



**ANALISIS SEDIMENTASI MENGGUNAKAN METODE *MODIFIED OF*
UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION TERINTEGRASI GIS
DI DAS MAYANG**

SKRIPSI

Oleh

**ADITYA PANDU PRATAMA
191710201069**

**KEMETERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN
TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
JEMBER
2023**



**ANALISIS SEDIMENTASI MENGGUNAKAN METODE *MODIFIED OF*
UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION TERINTEGRASI GIS
DI DAS MAYANG**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana pada
program studi Teknik Pertanian.*

SKRIPSI

Oleh

**ADITYA PANDU PRATAMA
191710201069**

**KEMETERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN
TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
JEMBER
2023**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Ibu Yosefa Suminar. Saya ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepadanya, karena telah memberikan banyak dukungan, nasehat, dan doa yang senantiasa dipanjatkan pada Allah SWT guna kelancaran pendidikan saya. Terimakasih juga telah menjadi ibu yang sabar, sangat peduli dan perhatian terhadap kehidupan saya saat berkuliah.
2. Ayah Rakhmat Dwi Handoyo. Saya ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas kerja keras yang telah dilakukannya selama bertahun-tahun untuk memberikan saya dan keluarga kehidupan yang lebih baik. Terimakasih juga telah memberikan banyak dukungan, nasehat, dan doa yang senantiasa dipanjatkan pada Allah SWT guna kelancaran pendidikan saya.
3. Adik Andika Panji Bramantyo. Saya sangat bangga memiliki adik yang sangat baik, saleh dan dapat menjadi teladan. Terimakasih karena telah menjadi teman bercerita saya. Saya akan selalu mendukungmu dan mendoakan yang terbaik untukmu.
4. Keluarga besar dan semua orang yang selama ini memberikan semangat dan dorongan serta mendoakan kesuksesan saya.
5. Guru sejak TK, SD, SMP, SMA, dan dosen-dosen di perguruan tinggi serta dosen pembimbing dan dosen penguji saya yang tidak pernah lelah dan sabar memberikan bimbingan atau arahan kepada saya dan telah memberikan ilmu dengan penuh keikhlasan.
6. Teman dan sahabat yang turut membantu dan memberikan semangat semasa perkuliahan dan penulisan skripsi ini. Terimakasih karena telah menjadi tempat bercerita dan berkeluh kesah selama saya berkuliah.
7. Kepada seluruh dosen, staf pengajar, dan administrasi Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember
8. Almamater tercinta Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

MOTTO

“Alon alon waton kelakon”

(Peribahasa Jawa)

“Fall seven times, stand up eight”

(Japanese Proverb)

“Maka sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya
sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(QS Al-Insyirah: 5-6)



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Aditya Pandu Pratama

NIM : 191710201069

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “*Analisis Sedimentasi Menggunakan Metode Modified Of Universal Soil Loss Equation Terintegrasi GIS di DAS Mayang*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi 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 di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 24 Juli 2023

Yang menyatakan,

(tanda tangan)

(Meterai Rp 10.000,00)

Aditya Pandu Pratama
NIM 191710201069

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul *Analisis Sedimentasi Menggunakan Metode Modified Of Universal Soil Loss Equation Terintegrasi GIS di DAS Mayang* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada:

Hari :
Tanggal :
Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Tanda Tangan

Pembimbing

1. Pembimbing Utama

Nama : Dr. Eng. Idah Andriyani, S.TP., M.T., IPM (.....)
NIP : 197603212002122001

Penguji

1. Penguji Utama

Nama : Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T., IPM. (.....)
NIP : 197211301999032001

