



**PENGGUNAAN METODE USLE DAN MUSLE TERHADAP LAJU EROSI  
DAN SEDIMENTASI DAS TANGGUL KABUPATEN JEMBER**

**SKRIPSI**

Oleh :

**NADA SALSABILA WIHANDA**

**NIM. 191910301048**

**KEMENTRIAN PENDIDIKAN, KEBUDYAAN, RISET, DAN**

**TEKNOLOGI**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL**

**JEMBER**

**2023**



**PENGGUNAAN METODE USLE DAN MUSLE TERHADAP LAJU EROSI  
DAN SEDIMENTASI DAS TANGGUL KABUPATEN JEMBER**

**SKRIPSI**

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

Oleh :

**NADA SALSABILA WIHANDA**

**NIM. 191910301048**

**KEMENTRIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN**

**TEKNOLOGI**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL**

**JEMBER**

**2023**

## PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas karunia, Rahmat, dan hidayah-Nya yang telah diberikan sehingga kehidupan dapat berjalan dengan baik dan dipenuhi kelancaran dalam menyelesaikan penelitian ini. Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Aung lagi Maha Penyayang, dengan segenap kerendahan hati mempersembahkan sebuah penelitian ini sebagai wujud terimakasih dan cinta kasih kepada:

1. Kedua orang tua atas doa, kasih sayang, dan dukungan yang tak terhingga selama perjalanan hidup ini.
2. Orang terkasih dan tercinta, segenak sanak saudara yang slealu mendukung dan memberi semangat dalam penyelesaian penelitian ini.
3. Rekan-rekan Angkatan Gadjasora 2019 yang senantiasa memberikan dukungan penuh.
4. Universtas Jember dan semua staf akademik yang telah memberikan pendidikan serta fasilitas yang mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Nada Salsabila Wihanda yang telah berjuang dalam menyelesaikan skripsi ini.

**MOTTO**

*“The only true wisdom is in knowing you know nothing”*

-Socrates



**PERNYATAAN ORISINALITAS**

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Nada Salsabila Wihanda

NIM : 191910301048

Menyatakan dengan ini bahwa tugas akhir yang berjudul “*Penggunaan Metode USLE dan MUSLE Terhadap Laju Erosi dan Sedimentasi DAS Tanggul Kabupaten Jember*” adalah benar karya sendiri, kecuali kutipan kutipan yang sudah dijelaskan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun dan juga bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas kebenaran isinya sesuai sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Dengan demikian pernyataan yang saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dari pihak manapun dan bersedia mendapat sanksi jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar adanya.

Jember, 25 Juni 2023

Yang menyatakan



Nada Salsabila Wihanda  
191910301048

**HALAMAN PERSETUJUAN**

Tugas Akhir berjudul “*Penggunaan Metode USLE dan MUSLE Terhadap Laju Erosi dan Sedimentasi DAS Tanggul Kabupaten Jember*” karya Nada Salsabila Wihanda telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Kamis, 20 Juli 2023


Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Pembimbing Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama

Nama : Ir. Wiwik Y. Widiarti, S.T., M.T.

NIP : 197006131998022001

()

2. Pembimbing Anggota

Nama : Dr. Ir. Gusfan Halik, S.T., M.T.

NIP : 197108041998031002

Tanda Tangan  
(.....)

Penguji Tanda Tangan

1. Penguji Utama

Nama : Saifurridzal, S.T., M.Eng.


NRP : 760019061

()

2. Penguji Anggota

Nama : Retno Utami A. W., S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP : 198702062022032003

Tanda Tangan  
()

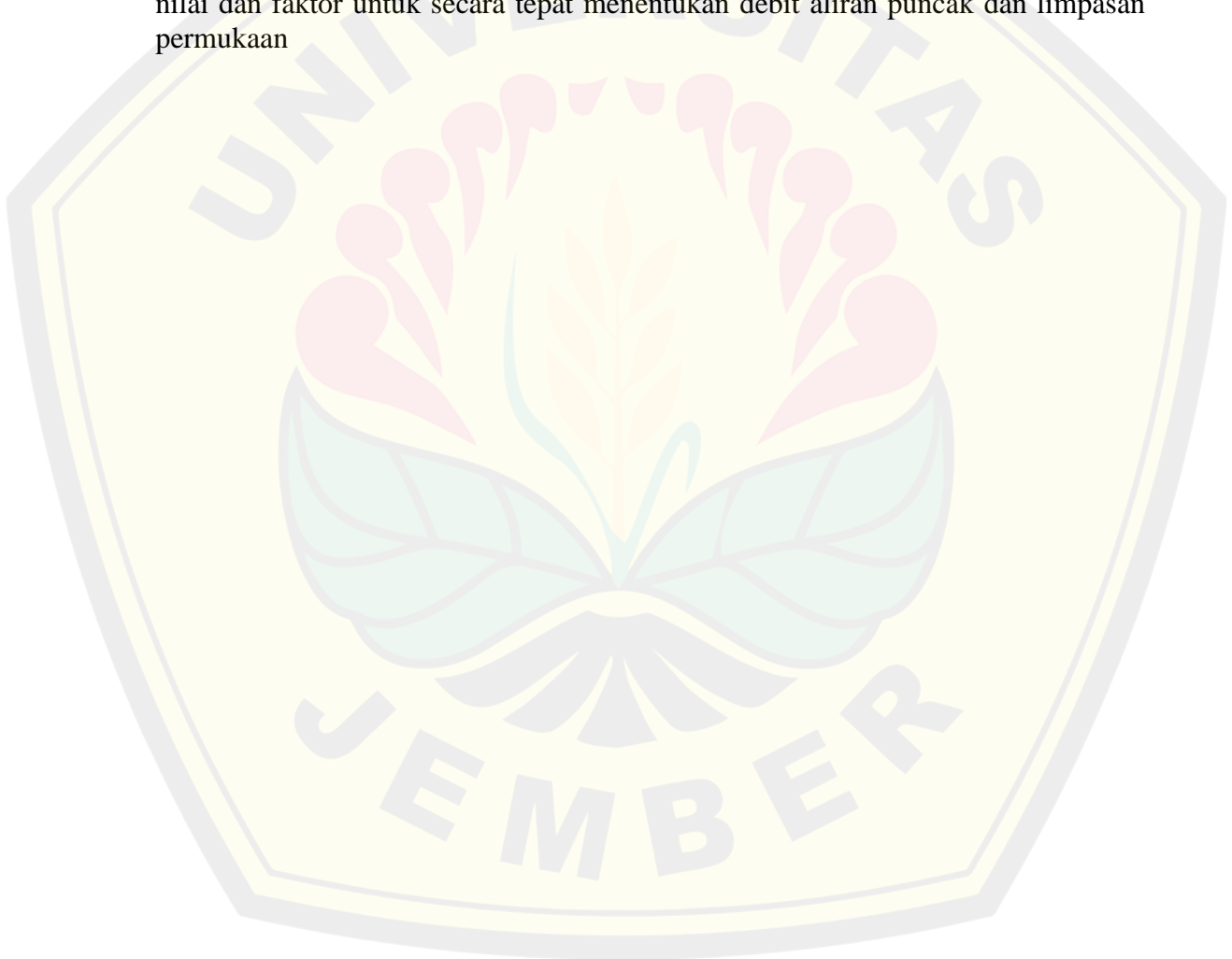
**ABSTRACT**

*Recently five villages around the Tanggul Jember watershed are prone to flooding. Annually, the region is susceptible to flooding due to its inability to handle excessive water discharge caused by heavy rainfall and unfavorable watershed circumstances. The overflow produces sediment loads due to erosion and materials. To prevent this disaster, it is important to research the prediction of erosion and sedimentation rates in the Tanggul Watershed. Some of the methods are Universal Soil Loss Equation (USLE) and Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE). The primary data used is rainfall data for eleven years (2012-2022) at six rain stations, soil type maps from PU SDA JATIM, DEM data, and land cover maps. Rainfall data is used to obtain the erosivity factor, the Bols formula is used in the USLE method and the MUSLE method requires peak discharge using the Nakyasu hydrograph and runoff volume. Soil type data, DEM data, and land cover are processed using ArcGIS to obtain the required index values. Based on calculations for ten years, the average erosion rate for USLE was 461,791 tons/ha/year and for MUSLE it was 642,814 tons/ha/year. The USLE method was used to calculate the average annual sedimentation rate, which was found to be 9,046 tons per hectare per year, and the MUSLE method of 12,593 tons/ha/year. The analysis results were obtained using the USLE and MUSLE methods, the erosion rate ratio is 1:1.39. The difference between the two methods is the erosivity factor. The MUSLE method integrates numerous values and factors to precisely determine peak flow, surface runoff, and surface runoff factors.*

*Keywords: Erosion, Sedimentation, USLE, MUSLE, Tanggul Watershed*

## RINGKASAN

DAS Tanggul Jember dan desa-desa sekitarnya mengalami banjir berulang karena pengelolaan debit air yang tidak memadai akibat curah hujan tinggi dan kondisi yang tidak menguntungkan. Untuk memprediksi laju erosi dan sedimentasi, penelitian menggunakan metode Universal Soil Loss Equation (USLE) dan Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE). Data meliputi curah hujan 11 tahun, peta jenis tanah, data DEM, dan peta tutupan lahan. Selama sepuluh tahun, USLE menunjukkan tingkat erosi rata-rata 461.791 ton/ha/tahun, dan MUSLE memiliki 642.814 ton/ha/tahun. Tingkat sedimentasi USLE adalah 9.046 ton/ha/tahun, dan MUSLE menghasilkan 12.593 ton/ha/tahun. Hasil analisis kedua metode USLE dan MUSLE diperoleh rasio 1:1.39. Perbedaan antara kedua metode tersebut terletak pada faktor erosivitas. Metode MUSLE mengintegrasikan banyak nilai dan faktor untuk secara tepat menentukan debit aliran puncak dan limpasan permukaan





## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas karunia, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Penyusunan skripsi ini didasarkan pada penyelesaian masa perkuliahan selama menempuh Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penyusunan skripsi ini, khususnya:

1. Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Dr. Ir. Gusfan Halik, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil.
3. Dr. Ir. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi (S1) Teknik Sipil.
4. Paksitya Purnama Putra, S.T, M.T. selaku dosen wali yang selalu membimbing dan memberi arahan selama penulis menempuh jenjang sarjana.
5. Ir. Wiwik Y. Widiarti, S.T., M.T. dan Dr. Ir Gusfan Halik, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan membina dengan penuh kesabaran dan kasih selama pengerjaan skripsi ini.
6. Saifurridzal, S.T, M.Eng dan Retno Utami A. Wiyono, S.T., M.Eng, Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan masukan demi kesempurnaan penelitian ini.
7. Seluruh dosen pengajar dan staf akademik Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember atas dukungan dan ilmunya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang mendukung sangat penulis harapkan demi memperbaiki skripsi ini sehingga dapat menjadi lebih baik lagi.

Jember, 2023

Penulis

**DAFTAR ISI**

<b>SKRIPSI</b> .....	<b>i</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Erodibilitas Tanah (K).....	4
2.2 Faktor Kemiringan dan Panjang Lereng (LS) .....	4
2.3 Faktor Penggunaan Lahan dan Pengelolaan Lahan (CP) .....	4
2.4 Faktor Erosivitas.....	5
2.4.1 Uji Konsistensi.....	5
2.4.2 Faktor Erosivitas Hujan (Rm).....	5
2.4.3 Volume Limpasan Permukaan (Vq) .....	6
2.4.4 Debit Puncak (Qp) .....	7
2.5 Metode Perhitungan Laju Erosi dan Sedimentasi .....	9
2.5.1 Metode USLE (Universal Soil Loss Equation).....	10
2.5.2 Metode MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) .....	11
2.6 Peneliti Terdahulu .....	12
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>13</b>
3.1 Lokasi Penelitian .....	13
3.2 Pengumpulan Data .....	14
3.3 Pengolahan Data.....	14

