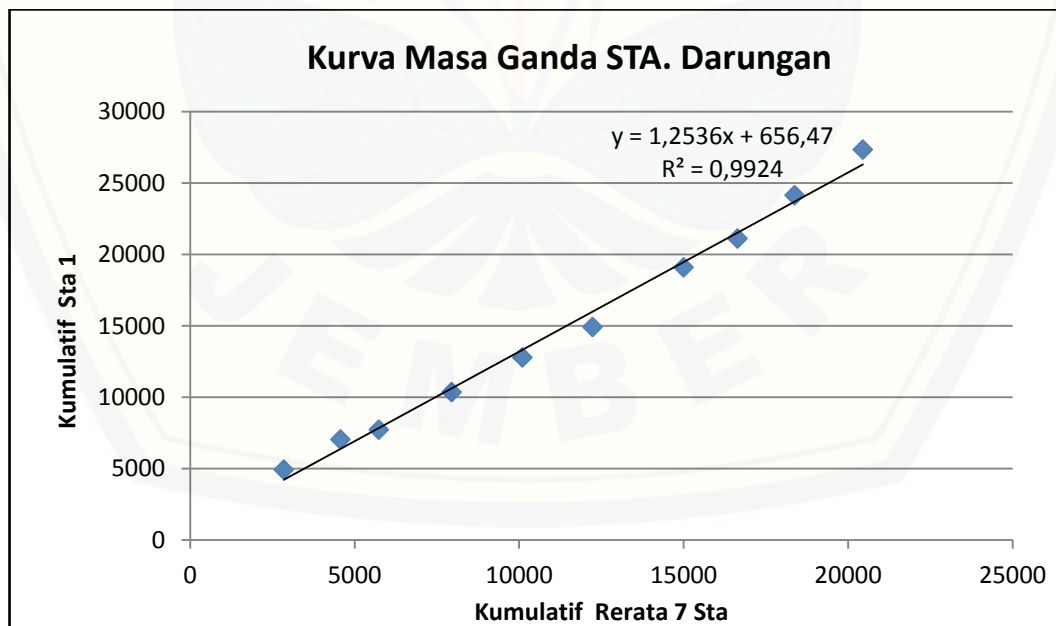
Tahun	Stasiun							
	Stasiun Darungan	Stasiun Tugusari	Stasiun Watu Urip	Stasiun Pondok Dalem	Stasiun Wringin Agung	Stasiun Pondok waluh	Stasiun Kencong	Stasiun Kencong
Ket	Total							
2008	133	122	143	100	114	107	63	83
2009	151	102	144	119	116	121	69	77
2010	112	212	88	84	78	87	44	49
2011	223	151	224	160	173	169	98	107
2012	140	124	126	103	106	101	61	79
2013	141	144	128	110	113	119	67	81
2014	162	92	151	120	107	145	89	107
2015	42	122	36	46	52	84	57	61
2016	106	216	99	79	72	83	72	50
2017	201	88	192	155	148	171	117	157

Sumber : Dinas PU Bina Marga dan SDA, 2018

**Lampiran 21.** Uji Konsistensi Data Hujan dan Grafik Lengkung Massa Ganda Stasiun Darungan

Tahun	Sta. Darungan	Kumulatif Sta. (mm)	Rerata Hujan 7 Sta. (mm)	Kumulatif Rerata Hujan 7 Sta. (mm)
2008	3194	27329	2073,3	20451,6
2009	3032	24135	1736,4	18378,3
2010	2017	21103	1637,4	16641,9
2011	4174	19086	2768,4	15004,4
2012	2130	14912	2132,3	12236,0
2013	2428	12782	2150,7	10103,7
2014	2631	10354	2213,9	7953,0
2015	685	7723	1167,0	5739,1
2016	2118	7038	1723,0	4572,1
2017	4920	4920	2849,1	2849,1

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

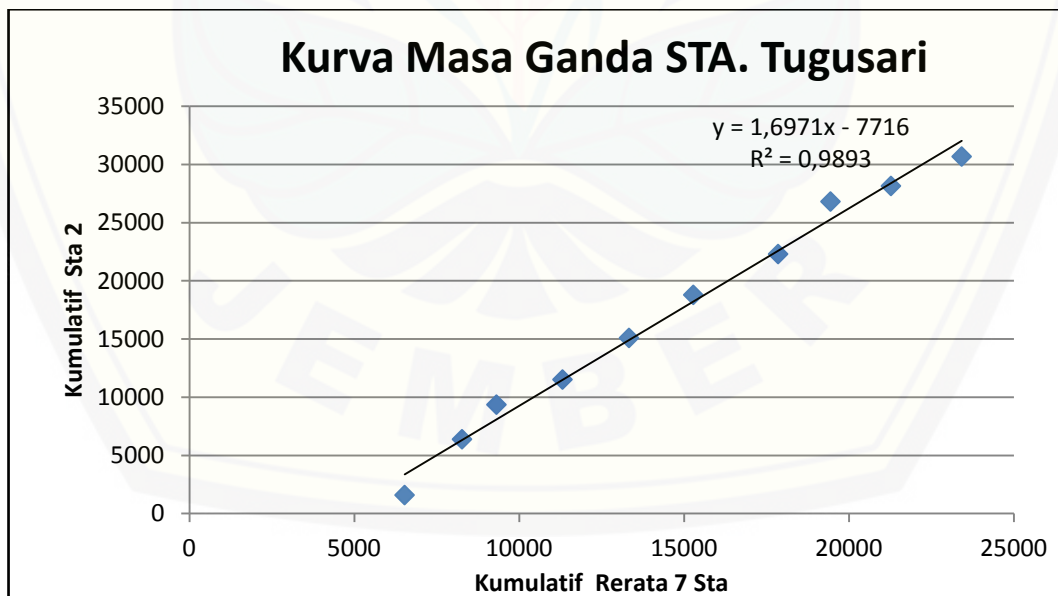


Sumber : Hasil Perhitungan dan Analisa, 2018

**Lampiran 22.** Uji Konsistensi Data Hujan dan Grafik Lengkung Massa Ganda Stasiun Tugusari

Tahun	Sta. Tugusari	Kumulatif Sta. (mm)	Rerata Hujan 7 Sta. (mm)	Kumulatif Rerata Hujan 7 Sta. (mm)
2008	2530	30676	2145,0	23421,3
2009	1338	28146	1833,4	21276,3
2010	4511	26808	1589,3	19442,9
2011	3505	22297	2572,0	17853,6
2012	3701	18792	1950,4	15281,6
2013	3576	15091	2015,7	13331,1
2014	2156	11515	2003,7	11315,4
2015	2972	9359	1045,0	9311,7
2016	4795	6387	1740,9	8266,7
2017	1592	1592	6525,9	6525,9