2. Penguji Anggota 1

Nama : Sutarsi S.TP., M.Sc. IPM. (.....)
NIP : 198109262005012002

ABSTRAK

Banjir dan tanah longsor yang terjadi di Daerah Aliran Sungai (DAS) Mayang berakibat terjadinya potensi erosi yang menyebabkan sedimentasi pada wilayah sekitar DAS Mayang. Diperlukan hasil analisis sedimentasi untuk bahan mitigasi potensi terjadinya bencana banjir dan tanah longsor. Penelitian ini bertujuan menganalisis laju sedimentasi pada DAS Mayang dalam kurun waktu 2011-2020. Pada penelitian ini analisis sedimentasi menggunakan metode *Modified of Univeral Soil Loss Equation (MUSLE)* yang terintegrasi dengan *GIS (Geographic Information System)*. Metode *MUSLE* menggunakan *Polygon Thiessen* untuk menentukan curah hujan maksimum, lalu dilakukan pengujian distribusi probabilitas *Gumbel* dan uji *Chi-Square* dilanjutkan dengan menghitung debit menggunakan metode *Melchior* dan volume limpasan permukaan dengan metode *SCS (Soil Conservation Service)*, dan terakhir menganalisis faktor erodibilitas tanah (K), faktor panjang dan kemiringan lereng (LS), dan faktor pengelolaan tanaman dan tindakan konservasi (CP) menggunakan *GIS*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa laju sedimentasi pada DAS Mayang pada tahun 2011-2020 termasuk dalam klasifikasi baik dengan nilai laju sedimentasi sebesar 1,83 ton/ha/tahun. Nilai laju sedimentasi ini berbanding lurus dengan nilai curah hujan maksimum. Semakin besar nilai curah hujan maksimum, maka semakin besar nilai laju sedimentasi.

Kata kunci: Daerah Aliran Sungai, Sedimentasi, *MUSLE*, *GIS*.

ABSTRACT

Floods and landslides that occurs in the Mayang Watershed result in potential erosion that causes sedimentation in the area around the Mayang Watershed. Sedimentation analysis results are needed to mitigate the potential for floods and landslides. This study aims to analyze the sedimentation rate in the Mayang watershed in the 2011-2020 period. In this research, sedimentation analysis uses the Modified of Univeral Soil Loss Equation (MUSLE) that is integrated with GIS (Geographic Information System). The MUSLE method uses Thiessen Polygon to determine the maximum rainfall, then Gumbel probability distribution test and Chi-Square test, followed by calculating discharge using Melchior method and surface runoff volume using SCS (Soil Conservation Service) method, and finally analyzing soil erodibility factor (K), length and slope factor (LS), and plant management factor and conservation measures (CP) using GIS. The results of this study show that the sedimentation rate in the Mayang watershed in 2011-2020 is included in the good classification with a sedimentation rate value of 1.83 tons/ha/year. The sedimentation rate value is directly proportional to the maximum rainfall value. The greater the maximum rainfall value, the greater the sedimentation rate value.

Keywords: Watershed, Sedimentation, MUSLE, GIS.

RINGKASAN

Analisis Sedimentasi Menggunakan Metode *Modified of Universal Soil Loss Equation* Terintegrasi GIS di DAS Mayang; Aditya Pandu Pratama, 191710201069; 2023; Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Daerah Aliran Sungai (DAS) Mayang merupakan salah satu DAS terbesar di Kabupaten Jember. Keberadaan DAS Mayang justru menimbulkan masalah seperti banjir dan tanah longsor. Banjir dan tanah longsor yang terjadi disebabkan oleh alih fungsi lahan dari hutan menjadi lahan pertanian, yang menyebabkan menurunnya fungsi hutan sebagai wilayah serapan dan tangkapan air hujan dan secara otomatis air hujan akan mengalir di permukaan dan akan berakibat terjadinya potensi erosi yang menyebabkan sedimentasi pada wilayah sekitar DAS. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi besarnya nilai sedimentasi yang terjadi dalam periode tahun 2011 sampai tahun 2020 di DAS Mayang dengan menggunakan metode *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE) yang terintegrasi GIS (*Geographic Information System*). Metode *MUSLE* menggunakan *Polygon Thiessen* untuk menentukan curah hujan maksimum, lalu dilakukan pengujian distribusi probabilitas *Gumbel* dan uji *Chi-Square* dilanjutkan dengan menghitung debit menggunakan metode *Melchior* dan volume limpasan permukaan dengan metode *SCS* (*Soil Conservation Service*), dan terakhir menganalisis faktor erodibilitas tanah (*K*), faktor panjang dan kemiringan lereng (*LS*), dan faktor pengelolaan tanaman dan tindakan konservasi (*CP*) menggunakan *GIS*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa laju sedimentasi pada DAS Mayang pada tahun 2011-2020 termasuk dalam klasifikasi baik dengan nilai laju sedimentasi sebesar 1,83 ton/ha/tahun. Nilai laju sedimentasi ini berbanding lurus dengan nilai curah hujan maksimum. Semakin besar nilai curah hujan maksimum, maka semakin besar nilai laju sedimentasi.