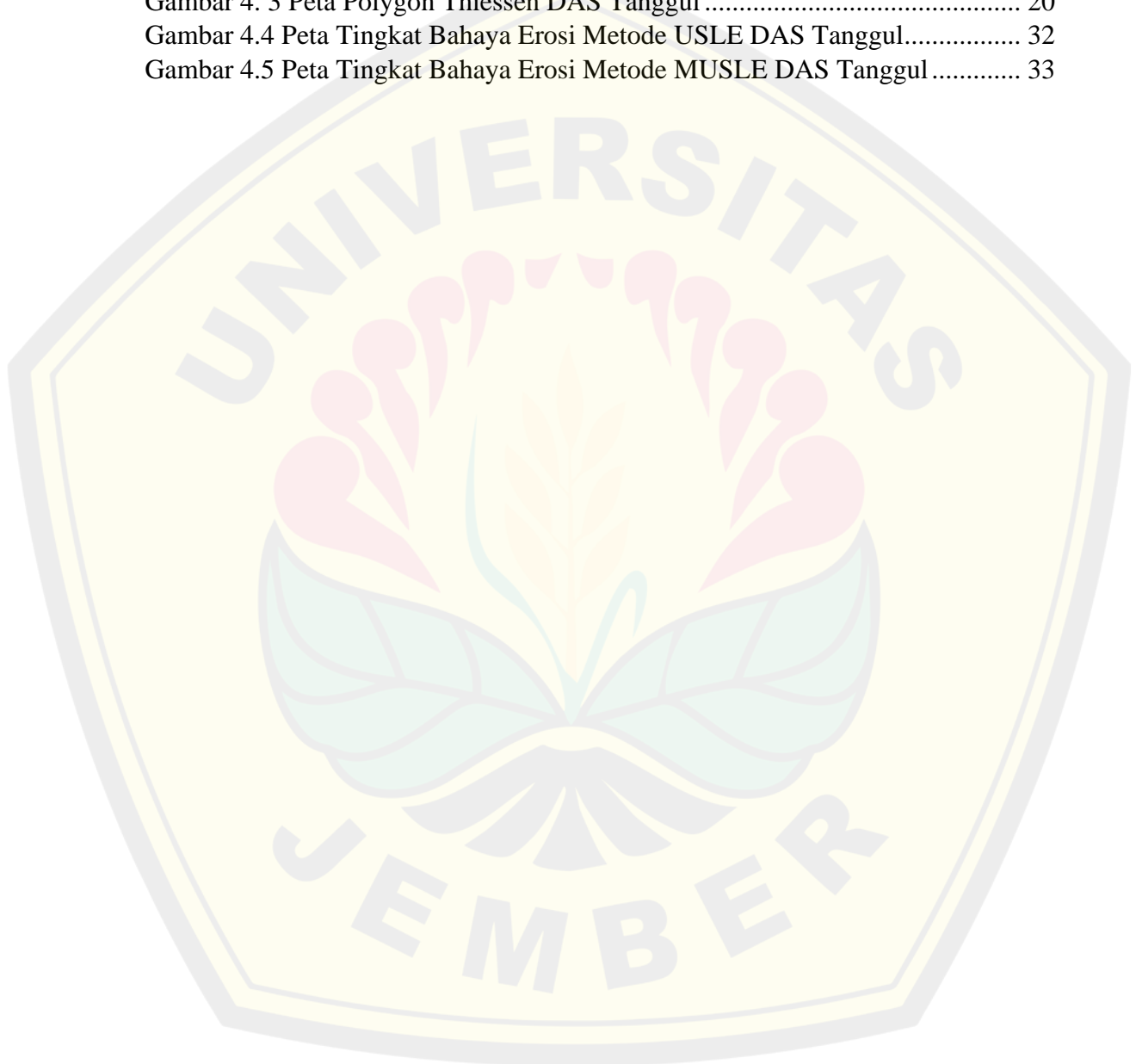
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>16</b>
4.1 Erodibilitas Tanah (K).....	16
4.2 Panjang dan Kemiringan Lereng (LS).....	17
4.3 Faktor Penggunaan Lahan dan Pengolahan Tanah (CP).....	18
4.4 Faktor Erosivitas.....	19
4.4.1 Uji Konsistensi Data.....	19
4.4.2 Faktor Erosivitas Hujan (Rm) Rumus Bols.....	19
4.4.2 Volume Limpasan Permukaan (Vq).....	20
4.4.3 Debit Puncak (Qp).....	22
4.5 Perhitungan Laju Erosi dan Sedimentasi.....	26
4.5.1 Metode USLE.....	26
4.5.2 Metode MUSLE.....	28
4.6 Klasifikasi Bahaya Erosi.....	30
4.6.1 Satuan Lahan Daerah Penelitian.....	30
4.6.2 Tingkat Bahaya Erosi (TBE).....	30
4.7 Perbandingan Laju Erosi dan Sedimentasi Metode USLE dan MUSLE ....	34
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	<b>35</b>
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	35
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>36</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>38</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Nilai Erodibilitas Tanah (K) di DAS Tanggul.....	16
Tabel 4. 2 Nilai Kemiringan Lereng (LS) DAS Tanggul.....	18
Tabel 4. 3 Penggunaan Lahan dan Pengolahan Tanah (CP) DAS Tanggul.....	18
Tabel 4. 4 Erosivitas Tahunan Tertimbang Rumus Bols DAS Tanggul.....	20
Tabel 4. 5 Rekapitulasi Nilai CN DAS Tanggul.....	21
Tabel 4. 6 Perhitungan Kedalaman Hujan Efektif (Pe) Tahun 2012-2021 DAS Tanggul.....	21
Tabel 4. 7 Perhitungan Vol Limpasan (Vq) Tahun 2012-2021 DAS Tanggul.....	22
Tabel 4. 8 Data Curah Hujan Maksimum Tahunan Periode 2012-2021.....	22
Tabel 4. 9 Perhitungan Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi.....	23
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Nilai Chi Kuadrat.....	23
Tabel 4. 11 Nilai Rekapitulasi Smirnov-Kolmogrof.....	24
Tabel 4. 12 Analisis Metode Log Pearson III.....	24
Tabel 4. 13 Curah Hujan Rancangan Log Pearson III.....	24
Tabel 4. 14 Rekapitulasi Koefisien Aliran Permukaan (C) DAS Tanggul Tahun 2012-2021.....	25
Tabel 4. 15 Perhitungan Curah Hujan Efektif DAS Tanggul.....	26
Tabel 4. 16 Hasil Perhitungan Debit Rencana Metode Nakayasu.....	26
Tabel 4. 17 Rekapitulasi Jumlah Erosi Lahan Tahun 2012-2021 DAS Tanggul Metode USLE.....	27
Tabel 4. 18 Rekapitulasi Laju Sedimentasi dari Erosi Lahan Metode USLE di DAS Tanggul 2012-2021.....	28
Tabel 4. 19 Rekapitulasi Jumlah Laju Sedimentasi Tahun 2012-2021 DAS Tanggul Metode MUSLE.....	29
Tabel 4. 20 Rekapitulasi Jumlah Erosi Lahan Tahun 2012-2021 DAS Tanggul Metode MUSLE.....	29
Tabel 4. 21 Satuan Lahan dan Luasannya.....	30
Tabel 4. 22 Kelas Tingkat Bahaya Erosi.....	31
Tabel 4. 23 Klasifikasi Besar Erosi DAS Tanggul Metode USLE.....	31
Tabel 4. 24 Rekapitulasi Luas Berdasarkan Kelas Erosi Metode USLE.....	32
Tabel 4. 25 Klasifikasi Besar Erosi DAS Tanggul Metode MUSLE.....	32
Tabel 4. 26 Rekapitulasi Luas Berdasarkan Kelas Erosi Metode MUSLE.....	33
Tabel 4. 27 Rasio Perbandingan Laju Erosi dan Sedimentasi Metode USLE dan MUSLE DAS Tanggul.....	34
Tabel 4. 28 Hasil Rasio Perbandingan metode USLE dan MUSLE Peneliti Lain	34

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian .....	13
Gambar 3. 2 Peta Stasiun Hujan DAS Tanggul .....	13
Gambar 3. 3 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	15
Gambar 4.1 Peta Jenis Tanah DAS Tanggul.....	16
Gambar 4.2 Peta Kemiringan Lereng di DAS Tanggul .....	17
Gambar 4. 3 Peta Polygon Thiessen DAS Tanggul .....	20
Gambar 4.4 Peta Tingkat Bahaya Erosi Metode USLE DAS Tanggul.....	32
Gambar 4.5 Peta Tingkat Bahaya Erosi Metode MUSLE DAS Tanggul.....	33



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

DAS merujuk pada sebuah kawasan daratan yang terdiri dari rangkaian pegunungan yang berfungsi sebagai penampung dan penyimpan air hujan. Air tersebut kemudian mengalir melalui sungai-sungai utama menuju laut. DAS memiliki karakteristik spesifik dalam sistem hidrologi yang berkaitan dengan komponen yang ada di dalamnya. Komponen-komponen ekosistem DAS di beberapa daerah di Indonesia terdiri atas manusia, tanah, vegetasi, dan sungai. Komponen-komponen tersebut memiliki peranan penting untuk terjadinya proses erosi-sedimentasi (Asdak, 2010).

Erosi tanah merupakan suatu proses hilangnya lapisan permukaan tanah atas yang akibat pergerakan angin maupun air. Proses pengikisan dapat mengakibatkan penurunan produktivitas tanah, kemampuan tanah untuk mendukung produksi pertanian, dan kualitas ekosistem lingkungan (Kironoto et al., 2021). Menurut (Asdak, 2010), Praktik pertanian mengubah kondisi penutupan lahan dan dapat menyebabkan erosi permukaan dengan tingkat variasi yang berbeda. Karena tingkat dan jenis aktivitas pengelolaan lahan mempengaruhi sejauh mana erosi terjadi, perlu dilakukan perkiraan mengenai besarnya erosi dikarenakan kegiatan pengelolaan lahan tersebut.

Beberapa metode untuk memprakirakan besarnya erosi permukaan, salah satunya metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) yang dioptimalkan oleh (Wischmeier & Smith, 1978) adalah cara yang paling *general* digunakan untuk memprediksi besarnya erosi. Metode USLE dirancang bertujuan memprediksi laju erosi dalam jangka waktu yang panjang. Metode USLE telah digunakan di seluruh dunia dan mudah dikelola karena parameternya yang relatif sederhana dan sedikit. Sedangkan MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) adalah sebuah pengembangan dari USLE yang memiliki kemampuan yang cukup baik dalam memprediksi sedimentasi. MUSLE mengambil dasar persamaan dari relasi antara curah hujan dan aliran permukaan. Berlainan dengan metode USLE yang digunakan

faktor energi hujan sebagai sebab adanya erosi, MUSLE memakai faktor limpasan permukaan. Oleh karena itu, MUSLE tidak membutuhkan faktor SDR (*Sediment Delivery Ratio*) karena faktor limpasan permukaan mencakup energi yang terlibat dalam pemecahan dan pengangkutan sedimen. Sedangkan USLE memerlukan faktor SDR dalam menentukan volume sedimentasi.

Penelitian ini relevan dengan beberapa peneliti sebelumnya yang dijadikan sebagai referensi. Penelitian yang dilakukan oleh (Putri et al., 2022) berjudul “Studi Pendugaan Erosi dan Sedimentasi Menggunakan Metode USLE dan MUSLE di Waduk Krisak Kabupaten Wonogiri” menggunakan metode yang serupa namun pada lokasi berbeda. Penelitian lainnya pula dilakukan oleh (Sridayanti, 2008) dengan judul “Pendugaan Sedimentasi dengan Metode MUSLE (*Modification of Universal Soil Loss Equation*) di Situ Cikaret-Cibinong, Bogor” sebagai referensi metode MUSLE dalam menentukan sedimentasi. Penelitian lainnya sebagai referensi metode USLE dilakukan oleh (Sari et al., 2020) berjudul “Perkiraan Sedimentasi Menggunakan Metode USLE di Bendungan Rotiklot”.

Mengutip dari berita (Solichah, 2020) menurut Joko Mulyono, ahli kebencanaan Universitas Jember, ada lima desa di wilayah DAS Tanggul Kabupaten Jember yang rentan terdampak banjir dikarenakan limpasan air sungai. Dari tahun ke tahun wilayah disekitar DAS Tanggul selalu menjadi tempat yang sering terdampak banjir disebabkan tidak bisa menahan debit air sungai akibat kondisi DAS yang sudah tidak ideal lagi. Luapan yang ditimbulkan dari aliran sungai yang sering terjadi dikarenakan curah hujan tinggi yang akan menghasilkan muatan sedimen dan material lainnya. Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, maka penulis ingin melakukan penelitian guna mengetahui nilai laju erosi dan tingkat endapan di DAS Tanggul menggunakan metode USLE dan MUSLE dengan bantuan program ArcGIS.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diambil berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan bisa dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Berapa besar nilai laju erosi yang terjadi pada DAS Tanggul?

2. Berapa besar nilai laju sedimentasi yang terjadi pada DAS Tanggul?
3. Bagaimana tingkat potensi bahaya laju erosi yang terjadi pada DAS Tanggul Kabupaten Jember?

### 1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis besarnya nilai laju erosi yang terjadi pada DAS Tanggul Kabupaten Jember menggunakan *Universal Soil Loss Quation* (USLE) dan *Modified Universal Soil Loss Quation* (MUSLE).
2. Menganalisis besarnya nilai laju sedimentasi yang terjadi pada DAS Tanggul Kabupaten Jember menggunakan *Universal Soil Loss Quation* (USLE) dan *Modified Universal Soil Loss Quation* (MUSLE).
3. Menganalisis tingkat potensi bahaya laju erosi yang terjadi pada DAS Tanggul Kabupaten Jember.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Data analisis laju erosi dan sedimentasi di DAS Tanggul berguna untuk pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengelolaan lahan terdegradasi di Kabupaten Jember. Juga digunakan sebagai pembanding dengan metode penelitian lainnya.

### 1.5 Batasan Masalah

Pembatasan masalah diperlukan agar penelitian terarah dan tidak meluas, maka perlu adanya pembatasan masalah:

1. Lokasi penelitian dilakukan di DAS Tanggul dengan outlet DAM Pondok Waluh
2. Data curah hujan harian yang digunakan tahun 2012-2021
3. Metode HSS Nakayasu digunakan untuk menghitung debit puncak
4. Pengolahan data menggunakan bantuan software ArcGIS
5. Tidak dilakukan validasi data lapangan



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Erodibilitas Tanah (K)

Erodibilitas tanah adalah tingkat kemudahan tererosi tanah yang menggambarkan seberapa tahan partikel-partikel tanah terhadap pengelupasan dan perpindahan oleh energi kinetik hujan (Asdak, 2010). Menurut (Utomo, 1994), Sensitivitas tanah terhadap kerusakan akibat pukulan air hujan dan aliran permukaan juga merupakan bagian dari erodibilitas tanah. Kemampuan tanah dalam menyerap air hujan juga termasuk dalam konsep erodibilitas.

Nilai-nilai klasifikasi erodibilitas tanah (K) di Indonesia dapat ditemukan dalam Lampiran 2.1. Penentuan nilai erodibilitas tanah (K) pada penelitian ini dilakukan dengan melakukan proses tumpang tindih (*overlay*) antara DAS dengan peta jenis tanah dengan bantuan *software GIS*.

### 2.2 Faktor Kemiringan dan Panjang Lereng (LS)

Indeks topografi LS merupakan faktor yang mencerminkan pengaruh panjang dan kemiringan lereng terhadap tingkat erosi. Panjang lereng berdasar pada jalur aliran air permukaan di mana erosi terjadi dan kemungkinan terjadinya pengendapan sedimen (Asdak, 2010).