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

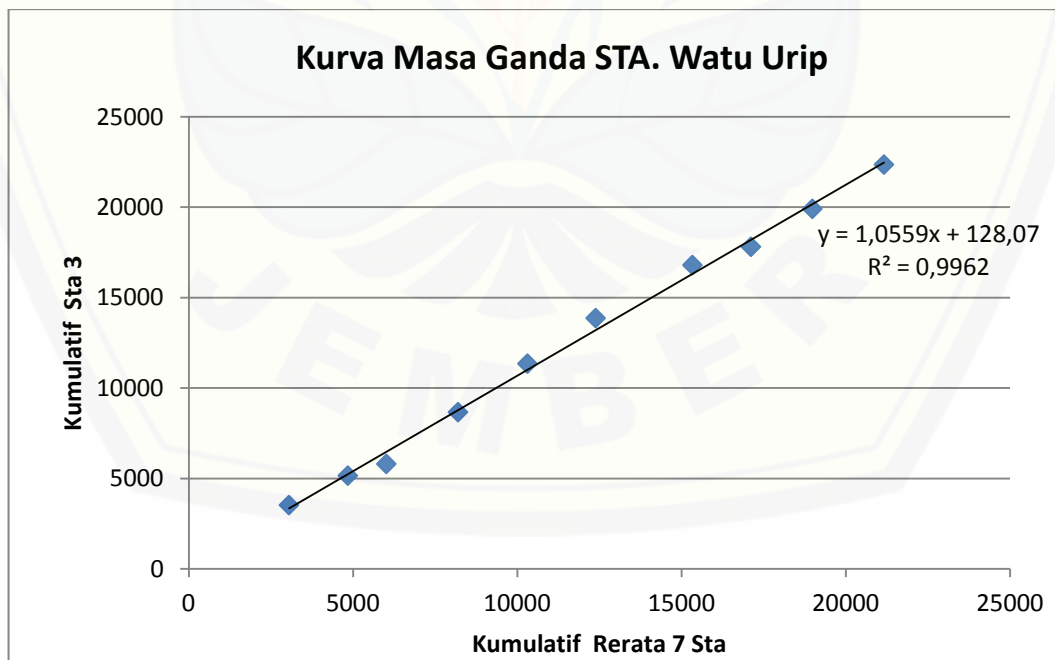


Sumber : Hasil Perhitungan dan Analisa, 2018

**Lampiran 23.** Uji Konsistensi Data Hujan dan Grafik Lengkung Massa Ganda Stasiun Watu Urip

Tahun	Sta. Watu Urip	Kumulatif Sta. (mm)	Rerata Hujan 7 Sta. (mm)	Kumulatif Rerata Hujan 7 Sta. (mm)
2008	2451	22359	2179,4	21161,6
2009	2098	19908	1869,9	18982,1
2010	1012	17810	1781,0	17112,3
2011	2932	16798	2945,9	15331,3
2012	2520	13866	2076,6	12385,4
2013	2683	11346	2114,3	10308,9
2014	2863	8663	2180,7	8194,6
2015	647	5800	1172,4	6013,9
2016	1631	5153	1792,6	4841,4
2017	3522	3522	3048,9	3048,9