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *“Analisis Sedimentasi Menggunakan Metode Modified Of Universal Soil Loss Equation Terintegrasi GIS di DAS Mayang”*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak baik motivasi, semangat, nasihat, dorongan, kasih sayang, kritik dan saran yang membangun. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua saya Ibu Yosefa Suminar dan Bapak Rakhmat Dwi Handoyo yang memberikan motivasi dan doa untuk menyelesaikan skripsi ini;
2. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M. Eng., IPM. selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
3. Dr. Eng. Idah Andriyani, S. TP., M.T., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Pertanian dan Dosen Pembimbing Utama (DPU) atas kesabaran dalam memberikan arahan serta motivasi selama pelaksanaan penititan dan penyusunan skripsi;
4. Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T., IPM., selaku dosen penguji utama dan Sutarsi S.TP., M.Sc. IPM. selaku penguji anggota yang telah memberikan saran dan masukan untuk memperbaiki skripsi ini;
5. Dr. Eng. Idah Andriyani, S. TP., M.T., IPM. selaku Dosen Pembimbing Akademik (DPA) yang memberikan saran dan semangat selama masa studi;
6. Seluruh dosen beserta staf karyawan di lingkungan Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, dukungan dan bantuan dalam penyelesaian penelitian dan penyusunan skripsi;
7. Adik tersayang Andika Panji Bramantyo yang memberikan selalu semangat untuk menyelesaikan skripsi ini tepat waktu;

8. Kekasih saya Nindya Citra Utami yang telah memberikan banyak dukungan, doa, dan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
9. Teman-teman angkatan 2019 terutama dari kelas TEP B yang telah banyak memberi semangat dan dukungan kepada penulis;
10. Teman-teman tim MUSLE (Zaedan Maulana dan Zidan Ahmad Nabil) yang telah memberi motivasi dan tempat berbagi pikiran mengenai skripsi ini;
11. Teman-teman Kos Putra Hoky (Wahyu Ardiansah, Bagoes Hartana, dan Irfan Maulana) yang telah menemani keseharian saya dan menjadi tempat bercerita;
12. Teman-teman Perkopian yang banyak memberikan motivasi, dan dukungan selama masa penelitian dan penyusunan skripsi;
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis berharap skripsi ini dapat menambah ilmu bagi penulis dan pembaca serta dapat menjadi referensi pengembangan ilmu pengetahuan kedepannya. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, sehingga dibutuhkan masukan, saran, dan kritik yang membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan untuk pengembangan selanjutnya.

Jember, 24 Juli 2023
Yang menyatakan,

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	ii
PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN TEORI.....	4
2.1 Sedimentasi	4
2.2 Metode MUSLE (<i>Modified Universal Soil Loss Equation</i>).....	4
2.2.1 Erodibilitas Tanah (K).....	5
2.2.2 Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS).....	5
2.2.3 Faktor Pengelolaan Tanaman dan Tindakan Konservasi (CP)	6
2.2.4 Rerata Curah Hujan Daerah Metode Poligon Thiessen	6
2.2.5 Distribusi Probabilitas Gumbel.....	7
2.2.6 Uji Distribusi Probabilitas <i>Chi-Square</i>	8
2.2.7 Perhitungan Debit Puncak (Q_p) Menggunakan Metode <i>Melchior</i>	9
2.2.8 Perhitungan Volume Limpasan Permukaan (V_q)	11

2.2.9	Prediksi Hasil Sedimen	12
2.3	GIS (<i>Geographic Information System</i>)	13
BAB 3.	METODE PENELITIAN	14
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	14
3.3	Prosedur Penelitian	15
3.3.1	Pengumpulan Data Penelitian	16
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1	Keadaan Umum Lokasi Penelitian	17
4.2	Erodibilitas Tanah (K)	17
4.3	Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)	19
4.4	Pengelolaan Tanaman dan Tindakan Konservasi (CP)	20
4.5	Pengolahan Data Curah Hujan Maksimum	22
4.6	Analisis Distribusi Probabilitas Gumbel	24
4.7	Analisis Uji Distribusi Probabilitas <i>Chi-Square</i>	25
4.8	Perhitungan Debit Puncak (Qp) Menggunakan Metode <i>Melchior</i>	26
4.9	Perhitungan Volume Limpasan Permukaan (V_q)	26
4.10	Analisis Laju Sedimentasi	31
BAB 5.	PENUTUP	34
4.1	Kesimpulan	34
5.2	Saran	34
DAFTAR PUSTAKA		35
LAMPIRAN		38