Penentuan LS pada penelitian ini dilakukan dengan melakukan proses tumpang tindih (*overlay*) peta DEM menjadi peta kemiringan lereng. Untuk memudahkan penentuan nilai LS, digunakan *scoring* kelas kemiringan lereng (LS) menurut (BAPPENAS, 2012) pada Lampiran 2.2.

### 2.3 Faktor Penggunaan Lahan dan Pengelolaan Lahan (CP)

Faktor C memperlihatkan keseluruhan pengaruh dari vegetasi, pengelolaan lahan, dan kondisi permukaan tanah terhadap erosi, besarnya tanah yang hilang (Asdak, 2010). Selain faktor C, praktek konservasi tanah memberi peran pula terhadap besarnya erosi. Faktor P adalah perbandingan antara tingkat erosi rata-rata tanah yang telah menerima perlakuan konservasi dengan tingkat erosi rata-rata

tanah yang dikelola tanpa tindakan konservasi, dengan asumsi faktor penyebab erosi lainnya tetap tidak berubah. Tabel faktor C dan P bisa dilihat di Lampiran 2.3 dan 2.4.

## 2.4 Faktor Erosivitas

Faktor erosivitas dihitung berdasarkan data curah hujan harian pada stasiun hujan yang menyebar pada daerah penelitian. Satu seri data hujan untuk satu stasiun tertentu dimungkinkan sifatnya tidak konsisten. Data semacam ini tidak dapat langsung dianalisis, karena sebenarnya data di dalamnya berasal dari populasi data yang berbeda.

### 2.4.1 Uji Konsistensi

Beberapa rangkaian pengujian dilakukan terhadap seri data yang terkumpul sebelum digunakan sebagai data masukan dalam analisis frekuensi, salah satunya adalah uji konsistensi *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS). Dalam metode ini konsistensi data hujan ditunjukkan dengan nilai kumulatif penyimpangannya terhadap nilai rata-rata berdasarkan persamaan (Kamiana, 2011) yang tertera pada Lampiran 2.11. Setelah nilai  $S_k^{**}$  diperoleh untuk setiap  $k$ , dapat ditentukan nilai  $Q_{hitung}$  dan  $R_{hitung}$  sesuai Lampiran. Nilai hitung tersebut akan dibandingkan dengan nilai  $Q$  dan  $R$  kritis sesuai jumlah data dan derajat kepercayaan tertentu sesuai tabel pada Lampiran 2.12.

### 2.4.2 Faktor Erosivitas Hujan ( $R_m$ )

Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili stasiun tersebut. Metode polygon thiessen digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun (Triatmodjo, 2008). Metode polygon thiessen akan digunakan dengan mengkalikan koefisien thiessen dengan hasil erosivitas hujan USLE per stasiun. Pemilihan

metode kalkulasi erosivitas hujan USLE tergantung pada jenis data curah hujan yang tersedia. Dianjurkan untuk memakai rumus Bols jika memungkinkan, dengan rumus sebagai berikut (BAPPENAS, 2012):

$$Rm = 6.119 \times (Rain)m^{1.21} \times (Days)m^{0.47} \times (Max P)m^{0.53} \text{ (Persamaan 2. 1)}$$

Dengan:

(Rain) m = Jumlah curah hujan bulanan rata-rata dalam satuan cm

(Days) m = Jumlah hari hujan bulanan rata-rata pada bulan tertentu

(Max P) m = Curah hujan harian rata-rata maksimal pada bulan tertentu (cm)

#### 2.4.3 Volume Limpasan Permukaan (Vq)

Limpasan permukaan (*surface runoff*) adalah air hujan yang mengalir di atas permukaan lahan dan kemudian masuk ke selokan-selokan, membentuk anak sungai kemudian akhirnya menjadi aliran sungai. Di daerah hulu DAS, terutama pada daerah pegunungan dengan kemiringan lahan curam, limpasan dapat dengan cepat masuk ke sungai dan menyebabkan peningkatan debit sungai. (Triatmodjo, 2008). Dalam estimasi volume limpasan permukaan di suatu DAS, diperlukan data kedalaman hujan efektif ( $P_e$ ) menggunakan metode SCS (*Soil Conservation Service*). Metode ini dikembangkan oleh *US Soil Conservation Service* dan menghubungkan karakteristik DAS dengan bilangan kurva air larian (*runoff Curve Number*) untuk mengindikasikan potensi air larian yang mungkin terjadi untuk curah hujan tertentu. Nilai CN untuk berbagai jenis penggunaan lahan dapat ditemukan dalam Lampiran 2.5. Volume aliran pada suatu kejadian hujan dapat dihitung dengan (Triatmodjo, 2008):

$$Vq = Pe \times WS \dots\dots\dots \text{ (Persamaan 2. 2)}$$

Dengan:

Vq = volume aliran pada suatu kejadian ( $m^3$ )

Pe = Kedalaman hujan efektif (mm)

WS = Luas DAS ( $km^2$ )

Kedalaman hujan efektif ( $P_e$ ) dan nilai retensi potensial maksimum air oleh tanah ( $S$ ) dalam milimeter didapatkan dengan persamaan sebagai berikut, dengan  $P$  adalah kedalaman hujan dalam milimeter (Triatmodjo, 2008).

$$P_e = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2. 3)}$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2. 4)}$$

#### 2.4.4 Debit Puncak ( $Q_p$ )

Dalam penelitian ini, perhitungan debit puncak ( $Q_p$ ) menggunakan metode Nakayasu. Metode perencanaan debit Nakayasu yang dikembangkan oleh Dr. Nakayasu di tahun 1940 dirumuskan dengan persamaan dan tahapan kalkulasi berikut:

##### 1. Analisis frekuensi

Probabilitas curah hujan rencana dilakukan dalam periode ulang yang berbeda, dilakukan analisis distribusi frekuensi. Dalam analisis ini, perhitungan parameter distribusi frekuensi seperti rata-rata, simpangan baku, koefisien variansi, dan koefisien *skewness* dilakukan (Suripin, 2004). Persamaan yang digunakan dalam perhitungan bisa dilihat di Tabel Lampiran 2.6.

##### 2. Distribusi probabilitas

Faktor-faktor uji distribusi statistik dihitung dengan log untuk menentukan cara yang dipakai untuk menghitung  $CH_{maks}$  dengan periode ulang. Persamaan setiap jenis distribusi probabilitas dihitung sesuai persamaan pada Lampiran 2.7. Penentuan jenis distribusi yang relevan dengan data dilakukan dengan membandingkan parameter statistik dengan persyaratan masing-masing jenis distribusi seperti pada Lampiran 2.13 (Triatmodjo, 2008).

##### 3. Uji Distribusi Probabilitas

###### a. Metode Chi-Kuadrat ( $\chi^2$ )

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter  $\chi^2$ . Perhitungan metode Chi-Kuadrat dapat dilihat pada Lampiran 2.14.

b. Metode Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov-Kolmogorov digunakan untuk membandingkan peluang maksimal antara distribusi teoritis dan distribusi empiris dengan tujuan membandingkan kesesuaian antara kedua distribusi tersebut. Perhitungan metode Smirnov-Kolmogorov dapat dilihat pada Lampiran 2.15

4. Curah hujan efektif tiap jam

$$R_t = \frac{R_{24}}{t} \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2. 5)}$$

Dengan:

$R_t$  = Intensitas curah hujan untuk lama hujan T (mm/jam)

$R_{24}$  = Curah hujan maksimum selama 24 jam (mm)

T = Lamanya curah hujan (jam)

5. Rasio curah hujan jam-jaman

Debit rencana dihitung dengan data analisis berupa sebaran jam-jaman hujan. Data hujan perjam didapat menggunakan Rumus Mononobe, yang berguna ketika data curah hujan jangka pendek tidak tersedia. Rumus Mononobe sering digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan pada interval perjam. Perhitungan hujan jam-jaman ini didasarkan pada rata-rata durasi hujan di Indonesia, yaitu 6 jam. (Triatmodjo, 2008):

$$R_t = (t \times R_t) - ((t - 1) \times (R_{t-1})) \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2. 6)}$$

Dengan  $R_{t-1}$  merupakan rata-rata hujan dari awal sampai jam ke T (mm/jam)

6. Hujan efektif

Hujan efektif dapat dihitung dengan rumus (Triatmodjo, 2008):

$$R_e = C \times R_t \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2. 7)}$$

Dengan:

$R_e$  = Hujan efektif

C = Koefisien limpasan, dapat dilihat pada Lampiran 2.3

7. Debit banjir rencana

Debit banjir rencana menurut (Triatmodjo, 2010) adalah debit banjir yang dipergunakan sebagai landasan dalam merancang tingkat pengamanan bahaya banjir berdasarkan angka probabilitas banjir terbesar. Banjir rencana berlaku pada

titik-titik tertentu di sepanjang sungai, sehingga berbagai ruas sungai memiliki besaran debit rencana yang berbeda. Metode yang akan digunakan adalah Metode Nakayasu. Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu digunakan untuk menghasilkan hidrograf banjir rancangan dalam suatu DAS. Untuk membuat hidrograf banjir, diperlukan penentuan karakteristik atau parameter dari daerah aliran tersebut.

Rumus dari HSS Nakayasu adalah:

$$Qp = \frac{C \times WS \times Ro}{3.6(0.3T_p + T_{0.3})} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2. 8)}$$

Dengan:

$Qp$  = Debit puncak banjir ( $m^3/s$ )

$C$  = Koefisien limpasan

$WS$  = Luas DAS ( $km^2$ )

$Ro$  = Hujan satuan ; 1 mm

$T_p$  = Waktu puncak (jam)

$T_{0.3}$  = Waktu yang diperlukan untuk penurunan debit, dari debit puncak menjadi 30% dari debit puncak (jam)

Perhitungan  $T_p$ ,  $T_{0.3}$ , dan debit rencana terdapat pada Lampiran 2.10.

## 2.5 Metode Perhitungan Laju Erosi dan Sedimentasi

Erosi adalah peristiwa terangkutnya atau berpindahannya tanah atau bagian tanah dari satu tempat ke tempat lain baik oleh air maupun angin (Williams, 1975). Proses erosi menurut (Asdak, 2010) terdiri atas tiga bagian yang berurutan, yaitu pengelupasan, pengangkutan, dan pengendapan (*sedimentation*). Erosi terjadi sebagai akibat dari dampak pukulan air hujan, abrasi oleh air limpasan permukaan, dan pergerakan massa tanah yang terangkut oleh aliran permukaan. Sedimen merujuk pada partikel tanah dan material lainnya yang terbawa oleh air dan kemudian mengendap di badan air. Sedangkan sedimentasi adalah proses ketika sedimen terbawa oleh aliran air dan kemudian mengendap di lokasi tertentu (Arsyad, 1989). Hasil sedimen atau *sediment yield* adalah jumlah endapan yang berasal dari proses erosi di suatu daerah tangkapan air dalam periode waktu dan lokasi tertentu. Informasi tentang potensi tingkat erosi yang mungkin terjadi akibat

tindakan pengelolaan lahan memiliki signifikansi yang tinggi, sebab besar kecilnya erosi dipengaruhi oleh sejauh mana intensitas dan jenis kegiatan yang dilakukan (Asdak, 2010).

### 2.5.1 Metode USLE (Universal Soil Loss Equation)

Pendugaan erosi adalah suatu metode untuk memproyeksikan tingkat erosi yang terjadi pada suatu area tanah dengan mempertimbangkan kondisi pengelolaan dan penggunaan yang spesifik. Metode yang sering digunakan untuk memprediksi tingkat erosi adalah metode USLE (Universal Soil Loss Equation), yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith pada tahun 1978. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$A = Rm \times K \times LS \times CP \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.9)}$$

Dengan:

- A = laju erosi (ton/ha/tahun)
- K = indeks erodibilitas tanah
- LS = indeks panjang dan kemiringan lereng
- CP = indeks penggunaan lahan dan pengolahan tanah

Hasil sedimen adalah total sedimen yang tererosi dan diangkut oleh sungai pada lokasi tertentu. Hal ini mencerminkan jumlah sedimen fluvial yang dibawa oleh anak sungai di dalam DAS. Sering disebut sebagai "annual sediment yield". Meskipun tingkat erosi di DAS mungkin tinggi, sebagian besar sedimen akan mengendap sebelum meninggalkan DAS, sehingga hasil sedimen biasanya lebih rendah daripada tingkat erosi. Sedimen dari sumber erosi yang jauh cenderung mengendap sebelum mencapai outlet DAS. SDR (sediment delivery ratio) menghubungkan tingkat erosi dan hasil sedimen (Koei & Yachiyo, 2007). Dalam Studi ini, nilai SDR dihitung dengan menggunakan persamaan (Boyce, 1975) pada buku (Kironoto et al., 2021):

$$SDR = 0.41WS^{-0.3} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.10)}$$

Hasil sedimen dihitung dengan pendekatan hidrologi dengan persamaan berikut (Asdak, 2010):

$$Y = A \times SDR \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2. 11)}$$

Dengan:

Y = laju sedimentasi (ton/ha/tahun)

A = laju erosi (ton/ha/tahun)

SDR = Sediment Delivery Ratio

### 2.5.2 Metode MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation)

Variasi nisbah pengangkutan sedimen dalam perhitungannya tidak konstan dan berbeda antara lokasi satu dengan lokasi lainnya, Wischmeier dan Smith pada tahun 1978 memodifikasi USLE dengan menggantikan faktor R dengan faktor aliran. Modifikasi ini dikenal sebagai Modifikasi USLE (MUSLE), yang tidak hanya memperhitungkan erosi tetapi juga pergerakan sedimen di dalam DAS berdasarkan kejadian hujan tunggal. MUSLE dapat dinyatakan dalam bentuk (Suripin, 2002):

$$SY = R_w \times K \times LS \times CP \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2. 12)}$$

$$R_w = 11.8 (V_q \times Q_p)^{0.56} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2. 13)}$$

$$E = \frac{SY}{SDR} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2. 14)}$$