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

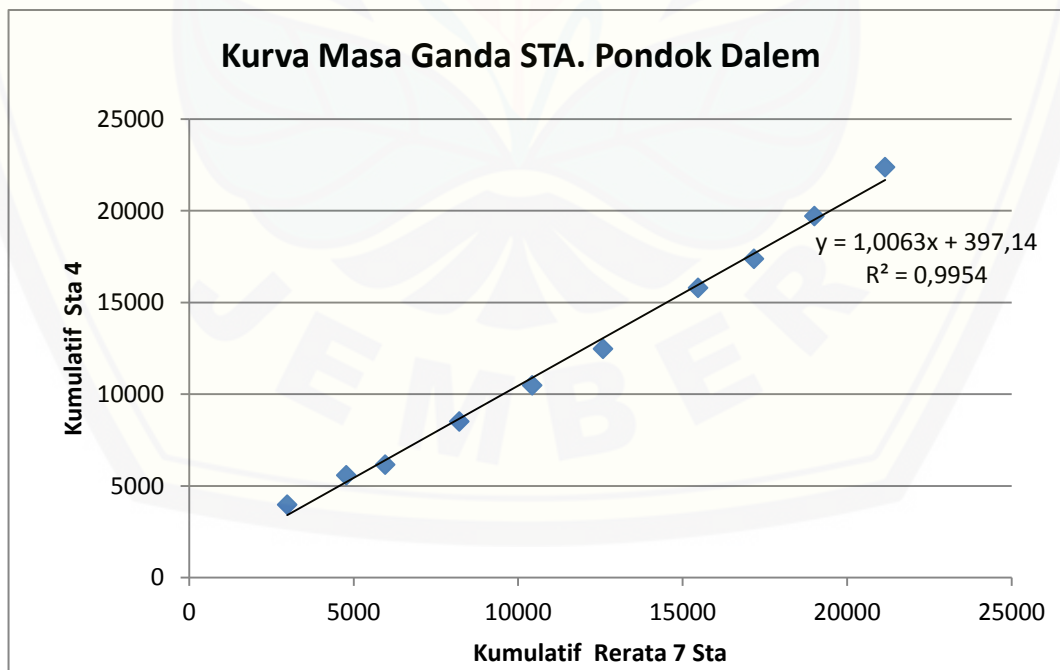


Sumber : Hasil Perhitungan dan Analisa, 2018

**Lampiran 24.** Uji Konsistensi Data Hujan dan Grafik Lengkung Massa Ganda Stasiun Pondok Dalem

Tahun	Sta. Pondok Dalem	Kumulatif Sta. (mm)	Rerata Hujan 7 Sta. (mm)	Kumulatif Rerata Hujan 7 Sta. (mm)
2008	2669	22385	2148,3	21157,9
2009	2331	19716	1836,6	19009,6
2010	1582	17385	1699,6	17173,0
2011	3326	15803	2889,6	15473,4
2012	1991	12477	2152,1	12583,9
2013	1972	10486	2215,9	10431,7
2014	2353	8514	2253,6	8215,9
2015	580	6161	1182,0	5962,3
2016	1603	5581	1796,6	4780,3
2017	3978	3978	2983,7	2983,7

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018



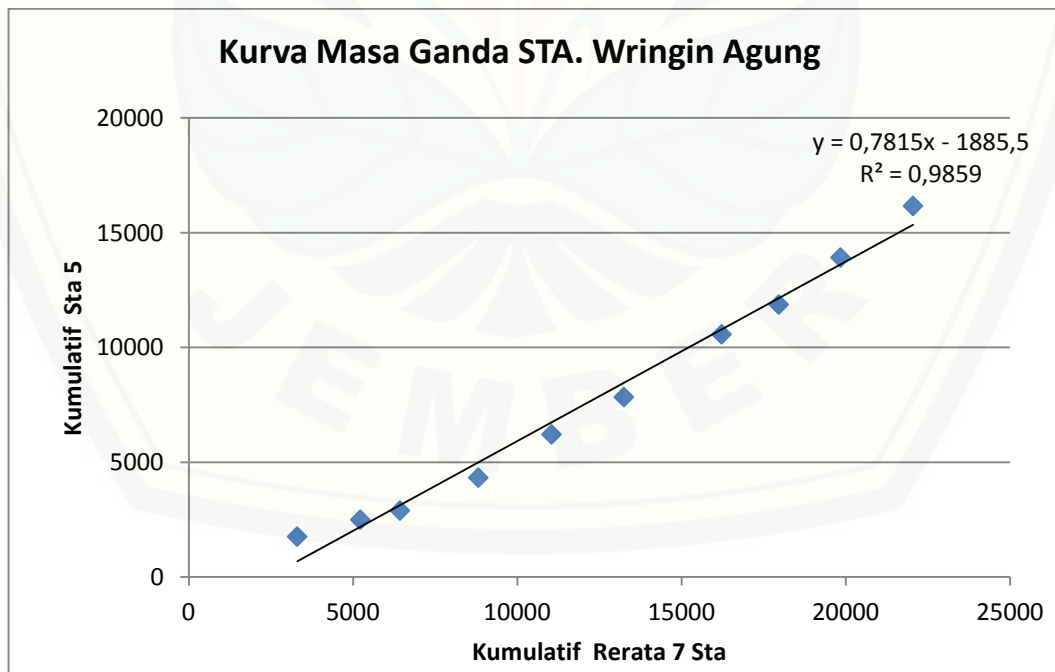
Sumber : Hasil Perhitungan dan Analisa, 2018



**Lampiran 25.** Uji Konsistensi Data Hujan dan Grafik Lengkung Massa Ganda Stasiun Wringin Agung

Tahun	Sta. Wringin Agung	Kumulatif Sta. (mm)	Rerata Hujan 7 Sta. (mm)	Kumulatif Rerata Hujan 7 Sta. (mm)
2008	2248	16173	2208,4	22045,3
2009	2045	13925	1877,4	19836,9
2010	1301	11880	1739,7	17959,4
2011	2732	10579	2974,4	16219,7
2012	1628	7847	2204,0	13245,3
2013	1882	6219	2228,7	11041,3
2014	1437	4337	2384,4	8812,6
2015	396	2900	1208,3	6428,1
2016	737	2504	1920,3	5219,9
2017	1767	1767	3299,6	3299,6