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat dan bahan penelitian.....	14
Tabel 4.1 Nilai erodibilitas tanah (K) di DAS Mayang	18
Tabel 4.2 Nilai panjang dan kemiringan (LS) DAS Mayang.....	20
Tabel 4.3 Nilai Faktor CP DAS Mayang	21
Tabel 4.4 Persebaran luasan <i>thiessen</i> setiap stasiun hujan.....	23
Tabel 4.5 Curah hujan rerata daerah metode <i>Polygon Thiessen</i>	24
Tabel 4.6 Parameter Statistik untuk Distribusi Probablilitas Gumbel	24
Tabel 4.7 Perhitungan Curah Hujan Rancangan Distribusi Gumbel	25
Tabel 4.8 Hasil Uji Chi Square Distribusi Gumbel.....	25
Tabel 4.9 Perhitungan nilai debit puncak (Qp)	26
Tabel 4.10 Perhitungan nilai kedalaman hujan efektif (Pe).....	30
Tabel 4.11 Perhitungan nilai volume limpasan (Vq)	30
Tabel 4.12 Perhitungan hasil sedimen di DAS Mayang	31
Tabel 4.13 Klasifikasi tingkat sedimentasi	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perhitungan luas elips (F) metode <i>Melchior</i>	10
Gambar 3.1 Lokasi penelitian	14
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.....	15
Gambar 4.1 Peta persebaran stasiun hujan DAS Mayang.....	17
Gambar 4.2 Peta Erodibilitas tanah DAS Mayang.....	18
Gambar 4.3 Peta panjang dan kemiringan lereng DAS Mayang	19
Gambar 4.4 Peta pengelolaan tanaman dan tindakan konservasi DAS Mayang ..	21
Gambar 4.5 Peta <i>thiessen</i> stasiun hujan DAS Mayang	22
Gambar 4.6 Peta penutupan lahan berdasarkan jenis tanah DAS Mayang	27
Gambar 4.7 Perbandingan hasil sedimen dengan curah hujan di DAS Mayang ..	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Nilai erodibilitas tanah (K) berdasarkan jenis tanah	38
Lampiran 2. Klasifikasi kemiringan lereng.....	38
Lampiran 3. Parameter CP pada berbagai jenis penggunaan lahan	38
Lampiran 4. Nilai <i>Reduce Standart Deviation</i> (S_n) dan <i>Reduced Mean</i> (Y_n).....	39
Lampiran 5. Nilai <i>Reduced Variate</i> (Y_t)	39
Lampiran 6. Nilai <i>CN</i> untuk beberapa tataguna lahan	39
Lampiran 7. Nilai parameter <i>Chi-Square</i> kritis χ^2_{cr} (uji satu sisi)	40
Lampiran 8. Klasifikasi tanah secara hidrologi berdasarkan tekstur tanah.....	41
Lampiran 9. Persentase β_2 menurut <i>Melchior</i>	41
Lampiran 10. Perkiraan intensitas hujan harian menurut <i>Melchior</i>	41
Lampiran 11. Penambahan persentase <i>Melchior</i>	42
Lampiran 12. Perhitungan distribusi probabilitas Gumbel	42
Lampiran 13. Perhitungan Uji <i>Chi-Square</i>	43
Lampiran 14. Perhitungan debit puncak (Q_p) metode <i>Melchior</i>	45
Lampiran 15. Rekap Curah Hujan Maximum Tahunan.....	49

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Jember memiliki 33 Daerah Aliran Sungai (DAS) dan terdapat 3 DAS yang memiliki cakupan paling luas diantara lainnya. Menurut data yang dirilis oleh BPBD Kabupaten Jember pada tahun 2007-2015 keberadaan DAS tersebut justru menimbulkan beberapa masalah bagi Kabupaten Jember, masalah yang sering terjadi yaitu bencana banjir dan tanah longsor, dimana potensi terbesar bencana tersebut terjadi pada DAS Mayang. Banjir dan tanah longsor yang terjadi diakibatkan oleh alih fungsi lahan dari hutan menjadi lahan pertanian, tentunya hal ini akan menurunkan fungsi hutan sebagai wilayah serapan dan tangkapan air hujan dan secara otomatis air hujan akan mengalir di permukaan dan akan berakibat terjadinya potensi erosi yang menyebabkan sedimentasi pada wilayah sekitar DAS.