Dengan:

SY = Laju sedimentasi (ton/ha/tahun)

E = Laju erosi (ton/ha/tahun)

SDR = *Sediment Delivery Ratio*

R<sub>w</sub> = indeks limpasan permukaan (*runoff*)

V<sub>q</sub> = volume aliran pada suatu kejadian (m<sup>3</sup>)

Q<sub>p</sub> = Debit puncak banjir (m<sup>3</sup>/s)



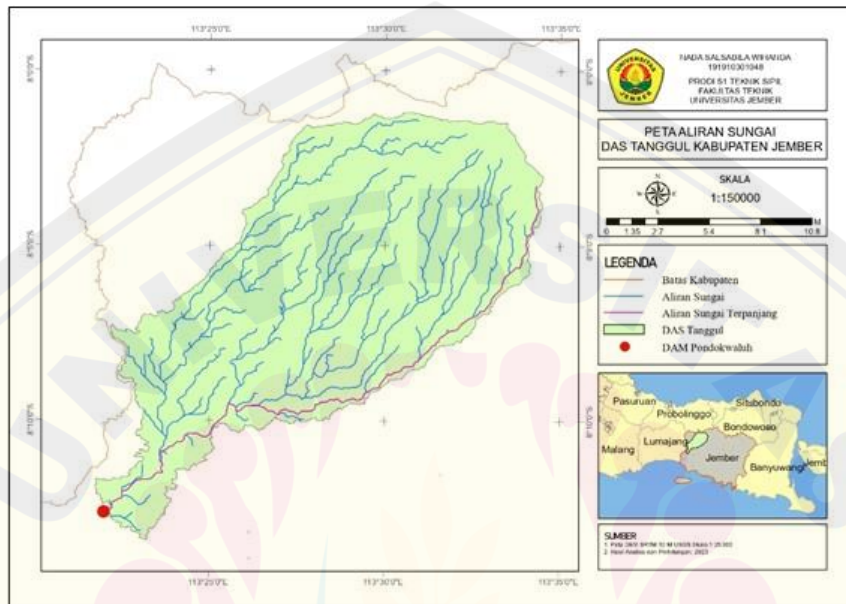
## 2.6 Peneliti Terdahulu

No	Nama Peneliti, Tahun	Judul Penelitian	Kesimpulan
1	(Sridayanti, 2008)	Pendugaan Sedimentasi dengan Metode MUSLE di Situ Cikaret-Cibinong, Bogor	Faktor yang mempengaruhi perhitungan metoda MUSLE adalah volume aliran, debit aliran, erodibilitas tanah, faktor kelerengan, faktor pengeolaan tanaman dan usaha pencegahan erosi. Output yang didapatkan berupa besarnya <i>sediment yield</i> total harian pada Situ Cikaret sebesar 0.082 ton.
2	(Hasibuan et al., 2017)	Analisa Erosi dan Sedimentasi dengan Menggunakan Metode USLE dan MUSLE pada Kawasan Daerah Aliran Sungai Deli	Pada penelitian ini digunakan metode USLE untuk menghitung nilai laju erosi yang didapatkan sebesar 144.787 ton/ha/tahun, metode MUSLE untuk menghitung besar sedimentasi pada setiap sub DAS Deli dengan total 80.784,851 ton/tahun, dan metode SDR didapatkan hasil sedimentasi 855.491,429 ton.
3	(Krisnayanti, 2018)	Pendugaan Erosi dan Sedimentasi Menggunakan Metode USLE dan MUSLE pada DAS Noel-Puames	Pada penelitian ini digunakan metode USLE dan MUSLE untuk menghitung laju erosi dan sedimentasi dengan hasil analisis rasio perbandingan 1 : 1.65. Didapatkan pula kelas bahaya erosi berada pada kelas IV (berat) yang dengan nilai laju erosi sebesar 324.57 ton/ha/thn.
4	(Putri et al., 2022)	Studi Pendugaan Erosi dan Sedimentasi Menggunakan Metode USLE dan MUSLE di Waduk Krisak Kabupaten Wonogiri	Berdasarkan perhitungan pengukuran sedimen di lapangan tahun 2020 dengan menggunakan <i>rechosounding</i> , besar penyimpangan sedimen hasil erosi permukaan perhitungan metode USLE sebesar 47,80% (Tidak Baik) dan MUSLE sebesar 3,88% (Baik). Maka, disimpulkan bahwa metode MUSLE lebih sesuai. Tingkat bahaya erosi pada DAS Krisak termasuk kelas Sangat Ringan (66,94%) dengan kondisi lahan yang cenderung mengarah pada Potensial Kritis.
5	(Sari et al., 2020)	Perkiraan Sedimentasi Menggunakan Metode USLE di Bendungan Rotiklot	Nilai erosi dan volume sedimen yang dihitung menggunakan persamaan Lenvain lebih besar hingga sepuluh kali lipat dibandingkan dengan persamaan Bols. Perbedaan ini disebabkan oleh cara perhitungan nilai erosivitas hujan. Persamaan Bols menggunakan rata-rata curah hujan dalam sebulan, sedangkan persamaan Lenvain menggunakan jumlah total curah hujan dalam sebulan.

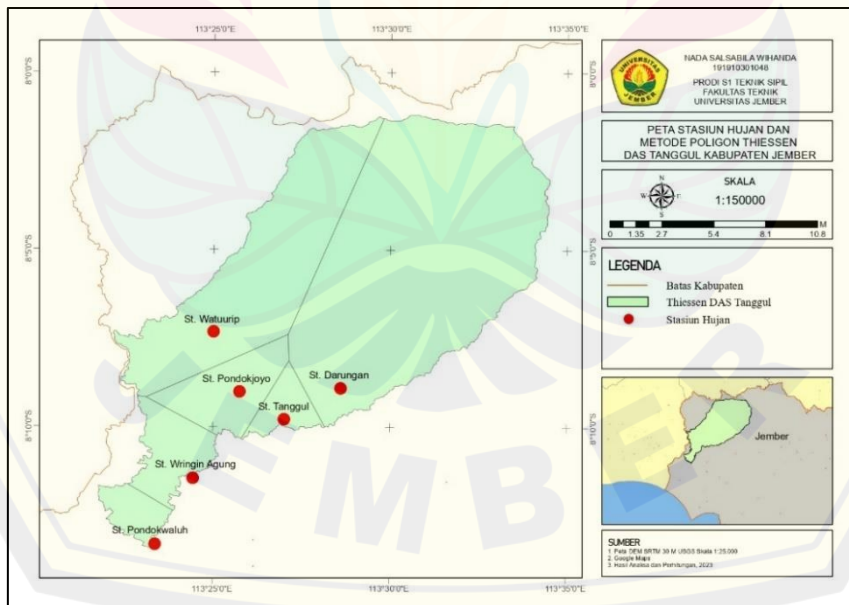
**BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

**3.1 Lokasi Penelitian**

Penelitian dilakukan di DAS Tanggul Kabupaten Jember yang berada pada 8° 05' 55" LS - 113° 30' 00" BT dengan outlet DAM Pondok Waluh dengan 6 stasiun hujan. Luas lokasi penelitian adalah 25261.84 Ha dan panjang sungai terpanjang 36.35 km.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian



Gambar 3.2 Peta Stasiun Hujan DAS Tanggul

### 3.2 Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder, meliputi:

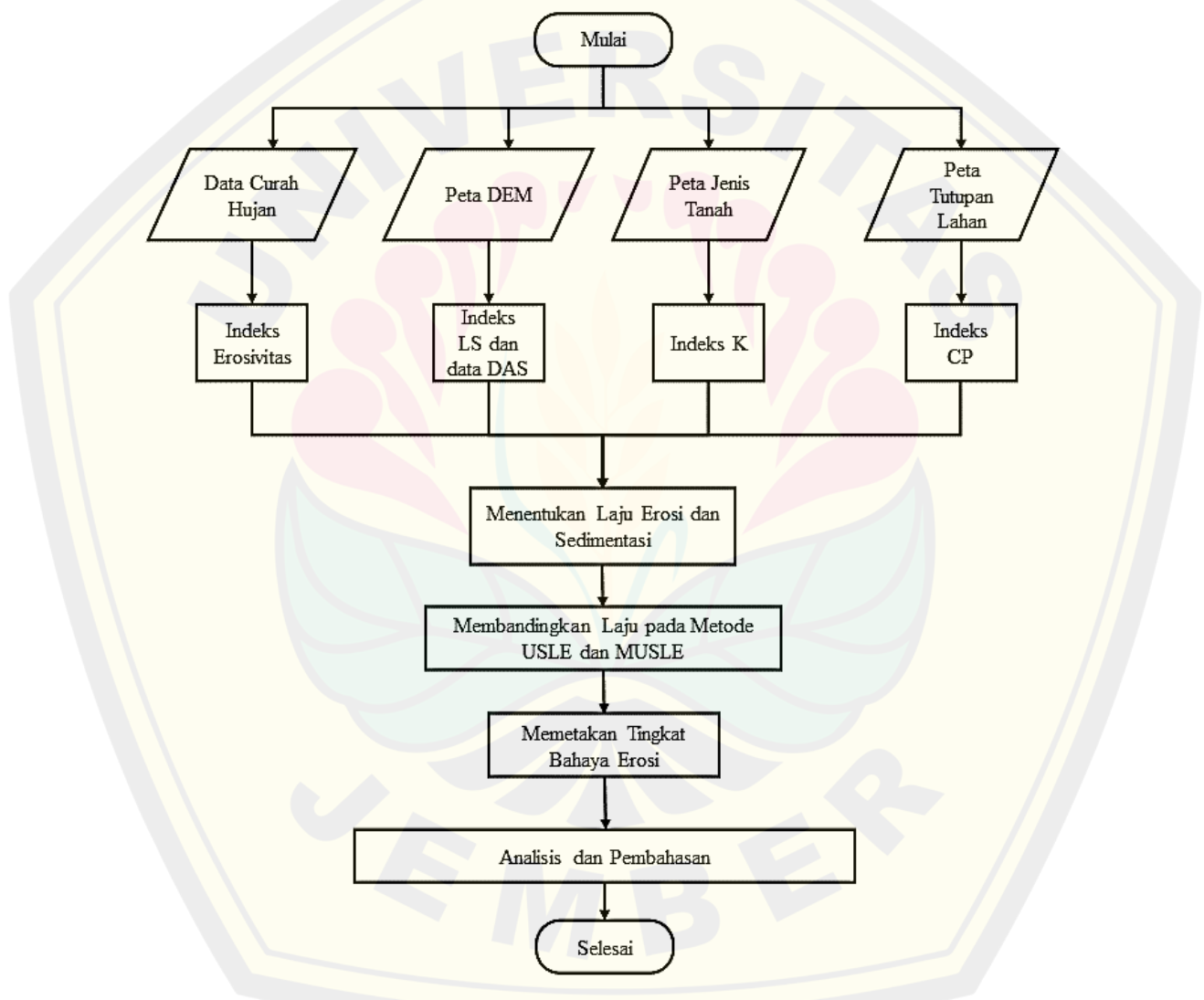
1. Data curah hujan harian selama 11 tahun (2012-2022) pada enam stasiun hujan, yaitu stasiun hujan Watuurip, Darungan, Pondokjoyo, Tanggul, Wringin Agung, dan Pondokwaluh sesuai Gambar 3.2 yang berasal dari UPT PSDA Lumajang.
2. Peta jenis tanah berasal dari PU SDA Jawa Timur skala 1:250.000.
3. Data DEM SRTM Arc-1 Global berasal dari web *U.S Geological Survey*
4. Peta tutupan lahan berasal dari Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Tahun 2012-2021 skala 1:250.000.

### 3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk mendapatkan parameter yang dibutuhkan sehingga didapatkan hasil laju erosi dan sedimentasi sesuai dengan Gambar 3.3 dengan langkah sebagai berikut:

1. Peta jenis tanah yang didapatkan dari PU SDA Jawa Timur diproses pada aplikasi ArcGIS untuk mengetahui jenis tanah pada lokasi penelitian. Jenis tanah dibutuhkan untuk mendapatkan nilai K sesuai Lampiran 2.1.
2. Peta kemiringan lereng diolah dari data DEM dengan *tool slope* dalam bentuk persen dan dikelaskan dengan *tool reclassify* agar didapat nilai LS sesuai Lampiran 2.2
3. Peta tutupan lahan yang didapatkan dari Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Tahun 2012-2021 diproses pada aplikasi ArcGIS untuk mengetahui tutupan lahan pada lokasi penelitian. Tutupan lahan dibutuhkan untuk mendapatkan koefisien limpasan (nilai C) dan nilai CP pada lokasi penelitian sesuai Lampiran 2.3 dan 2.4.
4. Uji konsistensi data curah hujan per stasiun hujan dilakukan dengan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) sesuai Lampiran 2.11 dan 2.12.
5. Erosivitas USLE (Rm) dihitung menggunakan rumus Bols sesuai Persamaan 2.1 per stasiun hujan dengan memakai data curah hujan harian tahun 2012-2021 dari UPT PSDA Lumajang dan dikalikan dengan koefisien thiessennya masing-masing.

6. Erosivitas MUSLE ( $R_w$ ) dihitung dengan rumus sesuai Persamaan 2.13 yang membutuhkan volume limpasan dan debit puncak sebagai parameternya. Volume limpasan akan dihitung dengan metode SCS sesuai Persamaan 2.2 dengan bilangan CN sesuai Lampiran 2.5 dan debit puncak akan dihitung menggunakan metode HSS Nakayasu. Pada metode HSS Nakayasu dibutuhkan data curah hujan tahunan, luas DAS, panjang sungai, dan koefisien limpasan.
7. Perhitungan laju erosi dan sedimentasi akan dihitung dengan metode USLE dan MUSLE sesuai dengan Persamaan 2.9 dan 2.12 dengan parameter nilai K, nilai LS, nilai CP, erosivitas, dan nilai SDR (*Sediment Delivery Ratio*) sesuai Persamaan 2.10.