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

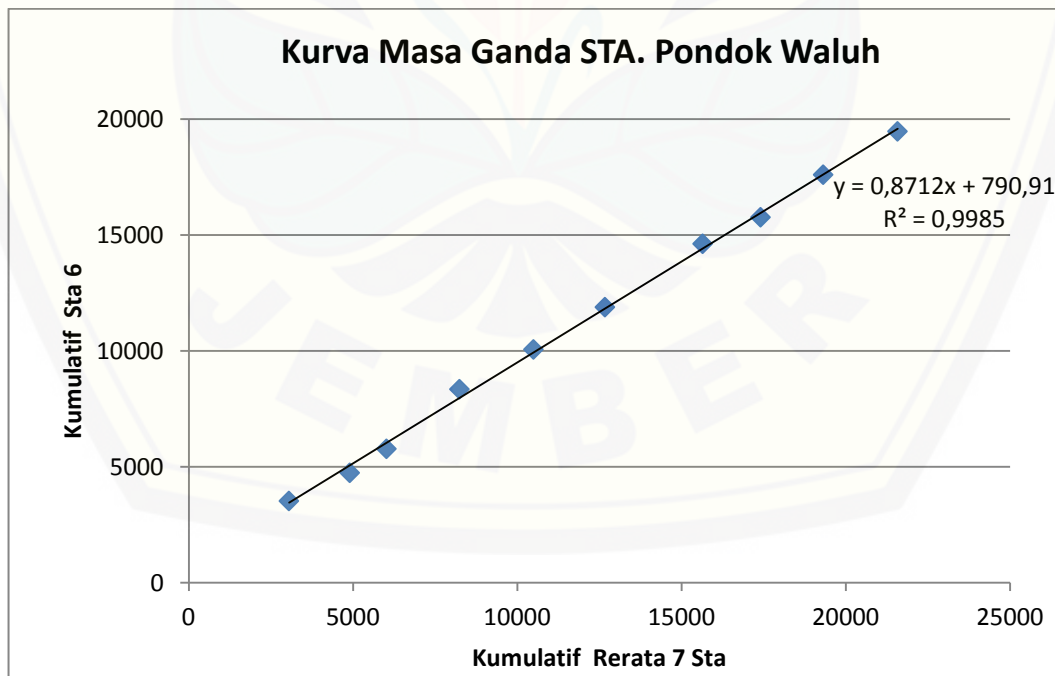


Sumber : Hasil Perhitungan dan Analisa, 2018

## Lampiran 26. Uji Konsistensi Data Hujan dan Grafik Lengkung Massa Ganda Stasiun Pondok Waluh

Tahun	Sta. Pondok Waluh	Kumulatif Sta. (mm)	Rerata Hujan 7 Sta. (mm)	Kumulatif Rerata Hujan 7 Sta. (mm)
2008	1869	19474	2262,6	21573,7
2009	1836	17605	1907,3	19311,1
2010	1144	15769	1762,1	17403,9
2011	2733	14625	2974,3	15641,7
2012	1825	11892	2175,9	12667,4
2013	1715	10067	2252,6	10491,6
2014	2572	8352	2222,3	8239,0
2015	1035	5780	1117,0	6016,7
2016	1215	4745	1852,0	4899,7
2017	3530	3530	3047,7	3047,7

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

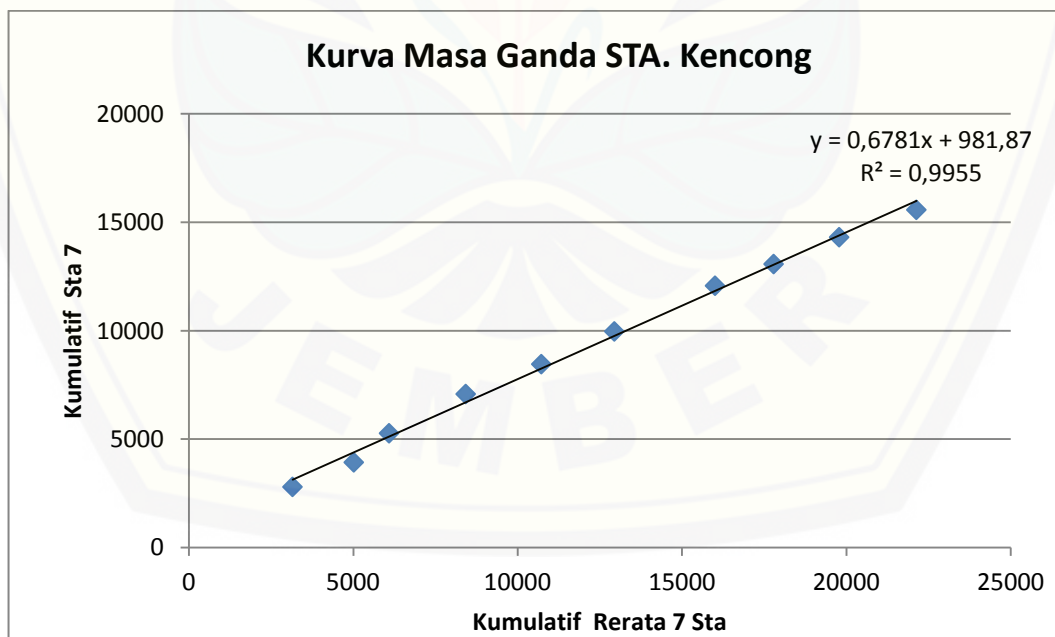


Sumber : Hasil Perhitungan dan Analisa, 2018

**Lampiran 27.** Uji Konsistensi Data Hujan dan Grafik Lengkung Massa Ganda Stasiun Kencong

Tahun	Sta. Kencong	Kumulatif Sta. (mm)	Rerata Hujan 7 Sta. (mm)	Kumulatif Rerata Hujan 7 Sta. (mm)
2008	1263	15580	2349,1	22130,0
2009	1238	14317	1992,7	19780,9
2010	1000	13079	1782,7	17788,1
2011	2108	12079	3063,6	16005,4
2012	1509	9971	2221,0	12941,9
2013	1379	8462	2300,6	10720,9
2014	1810	7083	2331,1	8420,3
2015	1341	5273	1073,3	6089,1
2016	1133	3932	1863,7	5015,9
2017	2799	2799	3152,1	3152,1