Erosi merupakan fenomena geologi alam berupa kehilangan partikel tanah akibat adanya energi yang dimiliki air atau angin. Tanah atau bagian tanah yang terbawa oleh air dari suatu tempat terjadinya erosi pada suatu DAS dan masuk ke dalam badan air secara umum disebut sedimen (Arsyad, 2012). Pada prosesnya sedimen nantinya akan terbawa oleh arus air dan menyebabkan terjadinya proses sedimentasi. Sedimentasi merupakan proses terlepasnya butiran tanah dari induknya di suatu tempat dan terangkutnya material tersebut oleh gerakan air atau angin kemudian diikuti dengan pengendapan material yang terangkut di tempat lain (Sarimai, 2017). Sedimentasi mengakibatkan pendangkalan pada sungai dan kedalaman sungai menjadi berkurang. Permasalahan sedimentasi tersebut dapat diminimalisir dengan melakukan analisis prediksi nilai sedimentasi, salah satu metode yang dapat digunakan yaitu metode MUSLE (*Modification of Universal Soil Loss Equation*).

Menurut Williams (1975) bahwa metode MUSLE merupakan modifikasi dari metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*). Modifikasi yang dilakukan, yaitu mengganti faktor erosivitas hujan (R) dengan faktor aliran yang menggunakan volume limpasan permukaan (V_q) dan debit puncak (Q_p) metode *Melchior*. Menurut Wischmeier dan Smith (1978), kekurangan metode USLE adalah tidak

dapat memprediksi pengendapan dan tidak memperhitungkan hasil sedimen dari erosi parit, tebing sungai dan dasar sungai tetapi bentuk erosi yang dapat diprediksi adalah erosi lembar atau alur. Metode MUSLE digunakan karena dapat digunakan untuk menghitung nilai laju sedimentasi, dapat memperkirakan erosi tahunan, dan menjelaskan proses penting dalam proses hidrologi. Penggunaan metode MUSLE diintegrasikan dengan GIS (*Geographical Information System*) yang berfungsi sebagai pengolah data spasial yang digunakan dalam metode MUSLE dan kemudian dapat digunakan untuk memprediksi sedimentasi pada DAS.

Berkaitan dengan latar belakang dan identifikasi dari permasalahan diatas, maka diperlukan adanya penelitian mengenai analisis sedimentasi menggunakan metode MUSLE terintegrasi GIS (*Geographical Information System*). Diharapkan dari hasil analisis nilai sedimentasi didapatkan faktor yang mempengaruhi perubahan hasil sedimentasi tiap tahun dan hasil analisis sedimentasi dapat digunakan untuk bahan mitigasi potensi terjadinya bencana banjir dan tanah longsor yang berpotensi terjadi di DAS Mayang.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berapakah laju sedimentasi yang terjadi dalam periode tahun 2011 sampai tahun 2020 di DAS Mayang dengan menggunakan metode *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE)?
2. Bagaimana kondisi DAS Mayang berdasarkan klasifikasi laju sedimentasi?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Lokasi penelitian dilakukan di DAS Mayang dengan 16 stasiun hujan (Suren, Ledokombo, Sumber Jati, Silo, Seputih, Karang Kedawung, Tempurejo, Pakusari, Jenggawah, DAM Talang, Karanganyar, Sanenrejo, Jatimulyo, Sumberejo, Kesilir Timur, dan Sabrang) yang dilewati oleh aliran sungai utama Mayang.
2. Analisis nilai sedimentasi menggunakan metode *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE).

3. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan 10 tahun dari tahun 2011 sampai tahun 2020.
4. Data yang menampilkan peta jenis tanah (K), peta panjang dan kemiringan lereng (LS), peta pengelolaan tanaman dan tindakan konservasi (CP) dengan asumsi tidak ada perubahan yang terjadi setiap tahun, karena data setiap tahun sama.
5. Debit puncak yang dihitung dengan menggunakan metode *Melchior*.
6. Nilai sedimentasi yang diperhitungkan adalah di DAS Mayang pada tahun 2011 – 2020.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi laju sedimentasi yang terjadi dalam periode tahun 2011 sampai tahun 2020 di DAS Mayang dengan menggunakan metode *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE).
2. Mengidentifikasi kondisi DAS Mayang berdasarkan klasifikasi laju sedimentasi.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi IPTEK, dapat dijadikan sebagai referensi penelitian selanjutnya yang menggunakan metode kombinasi MUSLE dan GIS.
2. Bagi pemerintah, khususnya di bidang penanggulangan bencana alam dapat digunakan sebagai bahan mitigasi potensi terjadinya bencana banjir dan tanah longsor, dengan melihat perubahan nilai sedimentasi dan faktor yang mempengaruhi hasil sedimentasi tiap tahunnya.
3. Bagi masyarakat, dapat digunakan sebagai informasi tentang faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya sedimentasi.