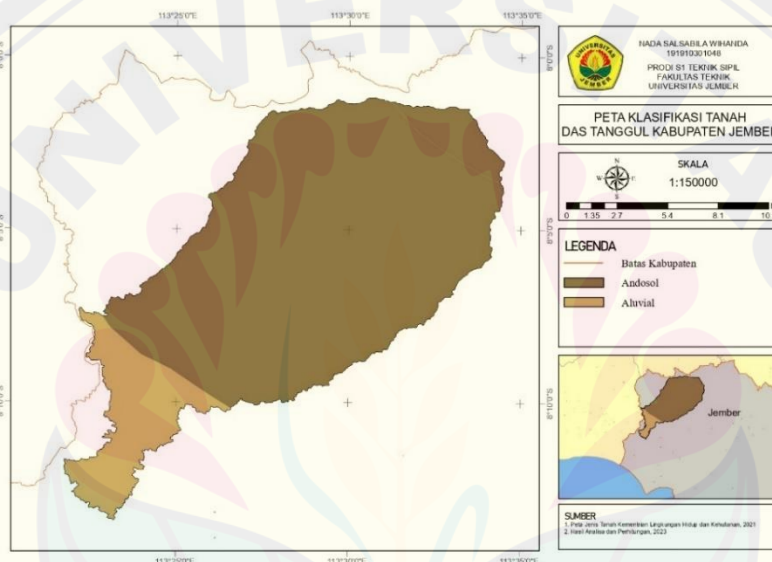


Gambar 3.3 Diagram Alir Tahapan Penelitian

**BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Erodibilitas Tanah (K)**

Perhitungan laju erosi dan hasil endapan memakai metode USLE dan MUSLE, perlu dilakukan perhitungan menggunakan nilai erodibilitas tanah (K). Faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap macam-macam erodibilitas tanah meliputi kelengasan tanah, tekstur tanah, dan suhu tanah (Suripin, 2004). Tiap jenis tanah memiliki nilai K yang berlainan. Informasi terkait jenis dan nilai erodibilitas tanah (K) bisa ditemukan di Lampiran 2.1. Agar dapat memahami persebaran jenis tanah di DAS Tanggul, bisa merujuk pada Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Peta Jenis Tanah DAS Tanggul

Berlandaskan Gambar 4.2 DAS Tanggul mempunyai dua jenis tanah, yaitu Andosol seluas 21842.87 Ha (86.47%) dan Aluvial seluas 3418.87 Ha (13.53%). Perhitungan nilai erodibilitas tanah (K) pada DAS Tanggul tersaji di Tabel 4.1.

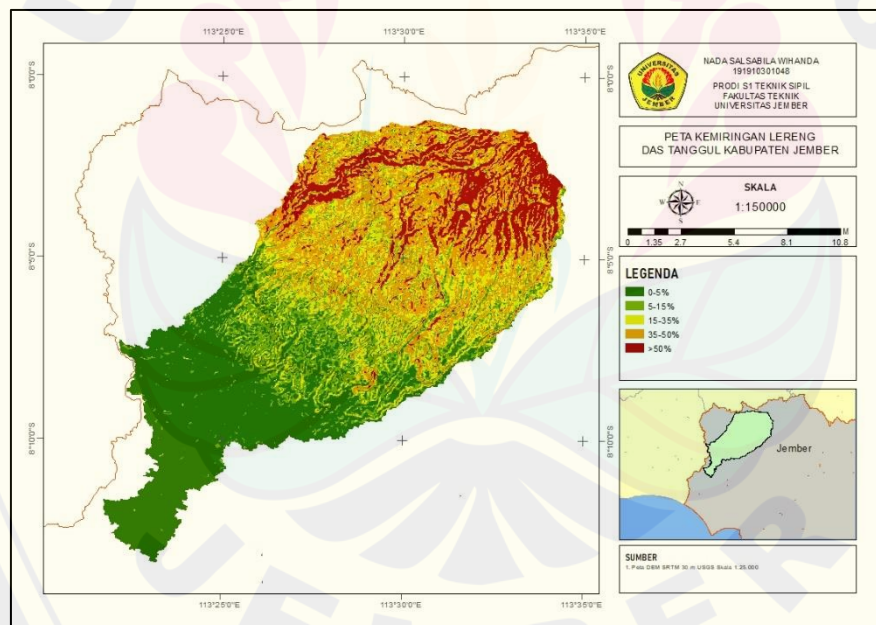
Tabel 4.1 Nilai Erodibilitas Tanah (K) di DAS Tanggul

No	Jenis Tanah	Nilai K	Luas		Luas X K
			Ha	%	
1	Aluvial	0.29	3418.87	13.53%	991.47
2	Andosol	0.28	21842.87	86.47%	6116.00
Jumlah			25261.74	100%	7107.48
<b>Nilai K = 7107.48/2561.74 = 0.281</b>					

Berdasarkan Tabel 4.1 didapatkan nilai Komposit di DAS Tanggul = 0.281. Nilai tersebut adalah hasil perhitungan dari mengalikan luas tiap jenis tanah dengan nilai K, kemudian membaginya dengan total luas DAS.

#### 4.2 Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Kemiringan dan panjang lereng adalah faktor topografi yang memengaruhi aliran air permukaan. Semakin curam dan panjang lereng, aliran air permukaan akan lebih intens, yang dapat menyebabkan terjadinya sedimentasi. Sebaliknya, lahan dengan kemiringan dan panjang lereng yang lebih rendah cenderung memiliki aliran permukaan yang lebih kecil. (Asdak, 2010). DAS Tanggul dapat dikelompokkan ke dalam beberapa kelas kemiringan lereng berdasarkan bentuk topografi. Pembagian kelas kemiringan ini dilakukan dengan menggunakan analisis peta DEM SRTM. Informasi mengenai kelas kemiringan dapat ditemukan di Lampiran 2.2. Untuk mengkonversikan kemiringan lereng menjadi nilai LS, dapat merujuk pada Tabel 4.2. Informasi mengenai persebaran kemiringan lereng dapat ditemukan di Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Peta Kemiringan Lereng di DAS Tanggul

Tabel 4.2 Nilai Kemiringan Lereng (LS) DAS Tanggul

No	Kelas	Kemiringan Lereng	LS	Luas		Luas x LS
				(Ha)	(%)	
1	I	0-5%	0.25	8405.95	33.3%	2101.48739
2	II	5-15%	1.2	3631.09	14.4%	4357.30997
3	III	15-35%	4.25	4291.55	17.0%	18239.0916
4	IV	35-50%	9.5	5714.22	22.6%	54285.1337
5	V	>50%	12	3219.02	12.7%	38628.2782
Jumlah				25261.84	100%	117611.30
<b>Nilai Ls = 117611.30/25261.84 = 4.66</b>						

Menurut Tabel 4.2 terdapat empat kelas kemiringan lereng dengan nilai LSnya masing-masing. Diapatkan nilai LS rata-rata sebesar 4.66 dimana luas terluas terdapat pada kelas satu dengan kemiringan 0-5% dengan luas 33.3% dari luasan total.

### 4.3 Faktor Penggunaan Lahan dan Pengolahan Tanah (CP)

Laju erosi dan sedimen setiap tahun di DAS Tanggul dipengaruhi oleh faktor penutupan lahan dan manajemen tanaman (C), serta faktor pengelolaan dan konservasi tanah (P) yang terkait dengan perubahan tata guna lahan. Peta tata guna lahan dari tahun 2012-2021 digunakan untuk menganalisis perubahan tersebut.

Informasi mengenai peta perubahan tata guna lahan di DAS Tanggul bisa ditemukan di Lampiran 4.1. Disebabkan perubahan tata guna lahan, besarnya nilai koefisien pengaliran tidak selalu konstan tiap tahun. Tabel 4.3 memperlihatkan hasil nilai CP tiap tahun, untuk perhitungan nilai CP pertahun dapat dilihat pada Lampiran 4.2. Keterangan CP pada SHP peta yang digunakan tidak sama dengan keterangan tabel CP dari Asdak, 2010. Oleh karena itu keterangan diasumsikan sesuai Lampiran 4.32.

Tabel 4.3 Penggunaan Lahan dan Pengolahan Tanah (CP) DAS Tanggul

No	Tahun	Nilai CP	No	Tahun	Nilai CP
1	2012	0.14	6	2017	0.12
2	2013	0.14	7	2018	0.11
3	2014	0.14	8	2019	0.10
4	2015	0.14	9	2020	0.09
5	2016	0.11	10	2021	0.09
<b>Nilai CP</b>					<b>0.12</b>

Berdasarkan Tabel 4.3 disajikan nilai CP pertahun DAS Tanggul yang dipengaruhi oleh luasan jenis tutupan lahan. Didapatkan nilai rata-rata CP sebesar 0.12 dengan nilai terbesar ada pada tahun 2012-2015 sebesar 0.14 dan nilai terkecil pada tahun 2020 dan 2021 sebesar 0.09.

#### 4.4 Faktor Erosivitas

##### 4.4.1 Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi data menggunakan metode RAPS dihitung sesuai Lampiran 2.11 sehingga didapatkan nilai Q dan Rhitung. Kedua nilai tersebut akan dibandingkan dengan nilai Q dan Rkritis sesuai pada tabel di Lampiran 2.12. Data dapat dikatakan konsisten apabila nilai Q dan Rhitung lebih kecil daripada Q dan Rkritis. Berikut rekapitulasi hasil pengujian konsistensi data per stasiun hujan dengan derajat kepercayaan 99%.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Pengujian Data Stasiun Hujan

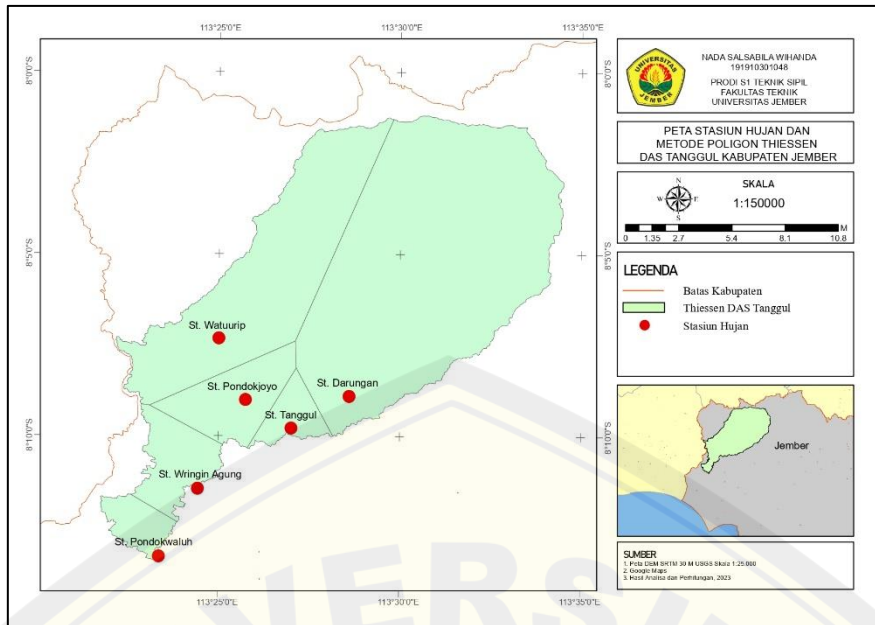
Stasiun	Derajat kepercayaan 99%				Keterangan
	Qkritis	Rkritis	Qhit	Rhit	
Pondokwaluh	1.303	1.402	0.566	1.111	Data Konsisten
Wringin Agung	1.303	1.402	0.608	1.034	Data Konsisten
Tanggul	1.303	1.402	0.942	1.094	Data Konsisten
Pondokjoyo	1.303	1.402	0.558	0.889	Data Konsisten
Darungan	1.303	1.402	0.631	1.256	Data Konsisten
Watuurip	1.303	1.402	0.663	1.153	Data Konsisten

Berdasarkan Tabel 4.4 didapatkan bahwa data pada semua stasiun hujan dinyatakan konsisten, sehingga perhitungan menggunakan data curah hujan dapat dilanjutkan. Perhitungan per stasiun hujan dapat dilihat pada Lampiran 4.32.

##### 4.4.2 Faktor Erosivitas Hujan ( $R_m$ ) Rumus Bols

Erosivitas dihitung menggunakan rumus Bols (1978) sesuai Persamaan 2.1. Perhitungan erosivitas memerlukan data curah hujan harian minimal 10 tahun pada tiap stasiun hujan. Penentuan erosivitas daerah hujan berdasarkan luasan masing-masing stasiun hujan yang ditentukan berlandaskan metode polygon thiessen di aplikasi ArcGIS. Peta polygon thiessen bisa dilihat pada Gambar 4. 4. Tabel 4. 5 menunjukkan rekapitulasi kalkulasi erosivitas rumus Bols, untuk perhitungan setiap stasiun hujan bisa dilihat di Lampiran 4.3.





Gambar 4. 3 Peta Polygon Thiessen DAS Tanggul

Tabel 4.5 Erosivitas Tahunan Tertimbang Rumus Bols DAS Tanggul

No	Stasiun	Rm (MJ.cm/jam)	Koefisien Thiessen (%)	Rm Tahunan (MJ.cm/jam)
1	Pondokwaluh	2282.31	2.83%	64.480
2	Wringin Agung	935.22	5.63%	52.642
3	Tanggul	2362.00	2.93%	69.095
4	Pondokjoyo	1826.89	7.35%	134.285
5	Darungan	3205.37	54.39%	1743.450
6	Watuurip	3204.28	26.88%	861.269
<b>Erosivitas Tahunan</b>				<b>2925.220</b>

Berdasarkan Tabel 4.5 didapatkan besar erosivitas tahunan DAS Tanggul dengan rumus Bols sebesar 2925.22 MJ.cm/jam. Nilai erosivitas per stasiun dikalikan dengan koefisien thiessennya masing-masing untuk keakuratan hasil. Diketahui bahwa nilai erosivitas terbesar ada pada stasiun Darungan, hal ini selaras dengan luas polygon Thiessen stasiun tersebut.