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

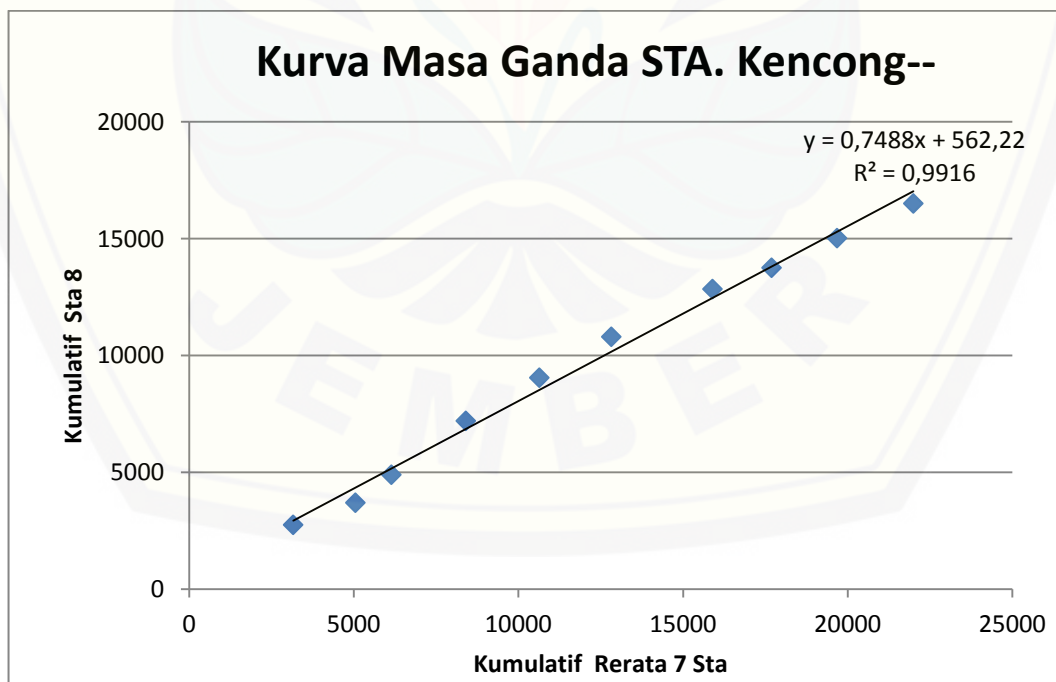


Sumber : Hasil Perhitungan dan Analisa, 2018

**Lampiran 28.** Uji Konsistensi Data Hujan dan Grafik Lengkung Massa Ganda Stasiun Kencong

Tahun	Sta. Kencong	Kumulatif Sta. (mm)	Rerata Hujan 7 Sta. (mm)	Kumulatif Rerata Hujan 7 Sta. (mm)
2008	1483	16514	2317,7	21996,6
2009	1269	15031	1988,3	19678,9
2010	912	13762	1795,3	17690,6
2011	2043	12850	3072,9	15895,3
2012	1752	10807	2186,3	12822,4
2013	1848	9055	2233,6	10636,1
2014	2306	7207	2260,3	8402,6
2015	1198	4901	1093,7	6142,3
2016	947	3703	1890,3	5048,6
2017	2756	2756	3158,3	3158,3

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

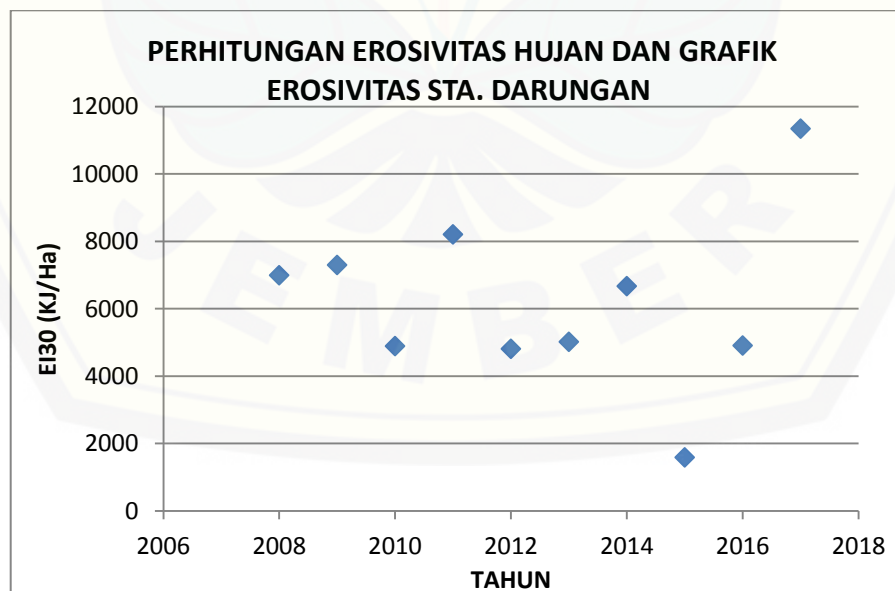


Sumber : Hasil Perhitungan dan Analisa, 2018

**Lampiran 29.** Perhitungan Erosivitas Hujan (R) dan Grafik Erosivitas di Stasiun Darungan

NO	Tahun	RAIN (cm)	MAXP (cm)	DAYS (hari)	EI30
1	2008	319,4	11,2	13,3	6996,356746
2	2009	303,2	15,3	15,1	7301,482415
3	2010	201,7	14	11,2	4895,093
4	2011	417,4	13	22,3	8209,308404
5	2012	213	14,6	14	4814,127399
6	2013	242,8	11,8	14,1	5021,885526
7	2014	263,1	19	16,2	6673,674182
8	2015	68,5	8,3	4,2	1592,653264
9	2016	211,8	12	10,6	4911,273641
10	2017	492	15	20,1	11346,33016
Total					61762,18474
Rerata EI30 Tahunan					6176,218474