BAB 2. TINJAUAN TEORI

2.1 Sedimentasi

Sedimen adalah hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Tanah dan bagian-bagian tanah yang terangkut oleh air dari suatu tempat yang mengalami erosi pada suatu daerah aliran sungai (DAS) dan masuk ke dalam suatu badan air secara umum disebut sedimen. Sedimen umumnya mengendap di bagian bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di saluran air, sungai, dan waduk. Hasil sedimen adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu (Asdak, 2020).

Menurut Andriyani (2019) bahwa erosi yang terjadi secara terus menerus dengan intensitas hujan tinggi dan topografi curam dapat menyebabkan terjadinya sedimentasi. Sedimentasi merupakan proses terlepasnya butiran tanah dari induknya di suatu tempat dan terangkutnya material tersebut oleh gerakan air atau angin kemudian diikuti dengan pengendapan material yang terangkut di tempat lain (Sarimai, 2017). Sedimentasi merupakan masalah yang sering terjadi pada sungai. Ketika aliran tidak bisa mengangkut sedimen, maka sedimen tersebut akan diendapkan pada tempat tempat tertentu. Pengendapan sedimen dapat juga menyebabkan tingginya potensi banjir. Dampak lain yang ditimbulkan dari terjadinya sedimentasi adalah degradasi sungai, naiknya tinggi muka air sungai dan pendangkalan sungai yang disebabkan oleh pengendapan sedimen di dasar sungai. Penyebab dari sedimentasi adalah perubahan tata guna lahan ataupun erosi yang dilakukan oleh sungai itu sendiri (Cahyani dkk., 2021).

2.2 Metode MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*)

Menurut William (1975) di dalam Suripin (2014), metode MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) merupakan metode yang hasil dari melakukan modifikasi metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) dengan mengganti faktor erosivitas hujan (R) dengan faktor aliran yang menggunakan volume limpasan permukaan (V_q) dan debit puncak (Q_p) metode *Melchior*. MUSLE merupakan metode yang dikembangkan oleh Williams, J. R. pada tahun

1975. Metode MUSLE merupakan pengembangan atau modifikasi dari metode USLE dimana *rainfall-runoff* sebagai basis persamaan MUSLE. Jika metode USLE digunakan untuk mencari nilai erosi, lain halnya dengan metode MUSLE yang digunakan untuk mencari nilai sedimentasi. Mengingat bahwa rasio pengangkutan sedimen tidak tetap dan besarnya bervariasi dari suatu tempat ke tempat lain. Metode ini kemudian ditetapkan sebagai Modifikasi USLE (MUSLE), yang sudah memperhitungkan baik erosi maupun pergerakan sedimen pada DAS berdasar pada kejadian hujan tunggal (*single event*). Faktor lain yang mempengaruhi sedimentasi pada metode MUSLE, yaitu faktor erodibilitas tanah (K), faktor kemiringan dan panjang lereng (LS), faktor pengelolaan tanaman dan tindakan konservasi (CP).

2.2.1 Erodibilitas Tanah (K)

Menurut Asdak (2020) bahwa erodibilitas tanah atau faktor (K) merupakan kehilangan tanah per satuan luas untuk indeks erosivitas tertentu. Erodibilitas tanah (K) dapat diartikan juga sebagai tingkat ketahanan tanah terhadap percikan air hujan. Besarnya erodibilitas tanah dipengaruhi oleh sifat-sifat tanah. Karena sifat tanah dapat mempengaruhi laju infiltrasi, permeabilitas, kapasitas menahan air, dan juga mempengaruhi ketahanan struktur tanah terhadap dispersi dan pengikisan oleh butir-butir hujan yang jatuh dan aliran permukaan (Arsyad, 2012).

Penentuan klasifikasi nilai tanah (K) dapat menggunakan klasifikasi nilai erodibilitas tanah (K) berdasarkan peta jenis tanah sesuai dengan ketentuan yang sudah ditetapkan dan dapat dilihat pada Lampiran 1.