#### 4.4.2 Volume Limpasan Permukaan (Vq)

Faktor-faktor yang memengaruhi hasil endapan tiap tahun diantaranya adalah volume limpasan permukaan yang tergantung pada nilai koefisien pengaliran (C) dan curah hujan maksimum tiap tahun yang berbeda. Volume limpasan dipengaruhi oleh nilai Curve Number (CN), yang bergantung pada tutupan lahan dan jenis tanah. Rincian lebih lanjut tentang nilai CN terkait tutupan lahan dan jenis tanah dapat ditemukan di Lampiran

4.4. Untuk menentukan unit lahan, *overlay* peta jenis tutupan lahan dan jenis tanah per tahun yang bisa dilihat di Lampiran 4.5. Sebelum menghitung nilai CN, perlu diketahui kelas tanah berdasarkan tekstur tanah. Peta jenis tanah dan data kelas kelompok tanah hidrologi dapat diperoleh dari (NASA, 2020). Perhitungan nilai CN tahun 2012-2021 dapat dilihat pada Lampiran 4.6 Rekapitulasi nilai CN dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Rekapitulasi Nilai CN DAS Tanggul

No	Tahun	Nilai CN	No	Tahun	Nilai CN
1	2012	83.412	6	2017	83.596
2	2013	83.412	7	2018	83.588
3	2014	83.412	8	2019	83.686
4	2015	83.412	9	2020	83.722
5	2016	83.560	10	2021	83.725
<b>Nilai CN</b>					<b>83.553</b>

Berdasarkan Tabel 4.6, didapatkan bahwa nilai CN tertinggi terdapat pada tahun 2021. Hal ini konsisten dengan nilai koefisien pengaliran yang tercantum pada Tabel 4.15 untuk DAS Tanggul. Demikian pula, nilai CN terendah terjadi pada tahun 2012. Setelah mendapatkan nilai CN, langkah selanjutnya adalah menghitung beda antara curah hujan dan larian air ( $S$ ) menggunakan Persamaan 2.3, serta menghitung kedalaman hujan efektif ( $Pe$ ) menggunakan Persamaan 2.4. Perhitungan nilai  $Pe$  disajikan di Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Perhitungan Kedalaman Hujan Efektif ( $Pe$ ) Tahun 2012-2021 DAS Tanggul

No	Tahun	Nilai CN	S	P (mm)	Pe (mm)
1	2012	83.412	50.511	141	94.451
2	2013	83.412	50.511	190	140.460
3	2014	83.412	50.511	137	90.768
4	2015	83.412	50.511	127	81.627
5	2016	83.560	49.974	150	103.177
6	2017	83.596	49.841	145	98.628
7	2018	83.588	49.872	156	108.850
8	2019	83.686	49.515	134	88.704
9	2020	83.722	49.387	148	101.744
10	2021	83.725	49.373	123	78.754

Kalkulasi untuk mendapatkan nilai volume limpasan ( $Vq$ ) dilakukan setelah mendapatkan nilai  $Pe$  menggunakan Persamaan 2.2. Hasil perhitungan volume limpasan dalam satuan meter kubik dapat ditemukan di Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perhitungan Volume Limpasan ( $V_q$ ) Tahun 2012-2021 DAS Tanggul

No	Tahun	Pe (m)	A (m <sup>2</sup> )	V <sub>q</sub> (m <sup>3</sup> )
1	2012	0.094	252,618,398.5	23,859,972.07
2	2013	0.140	252,618,398.5	35,482,691.80
3	2014	0.091	252,618,398.5	22,929,605.22
4	2015	0.082	252,618,398.5	20,620,435.92
5	2016	0.103	252,618,398.5	26,064,418.44
6	2017	0.099	252,618,398.5	24,915,245.81
7	2018	0.109	252,618,398.5	27,497,626.44
8	2019	0.089	252,618,398.5	22,408,207.58
9	2020	0.102	252,618,398.5	25,702,320.86
10	2021	0.079	252,618,398.5	19,894,664.72

Berdasarkan Tabel 4.8 diketahui bahwa nilai volume limpasan berbanding lurus dengan nilai Pe. Semakin besar nilai Pe maka semakin besar pula nilai volume limpasan. Nilai Pe dipengaruhi nilai CN dan curah hujan maksimum tahunan sesuai Persamaan 2.4. Nilai volume limpasan terbesar ada pada tahun 2013, penyebab hal ini adalah karena pada tahun tersebut terjadi curah hujan maksimum yang tertinggi, yang mengakibatkan nilai Pe menjadi yang terbesar juga. Begitupula sebaliknya dengan tahun 2021 yang memiliki nilai volume limpasan terkecil.

#### 4.4.3 Debit Puncak ( $Q_p$ )

Debit puncak pada riset ini akan dihitung memakai metode HSS Nakayasu. Data curah hujan maksimum harian bisa dilihat pada Tabel 4.9 Data curah hujan harian tiap stasiun hujan bisa dilihat di Lampiran 4.9 – 4.16.

Tabel 4.9 Data Curah Hujan Maksimum Tahunan Periode 2012-2021

No	Tahun	Curah Hujan		No	Tahun	Curah Hujan	
		Maksimum Tahunan (mm)				Maksimum Tahunan (mm)	
1	2012	141		6	2017	145	
2	2013	190		7	2018	156	
3	2014	137		8	2019	134	
4	2015	127		9	2020	148	
5	2016	150		10	2021	123	

#### a. Analisis frekuensi

Jenis distribusi harus ditentukan yang memenuhi persyaratan dengan dilakukan perhitungan rata-rata, simpangan baku, koefisien variansi, dan skewness. Informasi Perhitungan data-data tersebut terlampir pada Lampiran 1.6. Hasil perhitungan analisis frekuensi setiap distribusi terlampir pada Lampiran 4.17-1.32.

## b. Distribusi probabilitas

Jenis distribusi yang relevan dihitung setelah mendapatkan analisis frekuensi dengan membandingkan nilai parameter statistik dengan nilai yang diinginkan atau diharapkan, guna memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan.

Tabel 4.10 Perhitungan Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi

No	METODE	PERSYARATAN	HASIL	KETERANGAN
1	Normal	Cs = 0	1.5256	Tidak Memenuhi
		Ck = 3	7.0245	Tidak Memenuhi
2	Log Normal	Cs = $Cv^3 + 3 Cv$ 0.391365471	1.5256	Tidak Memenuhi
		Ck = $Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$ 3.273827491	7.0245	Tidak Memenuhi
3	Gumbel	Cs = 1.14	1.5256	Tidak Memenuhi
		Ck = 5.4	7.0245	Tidak Memenuhi
4	Log Pearson III	Cs = Selain nilai di atas	1.5256	Memenuhi
		Ck =	7.0245	Memenuhi

Sumber: Triatmodjo, 2010

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa jenis distribusi yang memenuhi persyaratan adalah Log Pearson III.

## c. Uji distribusi probabilitas

1) Metode Chi-Kuadrat ( $\chi^2$ )

Distribusi probabilitas harus dilakukan uji chi-kuadrat. Perhitungan setiap distribusi probabilitas bisa dilihat pada Lampiran 4.23 – 1.36. Perhitungan dari uji Chi-Kuadrat bisa dilihat di Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Rekapitulasi Nilai Chi Kuadrat

No	Distribusi Probabilitas	Hasil Rekap Nilai Chi Kuadrat		Keterangan
		$\chi^2$ terhitung	$\chi^2_{cr}$	
1	Normal	1	5.9915	Diterima
2	Log Normal	1	5.9915	Diterima
3	Log Pearson III	3	5.9915	Diterima
4	Gumbel	2	5.9915	Diterima

Berdasarkan Tabel 4.11 dapat disimpulkan bahwa semua jenis distribusi memenuhi syarat uji Chi-Kuadrat.

## 2) Metode Smirnov-Kolmogorov

Pengujian distribusi kemungkinan terjadi dengan metode Smirnov-Kolmogorov dilakukan pada masing-masing distribusi probabilitas. Perhitungan masing-masing distribusi probabilitas bisa dilihat di Lampiran 4.26 – 1.40.

Tabel 4.12 Nilai Rekapitulasi Smirnov-Kolmogrof

No	Distribusi Probabilitas	$\Delta P$ Maksimum	$\Delta P$ Kritis	Keterangan
1	Normal	0.1056	0.4100	Diterima
2	Log Normal	0.0798	0.4100	Diterima
3	Log Pearson III	0.0139	0.4100	Diterima
4	Gumbel	0.1147	0.4100	Diterima

Berdasarkan Tabel 4.12 dapat disimpulkan bahwa semua jenis distribusi memenuhi syarat uji Smirnov-Kolmogorov.

#### 4) Perhitungan hujan rancangan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa distribusi Log Pearson III memenuhi semua persyaratan yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, langkah berikutnya adalah menghitung curah hujan rancangan memakai metode distribusi Log Pearson III, dan hasil perhitungan tersebut akan disajikan dalam Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Analisis Metode Log Pearson III

No	Tahun	Xmax (mm)	Log Xi
1	2012	141	2.1492
2	2013	190	2.2788
3	2014	137	2.1367
4	2015	127	2.1038
5	2016	150	2.1761
6	2017	145	2.1614
7	2018	156	2.1931
8	2019	134	2.1271
9	2020	148	2.1703
10	2021	123	2.0899
Jumlah			21.5864
Rata-rata			2.1586
S Log X			0.0531
Cs			1.1597

Nilai koefisien kemencengan (Cs) didapatkan sebesar 1.1597, maka dapat dihitung nilai K dengan interpolasi berdasarkan Lampiran 4.7. Diperlukan nilai K untuk melakukan kalkulasi curah hujan rencana dalam setiap periode ulang. Nilai-nilai curah hujan rencana tersebut dapat ditemukan dalam Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Curah Hujan Rancangan Log Pearson III

T	Log $\bar{x}$ (mm)	S Log X	KT	Log X	XT (mm)
1	2.159	0.053	-3.05	1.997	99.251
2	2.159	0.053	-0.319	2.142	138.581
5	2.159	0.053	0.592	2.190	154.903
10	2.159	0.053	1.294	2.227	168.781
25	2.159	0.053	2.230	2.277	189.237

### 5) Koefisien aliran permukaan (C)

Nilai koefisien aliran permukaan bisa didapatkan dari peta tata guna lahan DAS Tanggul pada Lampiran 4.1. Seiring berjalannya waktu, tata guna lahan mengalami perubahan, sehingga nilai koefisien pengaliran juga berubah setiap tahunnya. Tabel nilai C dapat dilihat pada Lampiran 2.3 dan perhitungan nilai C DAS Tanggul tiap tahun dapat dilihat pada Lampiran 4.30. Rekapitulasi nilai C selama 10 tahun di DAS Tanggul disajikan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Rekapitulasi Koefisien Aliran Permukaan (C) DAS Tanggul Tahun 2012-2021

No	Tahun	Nilai C	No	Tahun	Nilai C
1	2012	0.18	6	2017	0.19
2	2013	0.18	7	2018	0.19
3	2014	0.18	8	2019	0.20
4	2015	0.18	9	2020	0.22
5	2016	0.19	10	2021	0.22
<b>Nilai Crata-rata</b>					<b>0.19</b>

Berdasarkan Tabel 4.15 disajikan bahwa terdapat perubahan tata guna lahan dari periode 2012-2021. Pada tahun 2012-2015 mempunyai koefisien pengaliran sebesar 0.18 yang menunjukkan bahwa tidak ada perubahan tata guna lahan. Begitupula pada tahun 2016-2018 dengan nilai C sebesar 0.19. Pada tahun 2020-2021 dengan nilai C sebesar 0.22 merupakan nilai paling tinggi, hal ini kemungkinan terjadi akibat peningkatan luas pemukiman dan pertanian lahan kering. Pemukiman dan pertanian lahan kering mempunyai nilai C yang cukup besar yaitu sebesar 0.8 dan 0.1.