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

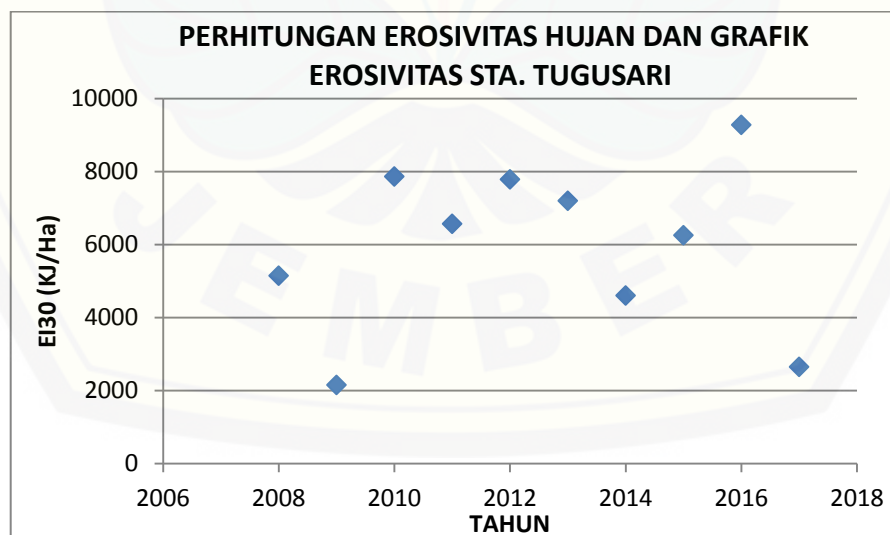


Sumber : Hasil Perhitungan dan Analisa, 2018

**Lampiran 30.** Perhitungan Erosivitas Hujan (R) dan Grafik Erosivitas di Stasiun Tugusari

NO	Tahun	RAIN (cm)	MAXP (cm)	DAYS (hari)	EI30
1	2008	253	9,9	12,2	5147,836982
2	2009	133,8	7	10,2	2155,873131
3	2010	451,1	9,6	21,2	7864,071289
4	2011	350,5	9	15,1	6568,30474
5	2012	370,1	9,2	12,4	7786,044321
6	2013	357,6	9,8	14,4	7199,160538
7	2014	215,6	9	9,2	4605,053379
8	2015	297,2	9,9	12,2	6255,154038
9	2016	479,5	11,6	21,6	9278,443197
10	2017	159,2	6,1	8,8	2651,065668
Total					59511,00728
Rerata EI30 Tahunan					5951,100728

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

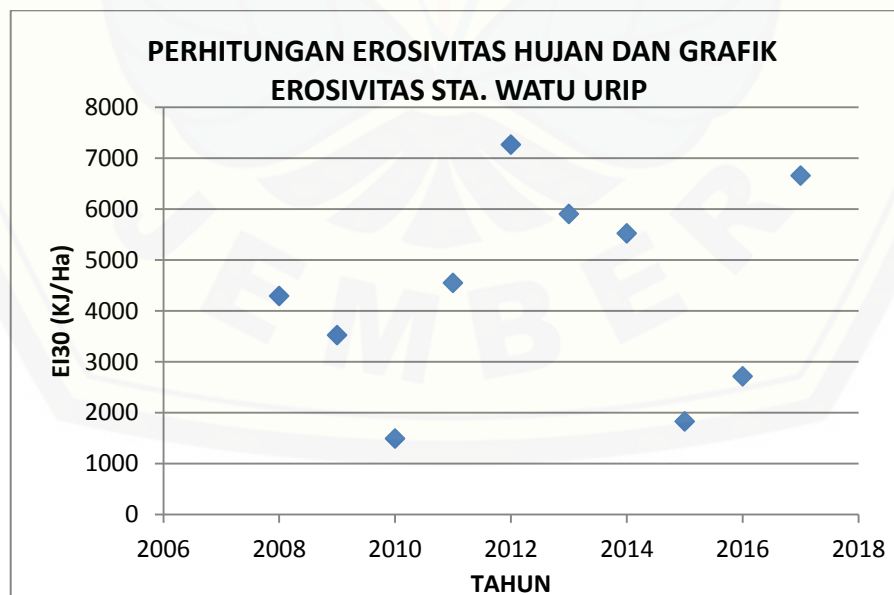


Sumber : Hasil Perhitungan dan Analisa, 2018

**Lampiran 31.** Perhitungan Erosivitas Hujan (R) dan Grafik Erosivitas di Stasiun Watu Urip

NO	Tahun	RAIN (cm)	MAXP (cm)	DAYS (hari)	EI30
1	2008	245,1	8,7	14,3	4293,328259
2	2009	209,8	8,6	14,4	3523,626484
3	2010	101,2	5,8	8,8	1491,866023
4	2011	293,2	9,6	22,4	4549,953999
5	2012	252	19,7	12,6	7266,729936
6	2013	268,3	11,7	12,8	5903,808433
7	2014	286,3	10,3	15,1	5523,187885
8	2015	64,7	10,7	3,6	1828,339443
9	2016	163,1	6,7	9,9	2714,512332
10	2017	352,2	11,3	19,2	6658,042073
Total					43753,39487
Rerata EI30 Tahunan					4375,339487

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

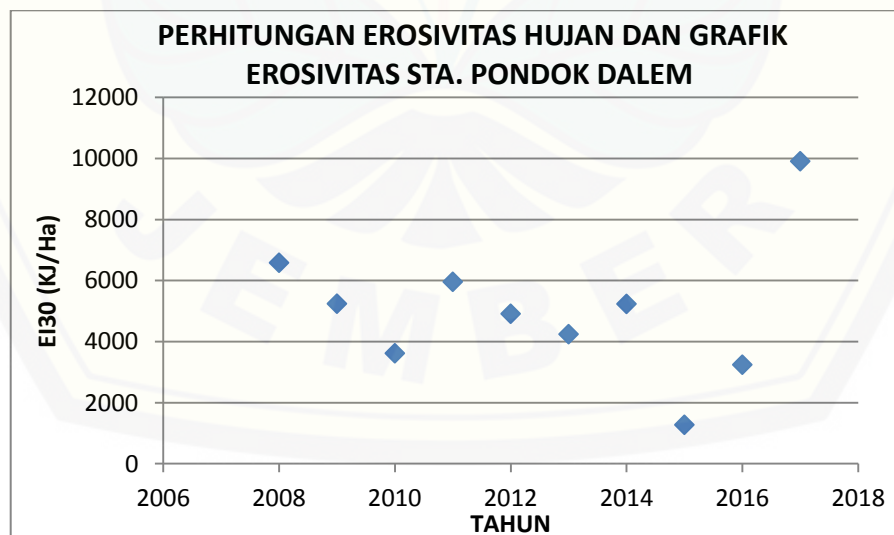


Sumber : Hasil Perhitungan dan Analisa, 2018

**Lampiran 32.** Perhitungan Erosivitas Hujan (R) dan Grafik Erosivitas di Stasiun Pondok Dalem

NO	Tahun	RAIN (cm)	MAXP (cm)	DAYS (hari)	EI30
1	2008	266,9	11,7	10	6588,274764
2	2009	233,1	12,1	11,9	5246,223005
3	2010	158,2	10,7	8,4	3622,041314
4	2011	332,6	8,9	16	5963,725565
5	2012	199,1	13,5	10,3	4916,669869
6	2013	197,2	11,1	11	4247,715299
7	2014	235,3	11,9	12	5238,882499
8	2015	58	8,7	4,6	1279,229062
9	2016	160,3	8	7,9	3246,937615
10	2017	397,8	15	15,5	9913,300559
Total					50262,99955
Rerata EI30 Tahunan					5026,299955

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018



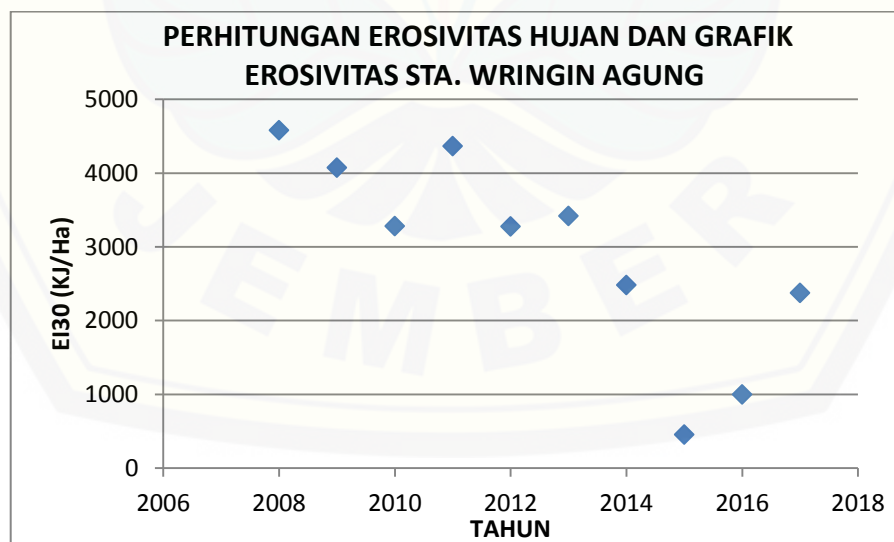
Sumber : Hasil Perhitungan dan Analisa, 2018



**Lampiran 33.** Perhitungan Erosivitas Hujan (R) dan Grafik Erosivitas di Stasiun Wringin Agung

NO	Tahun	RAIN (cm)	MAXP (cm)	DAYS (hari)	EI30
1	2008	224,8	9,8	11,4	4581,730008
2	2009	204,5	9,9	11,6	4074,569484
3	2010	130,1	13	7,8	3281,953809
4	2011	273,2	8,3	17,3	4366,392613
5	2012	162,8	10,2	10,6	3277,310438
6	2013	188,2	8,4	11,3	3419,497688
7	2014	143,7	8,1	10,7	2482,908962
8	2015	39,6	3,3	5,2	455,2536262
9	2016	73,7	4,7	7,2	999,2005717
10	2017	176,7	6,2	14,8	2376,031731
Total					29314,84893
Rerata EI30 Tahunan					2931,484893

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

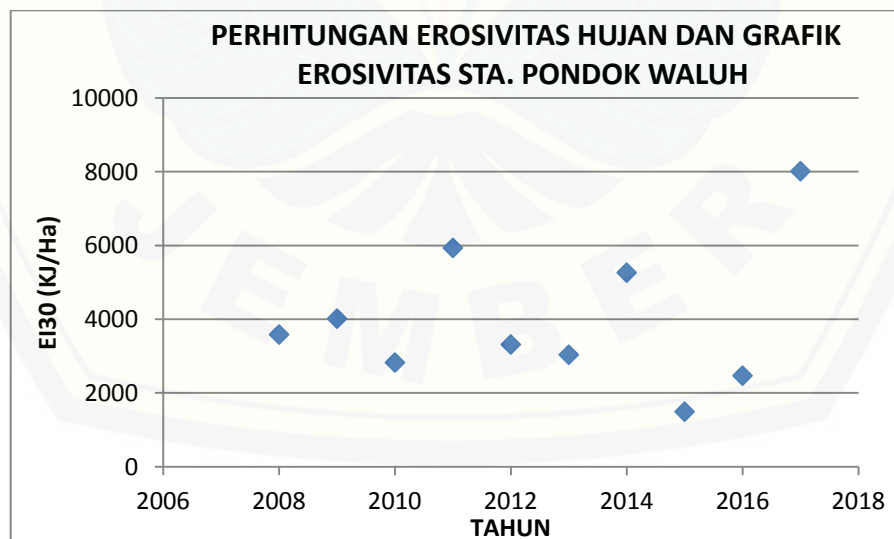


Sumber : Hasil Perhitungan dan Analisa, 2018

**Lampiran 34.** Perhitungan Erosivitas Hujan (R) dan Grafik Erosivitas di Stasiun Pondok Waluh

NO	Tahun	RAIN (cm)	MAXP (cm)	DAYS (hari)	EI30
1	2008	186,9	8,9	10,7	3587,277758
2	2009	183,6	12,8	12,1	4017,441126
3	2010	114,4	14,5	8,7	2827,469339
4	2011	273,3	14,5	16,9	5936,133597
5	2012	182,5	7,7	10,1	3316,565143
6	2013	171,5	8,7	11,9	3038,429365
7	2014	257,2	11,6	14,5	5266,220776
8	2015	103,5	5,3	8,4	1493,771578
9	2016	121,5	9,4	8,3	2471,04001
10	2017	353	14,4	17,1	8016,462486
Total					39970,81118
Rerata EI30 Tahunan					3997,081118