### 6) Perhitungan curah hujan efektif

Curah hujan efektif bisa dihitung setelah mendapatkan curah hujan jam-jaman dengan menggunakan Persamaan 2.5 dan 6. Hasil curah hujan jam-jaman dapat dilihat pada Lampiran 4.21. Setelah itu, data curah hujan jam-jaman diurutkan berdasarkan pola distribusi 6 jam menggunakan metode *alternating block* (ABM) sesuai dengan Lampiran 2.12. Selanjutnya, hasil analisis memakai metode Log Pearson III digunakan untuk mendistribusikan curah hujan rancangan menjadi curah hujan jam-jaman. sesuai Lampiran 4.32. Hujan efektif dihitung menggunakan Persamaan 2.7 dan nilai koefisien pengaliran didapatkan 0.19 sehingga didapatkan hasil yang disajikan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Perhitungan Curah Hujan Efektif DAS Tanggul

T	RT (mm/hari)	Jam	Jam	Jam	Jam	Jam	Jam	Jumlah (mm)
		ke1 (mm)	ke2 (mm)	ke3 (mm)	ke4 (mm)	ke5 (mm)	ke6 (mm)	
		<b>0.067</b>	<b>0.100</b>	<b>0.550</b>	<b>0.143</b>	<b>0.080</b>	<b>0.059</b>	
1.0014	99.251	1.277	1.899	10.416	2.707	1.512	1.116	18.928
2	138.581	1.783	2.652	14.544	3.780	2.111	1.558	26.428
5	154.903	1.993	2.964	16.257	4.226	2.360	1.742	29.541
10	168.781	2.171	3.230	17.713	4.604	2.571	1.898	32.187
25	189.237	2.434	3.621	19.860	5.162	2.883	2.128	36.089
50	206.443	2.656	3.950	21.666	5.631	3.145	2.321	39.370

#### 7) Perhitungan debit metode Nakayasu

Perhitungan debit banjir dihitung dengan menggunakan metode Nakayasu diperlukan beberapa parameter yang dijelaskan dalam persamaan pada Lampiran 2.10. Nilai-nilai parameter yang diperlukan untuk menghitung debit banjir dengan metode Nakayasu dapat ditemukan dalam Lampiran 4.24. Setelah mendapatkan nilai unit hidrograf, langkah selanjutnya adalah menghitung kontrol dan debit unit hidrograf yang telah dikoreksi. Perhitungan rinci mengenai hal ini dapat ditemukan dalam Lampiran 4.25 dan 1.37. Dari perhitungan HSS Nakayasu di DAS Tanggul, diperoleh debit banjir rancangan yang ditampilkan dalam Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Debit Rencana Metode Nakayasu

No	Qrencana (Tahun)	Debit (m <sup>3</sup> /s)
1	Q1	88.345
2	Q2	123.352
3	Q5	137.881
4	Q10	150.234
5	Q25	168.443
6	Q50	183.758

Dari data debit rancangan satu tahun akan menjadi dasar dalam perhitungan.

## 4.5 Perhitungan Laju Erosi dan Sedimentasi

### 4.5.1 Metode USLE

#### a. Laju Erosi Metode USLE

Perhitungan jumlah erosi lahan pada tiap tata guna lahan di DAS Tanggul dengan metode USLE dapat dihitung sesuai Persamaan 2.9. Hasil perhitungan jumlah erosi lahan

tiap tahun berdasarkan unit lahan disajikan pada Lampiran 4.27. Hasil rekapitulasi jumlah erosi lahan tiap tahun di DAS Tanggul disajikan di Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Rekapitulasi Jumlah Erosi Lahan Tahun 2012-2021 DAS Tanggul Metode USLE

Tahun	Erosivitas Hujan (Rm)	K	LS	CP	Laju Erosi (A)	Luas DAS (SW)	Erosi Lahan
	MJ.cm/jam				ton/ha/thn	Ha	ton/thn
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(1)*(2)* (3)*(4)	(6)	(7) = (5)*(6)
2012	2925.22	0.281	4.66	0.14	549.938	25261.84	13892445.56
2013	2925.22	0.281	4.66	0.14	549.938	25261.84	13892445.56
2014	2925.22	0.281	4.66	0.14	549.938	25261.84	13892445.56
2015	2925.22	0.281	4.66	0.14	549.938	25261.84	13892445.56
2016	2925.22	0.281	4.66	0.11	435.494	25261.84	11001382.98
2017	2925.22	0.281	4.66	0.12	478.343	25261.84	12083836.44
2018	2925.22	0.281	4.66	0.11	432.882	25261.84	10935390.89
2019	2925.22	0.281	4.66	0.10	368.850	25261.84	9317839.116
2020	2925.22	0.281	4.66	0.09	349.735	25261.84	8834949.925
2021	2925.22	0.281	4.66	0.09	352.854	25261.84	8913730.217
	Jumlah				4617.91035	25261.84	116656911.8
	Rata-rata				461.791035	25261.84	11665691.18

Tabel 4.17 menyajikan laju erosi dan erosi lahan setiap tahun di DAS Tanggul menggunakan metode USLE dengan rata-rata laju erosi sebesar 461.8 ton/ha/tahun. Berdasarkan tabel tersebut didapatkan nilai laju erosi terbesar ada pada periode 2012-2015 sebesar 549.938 ton/ha/thn. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan nilai CP terbesar terjadi pada periode tersebut. Seperti pada Persamaan 2.9, semakin besar nilai K, LS, dan CP akan semakin besar pula nilai laju erosinya.

#### b. Laju sedimentasi Metode USLE

Perhitungan laju sedimentasi pada tiap tata guna lahan di DAS Tanggul dengan metode USLE dapat dihitung sesuai Persamaan 2.11. Hasil perhitungan laju sedimentasi lahan tiap tahun berdasarkan unit lahan disajikan pada Lampiran 4.28. Hasil rekapitulasi laju sedimentasi tiap tahun di DAS Tanggul disajikan pada Tabel 4.19.

Nilai SDR akan dihitung sesuai Persamaan 2.10, rumus (Boyce, 1975):

$$SDR = 0.41 \times WS^{-0.3}$$

$$SDR = 0.41 \times (25261.84)^{-0.3}$$

$$SDR = 0.41 \times 0.02394$$



$$SDR = 0.0196$$

Tabel 4.19 Rekapitulasi Laju Sedimentasi dari Erosi Lahan Metode USLE di DAS Tanggul 2012-2021

Tahun	SDR (1)	Laju Erosi (A) ton/ha/thn (2)	Laju Sedimentasi ton/ha/thn (3) = (1)*(2)
2012	0.0196	549.938	10.774
2013	0.0196	549.938	10.774
2014	0.0196	549.938	10.774
2015	0.0196	549.938	10.774
2016	0.0196	435.494	8.532
2017	0.0196	478.343	9.371
2018	0.0196	432.882	8.480
2019	0.0196	368.850	7.226
2020	0.0196	349.735	6.851
2021	0.0196	352.854	6.913
Jumlah		4617.910	90.467
Rata-rata		461.791	9.047

Tabel 4.19 menyajikan hasil laju sedimentasi metode USLE dengan cara mengalikan laju erosi dengan nilai SDR yang telah dihitung. Nilai SDR didapatkan dari Persamaan 2.10 dengan hasil 0.0196. Laju sedimentasi terbesar pada DAS Tanggul terjadi pada periode 2012-2015, hal ini berbanding lurus dengan nilai laju erosinya. Pada Tabel 4.19 pula didapatkan nilai laju sedimentasi rata-rata sebesar 9.047 ton/ha/tahun.

#### 4.5.2 Metode MUSLE

##### a. Sedimentasi Metode MUSLE

Perhitungan laju sedimentasi untuk tiap tata guna lahan di DAS Tanggul dengan metode MUSLE dapat dihitung sesuai Persamaan 2.12. Hasil perhitungan laju sedimentasi tiap tahun berdasarkan unit lahan disajikan pada Lampiran 4.29. Hasil rekapitulasi laju sedimentasi tiap tahun di DAS Tanggul disajikan di Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Rekapitulasi Jumlah Laju Sedimentasi Tahun 2012-2021 DAS Tanggul Metode MUSLE

Tahun	Erosivitas Hujan (Rw) m <sup>2</sup> /jam	K	LS	CP	Sediment Yield (SY) ton/th	Luas DAS (WS) Ha	Laju Sedimen ton/ha/th
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5) = (1)*(2)* (3)*(4)	(6)	(5)/(6)
2012	1964442	0.281	4.66	0.14	369,312.77	25261.84	14.619
2013	2453315	0.281	4.66	0.14	461,220.33	25261.84	18.258
2014	1921171	0.281	4.66	0.14	361,177.97	25261.84	14.297
2015	1810301	0.281	4.66	0.14	340,334.49	25261.84	13.472
2016	2064093	0.281	4.66	0.11	307,293.27	25261.84	12.164
2017	2012628	0.281	4.66	0.12	329,112.88	25261.84	13.028
2018	2126911	0.281	4.66	0.11	314,745.91	25261.84	12.459
2019	1896584	0.281	4.66	0.10	239,146.30	25261.84	9.467
2020	2047993	0.281	4.66	0.09	244,855.05	25261.84	9.693
2021	1774339	0.281	4.66	0.09	214,028.92	25261.84	8.472
Jumlah Rata-rata					3,181,227.88 318,122.79		125.93 12.59

Tabel 4.20 menyajikan laju sedimentasi setiap tahun di DAS Tanggul menggunakan metode MUSLE dengan rata-rata laju sedimentasi sebesar 12.59 ton/ha/tahun. Berdasarkan tabel tersebut didapatkan nilai laju sedimentasi terbesar ada pada tahun 2013 sebesar 18.258 ton/ha/thn. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan nilai CP dan erosivitas terbesar terjadi pada periode tersebut.

#### b. Laju Erosi Metode MUSLE

Perhitungan laju erosi untuk tiap tata guna lahan di DAS Tanggul dengan metode MUSLE dapat dihitung sesuai Persamaan 2.14. Hasil perhitungan laju sedimentasi tiap tahun berdasarkan unit lahan disajikan pada Lampiran 4.30. Hasil rekapitulasi laju erosi tiap tahun di DAS Tanggul disajikan di Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Rekapitulasi Jumlah Erosi Lahan Tahun 2012-2021 DAS Tanggul Metode MUSLE

Tahun	SDR (1)	Laju Sedimentasi ton/ha/thn (2)	Laju Erosi ton/ha/thn (3) = (2)/(1)
2012	0.01959	14.619	746.251105
2013	0.01959	18.258	931.963919
2014	0.01959	14.297	729.813528
2015	0.01959	13.472	687.696189
2016	0.01959	12.164	620.931531
2017	0.01959	13.028	665.021263
2018	0.01959	12.459	635.990682
2019	0.01959	9.467	483.230479
2020	0.01959	9.693	494.765864

Tahun	SDR (1)	Laju Sedimentasi ton/ha/thn (2)	Laju Erosi ton/ha/thn (3) = (2)/(1)
2021	0.01959	8.472	432.477104
Jumlah		125.930	6428.142
Rata-rata		12.593	642.814

Tabel 4.21 menyajikan hasil laju erosi metode MUSLE dengan cara membagi laju sedimentasi dengan nilai SDR yang telah dihitung. Nilai SDR didapatkan dari Persamaan 2.10 dengan hasil 0.0196. Laju erosi dengan metode MUSLE terbesar DAS Tanggul terjadi pada tahun 2013, hal ini berbanding lurus dengan nilai laju sedimentasinya. Pada Tabel 4.21 pula didapatkan nilai laju erosi rata-rata sebesar 642.814 ton/ha/tahun.

#### 4.6 Klasifikasi Bahaya Erosi

##### 4.6.1 Satuan Lahan Daerah Penelitian

Unit analisis yang digunakan berupa satuan lahan yang merupakan hasil overlay dari peta jenis kelas hidrologi tanah dan tutupan lahan. Luasan masing-masing satuan lahan disajikan pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Satuan Lahan dan Luasannya

No.	Unit Lahan	Luas Ha	No.	Unit Lahan	Luas Ha
1	D_HLKP	1979.998	10	D_SB	270.259
2	C_HLKP	71.505	11	C_HT	0.796
3	D_HLKS	2788.909	12	D_HT	60.257
4	C_HLKS	766.061	13	C_P	72.558
5	C_PLK	348.766	14	D_P	1672.779
6	D_PLK	7363.957	15	C_PK	509.959
7	D_S	4772.752	16	D_PK	4301.725
8	C S	81.870		Jumlah	25261.84

Luasan unit lahan akan dijadikan patokan pemetaan tingkat bahaya erosi pada DAS Tanggul. Keterangan penamaan unit lahan dapat dilihat pada Lampiran 4.5

##### 4.6.2 Tingkat Bahaya Erosi (TBE)

Besarnya erosi perunit lahan akan diklasifikasikan sesuai kelas tingkat bahaya erosi yang dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Kelas Tingkat Bahaya Erosi

Kelas Erosi	Laju Erosi (ton/ha/thn)
Sangat Ringan	<15
Ringan	15-60
Sedang	60-180
Berat	180-480
Sangat Berat	>480

Sumber: (Kironoto et al., 2021)

## a. Metode USLE

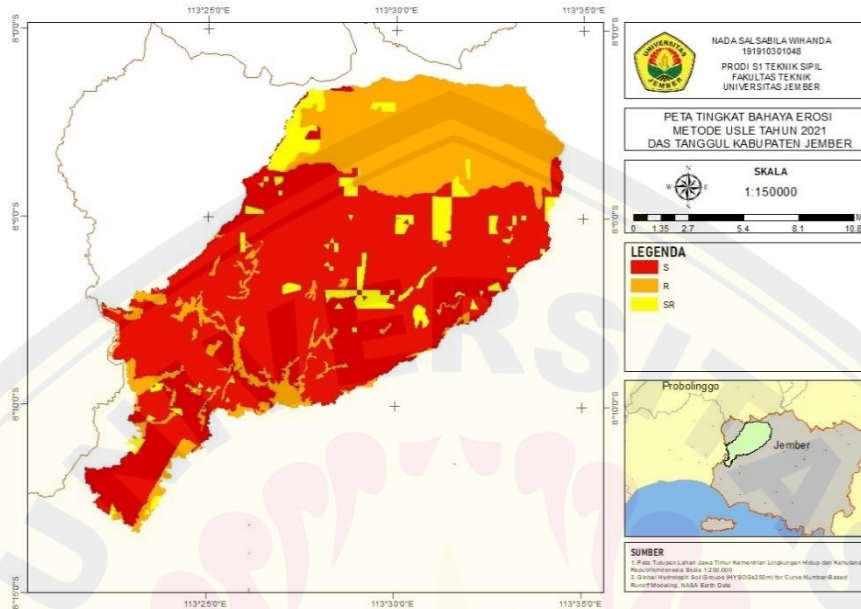
Tabel 4.24 Klasifikasi Besar Erosi DAS Tanggul Metode USLE