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

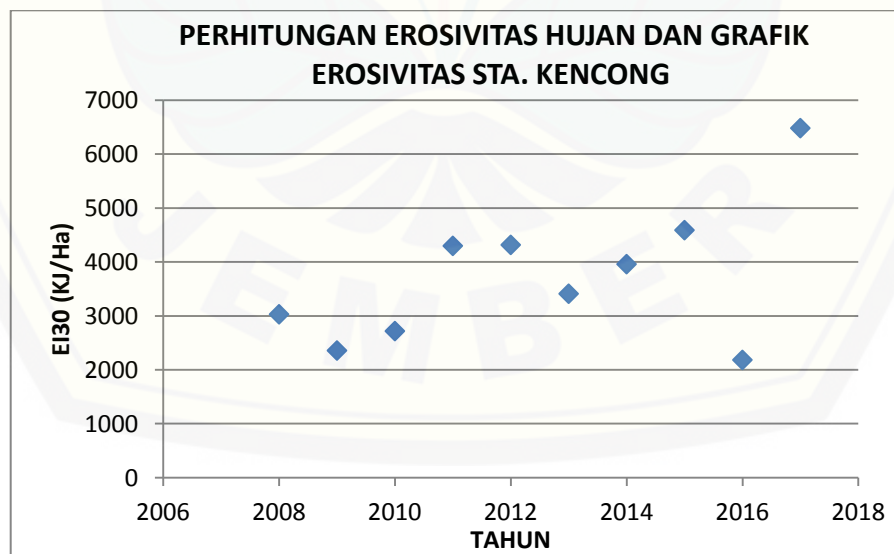


Sumber : Hasil Perhitungan dan Analisa, 2018

**Lampiran 35.** Perhitungan Erosivitas Hujan (R) dan Grafik Erosivitas di Stasiun Kencong

NO	Tahun	RAIN (cm)	MAXP (cm)	DAYS (hari)	EI30
1	2008	126,3	9,9	6,3	3030,024019
2	2009	123,8	7	6,9	2358,230711
3	2010	100	10	4,4	2718,495786
4	2011	210,8	8,8	9,8	4298,673071
5	2012	150,9	12,5	6,1	4317,403972
6	2013	137,9	10,7	6,7	3411,476855
7	2014	181	9,8	8,9	3959,85255
8	2015	134,1	17,3	5,7	4590,325641
9	2016	113,3	7,7	7,2	2184,054262
10	2017	279,9	11,7	11,7	6482,105289
Total					37350,64216
Rerata EI30 Tahunan					3735,064216

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

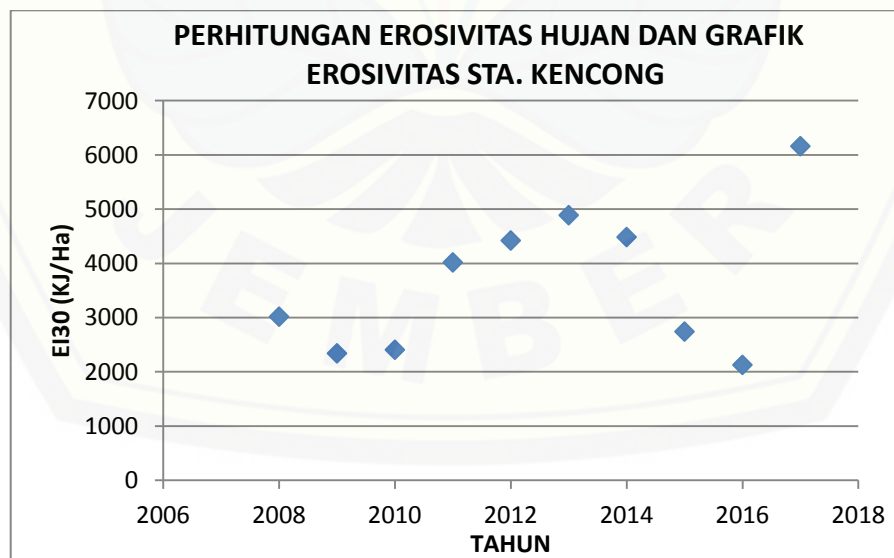


Sumber : Hasil Perhitungan dan Analisa, 2018

**Lampiran 36.** Perhitungan Erosivitas Hujan (R) dan Grafik Erosivitas di Stasiun Kencong

NO	Tahun	RAIN (cm)	MAXP (cm)	DAYS (hari)	EI30
1	2008	148,3	8,7	8,3	3018,635779
2	2009	126,9	7,2	7,7	2342,47825
3	2010	91,2	10,8	4,9	2408,061694
4	2011	204,3	9	10,7	4018,965705
5	2012	175,2	11,7	7,9	4422,638673
6	2013	184,8	12,8	8,1	4889,834126
7	2014	230,6	8,4	10,7	4486,098704
8	2015	119,8	9	6,1	2743,643498
9	2016	94,7	8	5	2129,397245
10	2017	275,6	14,3	15,7	6162,324066
Total					36622,07774
Rerata EI30 Tahunan					3662,207774

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018



Sumber : Hasil Perhitungan dan Analisa, 2018

Lampiran 37. Kondisi Lapangan pada saat Penggelontoran Sedimentasi





No	Tanggal	Nama Dam/ Saluran	Partisipasi (Orang)		Volume Sedimen (M <sup>3</sup> )	Keterangan
			Masyarakat / Hippa	Tenaga Dinas		
1	03 Desember 2017	Sal. Induk Kali Tanggul	45	21		Pengamat Kencong
			-	22		Pengamat Gumuk Mas
Jumlah					306,5	
2	04 Desember 2017	Sal. Induk Kali Tanggul	45	21		Pengamat Kencong
			42	22		Pengamat Gumuk Mas
Jumlah					632	
3	05 Desember 2017	Sal. Kantong Lumpur	-	21		Pengamat Kencong
			-	-		Pengamat Gumuk Mas
Jumlah					20,6875	

Pelaksanaan Penggontoran Waled Dam Kali Tanggul dapat selesai lebih dari jadwal yang telah disepakati dikarenakan jumlah partisipasi masyarakat relatif banyak dan waled digontorkan dengan optimal. Akhirnya disepakati kembali air dialirkan pada tanggal 05 Desember 2017 sore harinya. Hal tersebut dilakukan tanpa mengurangi hasil yang telah direncanakan.

Demikian laporan ini dibuat untuk menjadikan periksa.

Pengamat Sumber Daya Air  
Wilayah Kencong



Penata

NIP. 19790624 200901 1 001