No.	Unit Lahan	Luas (A)		Kelas Erosi
		Ha	ton/ha/th	
1	D_HLKP	1979.998	27.656	Ringan
2	C_HLKP	71.505	0.999	Sangat Ringan
3	D_HLKS	2788.909	38.955	Ringan
4	C_HLKS	766.061	10.700	Sangat Ringan
5	C_PLK	348.766	4.872	Sangat Ringan
6	D_PLK	7363.957	102.859	Sedang
7	D_S	4772.752	66.665	Sedang
8	C_S	81.870	1.144	Sangat Ringan
9	C_SB	200.490	2.800	Sangat Ringan
10	D_SB	270.259	3.775	Sangat Ringan
11	C_HT	0.796	0.011	Sangat Ringan
12	D_HT	60.257	0.842	Sangat Ringan
13	C_P	72.558	1.013	Sangat Ringan
14	D_P	1672.779	23.365	Ringan
15	C_PK	509.959	7.123	Sangat Ringan
16	D_PK	4301.725	60.086	Sedang
<b>Jumlah</b>		25261.840	352.86	

Berdasarkan Tabel 4.24 terdapat tiga klasifikasi kelas erosi yang tersebar di seluruh satuan lahan. Mayoritas kelas erosi pada satuan lahan DAS Tanggul termasuk dalam kelas sangat ringan dengan jumlah 10 satuan lahan namun memiliki presentase terkecil sebesar 9.43% dari total luas DAS. Sedangkan kelas erosi sedang memiliki presentase luas terbesar 65.07%. Satuan unit lahan D\_PLK terluas dengan luas 7363.957 Ha atau 29% dari total luas dengan laju erosi 102.859 ton/ha/th pada kelas erosi sedang. Hasil rekapitulasi luas tingkat bahaya erosi metode USLE disajikan pada Tabel 4.25. Gambar peta tingkat bahaya erosi metode USLE dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Tabel 4.25 Rekapitulasi Luas Berdasarkan Kelas Erosi Metode USLE

No	Luas Ha	Luas (%)	(A) ton/ha/th	Kelas Erosi
1	16438.434	65.07%	229.610	Sedang
2	6441.685	25.50%	89.976	Ringan
3	2382.520	9.43%	33.279	Sangat Ringan



Gambar 4.4 Peta Tingkat Bahaya Erosi Metode USLE DAS Tanggul

b. Metode MUSLE

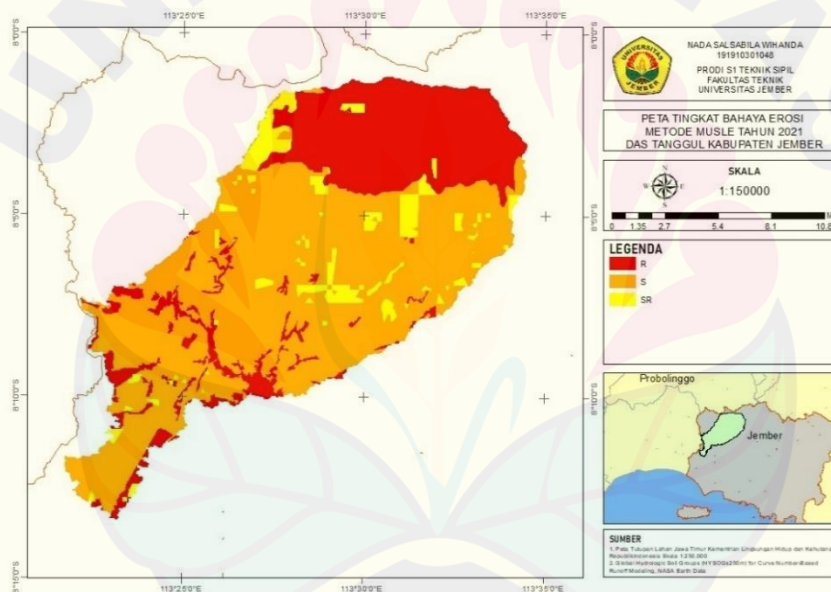
Tabel 4.26 Klasifikasi Besar Erosi DAS Tanggul Metode MUSLE

No.	Unit Lahan	Luas DAS Ha	Laju Erosi (ton/ha/thn)	Kelas Erosi
1	D_HLKP	1979.998	38.779	Ringan
2	C_HLKP	71.505	1.400	Sangat Ringan
3	D_HLKS	2788.909	54.622	Ringan
4	C_HLKS	766.061	15.004	Ringan
5	C_PLK	348.766	6.831	Sangat Ringan
6	D_PLK	7363.957	144.227	Sedang
7	D_S	4772.752	93.477	Sedang
8	C_S	81.870	1.603	Sangat Ringan
9	C_SB	200.490	3.927	Sangat Ringan
10	D_SB	270.259	5.293	Sangat Ringan
11	C_HT	0.796	0.016	Sangat Ringan
12	D_HT	60.257	1.180	Sangat Ringan
13	C_P	72.558	1.421	Sangat Ringan
14	D_P	1672.779	32.762	Ringan
15	C_PK	509.959	9.988	Sangat Ringan
16	D_PK	4301.725	84.251	Sedang
Jumlah		25261.84	494.781527	

Berdasarkan Tabel 4.25 terdapat tiga klasifikasi kelas erosi yang tersebar di seluruh satuan lahan. Mayoritas kelas erosi pada satuan lahan DAS Tanggul termasuk dalam kelas sangat ringan dengan jumlah 9 satuan lahan namun memiliki presentase terkecil sebesar 6.40% dari total luas DAS. Sedangkan kelas erosi sedang memiliki presentase luas terbesar 65.07%. Satuan unit lahan D\_PLK merupakan satuan unit terluas dengan luas 7363.957 Ha atau 29% dari total luas dengan laju erosi 144.227 ton/ha/th pada kelas erosi sedang. Hasil rekapitulasi luas tingkat bahaya erosi metode USLE disajikan pada Tabel 4.27. Gambar peta tingkat bahaya erosi metode MUSLE dapat dilihat pada Gambar 4.6.

Tabel 4.27 Rekapitulasi Luas Berdasarkan Kelas Erosi Metode MUSLE

No	Luas DAS Ha	Luas (%)	Laju Erosi (ton/ha/thn)	Kelas Erosi
1	16438.434	65.07%	321.955	Sedang
2	7207.746	28.53%	141.167	Ringan
3	1616.460	6.40%	31.659	Sangat Ringan



Gambar 4.5 Peta Tingkat Bahaya Erosi Metode MUSLE DAS Tanggul

Erosi merupakan salah satu isu utama dalam pengelolaan DAS di Indonesia, erosi dapat menyebabkan kerusakan lingkungan hingga merenggut nyawa manusia. Oleh karena itu prediksi peta tingkat bahaya erosi diperuntukkan menanggulangi kejadian yang tidak diinginkan tersebut. Telah terjadi beberapa peristiwa erosi yang berdampak buruk bagi kehidupan manusia di daerah lokasi penelitian dalam periode tahun 2018-2022. Kumpulan peristiwa tersebut dapat dilihat lebih lanjut pada Lampiran 4.30.

#### 4.7 Perbandingan Laju Erosi dan Sedimentasi Metode USLE dan MUSLE

Berdasarkan hasil laju erosi dan sedimentasi kedua metode didapatkan perbandingan pada masing-masing metode sesuai Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Rasio Perbandingan Laju Erosi dan Sedimentasi Metode USLE dan MUSLE DAS Tanggul

Metode	Laju Sedimentasi (ton/ha/thn)	Laju Erosi (ton/ha/thn)	Perbandingan
USLE	9.047	461.791	1
MUSLE	12.593	642.814	1.39

Berdasarkan Tabel 4.28 didapatkan rasio perbandingan laju erosi dan sedimentasi metode USLE dan MUSLE DAS Tanggul adalah USLE:MUSLE sebesar 1:1.39. Perbandingan ini selaras dengan penelitian lainnya dengan metode yang sama namun pada lokasi yang berbeda. Perbandingan dengan peneliti lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29 Hasil Rasio Perbandingan metode USLE dan MUSLE Peneliti Lain

No	Peneliti, tahun	Lokasi	Laju erosi atau sedimentasi (ton/ha/thn)		Perbandingan
			USLE	MUSLE	
1	Bimbi, 2020	DAS Kalisapi Banjarnegara	561.144	623.493	1 : 0.90
2	Ridho dkk., 2022	DAS Pekalen Probolinggo	5.75	10.52	1 : 1.83
3	Nefriansyah dkk., 2017	DAS Deli Medan	1.708	2.349	1 : 1.38
4	Aprillya dkk., 2013	DAS Keduang Wonogiri	76.68	104.32	1 : 1.36
5	Amal dkk., 2021	DAS Jeneberang Sulawesi Selatan	6.56	15.92	1 : 2.43
6	Krisna dkk., 2022	Waduk Cengklik Boyolali	66,698	35,106	1.9 : 1.00

Berdasarkan peneliti lainnya yang terlampir pada Tabel 4.28 dapat disimpulkan bahwa mayoritas dari perhitungan didapatkan perbandingan MUSLE lebih besar dibandingkan USLE. Hal ini kemungkinan terjadi dikarenakan MUSLE yang memperhitungkan aliran permukaan pada erosititas, sedangkan pada metode USLE hanya menggunakan curah hujan harian saja.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Besarnya nilai laju erosi rata-rata per tahun dengan metode USLE sebesar 461.791 ton/ha/thn dengan laju terbesar pada periode 2012-2015 sebesar 549.938 ton/ha/thn dan metode MUSLE sebesar 642.814 ton/ha/thn dengan laju terbesar pada tahun 2013 sebesar 931.964 ton/ha/thn.
2. Besarnya nilai laju sedimentasi rata-rata pertahun dengan metode USLE sebesar 9.046 ton/ha/thn dengan laju terbesar pada periode 2012-2015 sebesar 10.774 ton/ha/thn dan metode MUSLE sebesar 12.593 ton/ha/thn dengan laju terbesar pada tahun 2013 sebesar 18.257 ton/ha/thn.
3. Wilayah DAS Tanggul Kabupaten Jember didominasi oleh kelas bahaya erosi sedang (60-180 ton/ha/thn) pada perhitungan kedua metode. Metode USLE dengan rata-rata laju erosi kelas sedang sebesar 229.610 ton/ha/thn seluas 16438.434 ha (65.07%) dan metode MUSLE dengan rata-rata laju erosi kelas sedang sebesar 321.955 ton/ha/thn seluas 16438.434 ha (65.07%).

### 5.2 Saran

Saran kepada penelitian kedepannya dapat menggunakan metode lain (RUSLE, GUEST, dll.) sebagai perbandingan dalam perhitungan laju erosi dan sedimentasi. Erosivitas USLE menggunakan rumus lain seperti Lenvain, dan MUSLE menggunakan metode Haspers, Rasional, Gamma, dll. Gunakan rumus jika data lengkap, kurangi ketergantungan pada data dari peta. Cari sumber data selain KLHK untuk parameter tutupan lahan yang lebih spesifik. Tingkatkan akurasi analisis dengan kalkulasi sedimentasi langsung pada DAS Tanggul dan bandingkan dengan hasil prediksi sedimentasi sebelumnya.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Arsyad, S. (1989). *Konservasi Tanah & Air*. IPB Press.
- Asdak, C. (2010). *Hidrologi dan Pengolahan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press.
- BAPPENAS. (2012). *Analisa perubahan penggunaan lahan di ekosistem das dalam menunjang ketahanan air dan ketahanan pangan*. 361.
- Boyce, R. C. (1975). Sediment Routing with Sediment-Delivery Ratios. In *Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yield and Sources* (p. 61). Agricultural Research Service U.S. Department of Agriculture.
- Hasibuan, M. N., Tarigan, A. P. M., Irwandi, H., & Irsan, M. (2017). *Analisa Erosi dan Sedimentasi dengan Menggunakan Metode USLE dan MUSLE pada Kawasan Daerah Aliran Sungai Deli*.
- Kamiana, I. M. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Graha Ilmu.
- Kironoto, B. A., Yulistiuanto, B., & Olii, M. R. (2021). *Erosi dan Konservasi Lahan* (Siti, Ed.). Gadjah Mada University Press.
- Koei, N., & Yachiyo. (2007). *Studi Penganganan Sedimentasi Waduk Serbaguna Wonogiri Republik Indonesia*.
- Krisnayanti, D. S. (2018). Pendugaan Erosi dan Sedimentasi Menggunakan Metode USLE dan MUSLE Pada DAS Noel-Puames. In *Jurnal Teknik Sipil: Vol. VII* (Issue 2).
- NASA. (2020). *Global Hydrologic Soil Groups (HYSOGs250m) for Curve Number-Based Runoff Modeling*. Earth Data. <https://www.earthdata.nasa.gov/>
- Putri, D. A., Sholichin, Moh., & Sisinggih, D. (2022). Studi Pendugaan Erosi dan Sedimentasi Menggunakan Metode USLE dan MUSLE di Waduk Krisak Kabupaten Wonogiri. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 3, 124–136.

- Sari, L., Nasjono, J. K., & Rizal, A. H. (2020). Perkiraan Sedimentasi Menggunakan Metode USLE di Bendungan Rotiklot. *Jurnal Teknik Sipil*, IX(1).
- Solichah, Z. (2020). *Lima Desa Sekitar DAS Tanggul Jember Rawan Banjir*.
- Sridayanti, I. (2008). *Pendugaan Sedimentasi dengan Metode MUSLE (Modification of Universal Soil Loss Equation) di Situ Cikaret-Cibinong, Bogor*. Institut Pertanian Bogor.
- Suripin. (2002). *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Andi Offset.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Peroktaan yang Berkelanjutan*. Andi Offset.
- Triatmodjo, B. (2010). *Hidrologi Terapan*. Beta Offset.
- Utomo, W. H. (1994). *Erosi dan Konservasi Tanah*. IKIP Malang.
- Williams, J. R. (1975). Sediment-yield prediction with Universal Equation using runoff energy factor. *Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yield and Sources*, 244–252.
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. In *United States Department of Agriculture* (Vol. 26, Issue 12).

LAMPIRAN