2.2.2 Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Menurut Arsyad (2012) bahwa faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) merupakan faktor yang dihitung dari tempat mulai terjadinya aliran air diatas permukaan tanah sampai ke tempat mulai terjadinya pengendapan yang disebabkan oleh berkurangnya kemiringan lereng. Pada umumnya, semakin curam dan panjang suatu lereng dengan intensitas hujan yang tinggi, maka semakin meningkat pula erosi yang terjadi. Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) merupakan faktor yang penting dalam sebuah aliran permukaan dan terjadinya peristiwa erosi (Arsyad, 2012).

Dalam menganalisis faktor LS, diperlukan analisis spasial menggunakan data DEM (*Digital Elevation Model*). Nilai faktor LS didapatkan dengan cara menggunakan ArcGIS dan memanfaatkan fitur *Slope* dan fitur arah aliran (*Flow Accumulation*). Setelah mendapatkan nilai faktor LS, maka nilai tersebut dapat diklasifikasikan termasuk dalam kondisi kemiringan lereng yang datar atau curam. Berikut ini merupakan klasifikasi kemiringan lereng yang disajikan dalam beberapa kelas dan dapat dilihat pada Lampiran 2.

2.2.3 Faktor Pengelolaan Tanaman dan Tindakan Konservasi (CP)

Menurut Asdak (2020) bahwa faktor pengelolaan tanaman (C) adalah keseluruhan pengaruh dari vegetasi, seresah, kondisi permukaan tanah dan pengelolaan lahan terhadap besarnya tanah yang hilang akibat erosi. Sedangkan, faktor tindakan konservasi (P) adalah rasio antara tanah tererosi rata-rata dari lahan yang diolah tanpa tindakan konservasi, dengan catatan faktor-faktor penyebab erosi yang lain diasumsikan tidak berubah. Faktor CP merupakan gabungan dari faktor pengelolaan tanaman (C), dan faktor tindakan konservasi (P). Faktor CP dapat mempengaruhi proses terjadinya erosi, dengan cara mengurangi jumlah dan laju limpasan dapat mengubah pola aliran dan arah dari limpasan permukaan (Devatha dkk., 2015).

Faktor CP dapat disebut juga sebagai tata guna lahan. Dalam menentukan nilai faktor CP dapat menggunakan peta tata guna lahan yang digunakan untuk mengetahui kondisi pemanfaatan lahan di wilayah penelitian. Peta tata guna lahan yang digunakan adalah peta Rupa Bumi Indonesia (RBI). Parameter nilai faktor CP dapat ditentukan berdasarkan penelitian di Jawa dapat dilihat pada Lampiran 3.

2.2.4 Rerata Curah Hujan Daerah Metode Poligon Thiessen

Menurut Fauzi dkk., (2012) bahwa analisis frekuensi adalah prosedur memperkirakan frekuensi suatu kejadian pada masa lalu atau masa yang akan datang. Analisis frekuensi bertujuan untuk mengetahui hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan uji distribusi probabilitas/kemungkinan. Analisis frekuensi dapat dilakukan dengan seri data yang diperoleh dari rekaman data baik data hujan maupun data debit (Harto, 1993).

Analisis ini sering dianggap cara analisis yang paling baik, karena dilakukan

terhadap data yang terukur langsung yang tidak melewati pengalihragaman terlebih dahulu.

Terdapat beberapa metode yang bisa digunakan untuk menghitung rerata curah hujan, salah satunya adalah metode *Polygon Thiessen*. Metode *Polygon Thiessen* dikenal sebagai metode *Voronoi* atau metode poligon persaingan, adalah metode yang digunakan untuk membagi suatu wilayah menjadi poligon-poligon diskrit berdasarkan jarak terdekat antara titik-titik yang ada di dalam wilayah tersebut. Perhitungan curah hujan harian maksimum tahunan dengan metode *Polygon Thiessen* adalah sebagai berikut.

$$R = K_{tx} \cdot R_x \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

R = curah hujan daerah (mm)

K_{tx} = koefisien Thiessen di stasiun x

R_x = curah hujan di stasiun x

2.2.5 Distribusi Probabilitas Gumbel

Pada analisis frekuensi data debit atau data hujan untuk memperoleh nilai debit rencana atau hujan rencana dibutuhkan distribusi probabilitas kontinu. Distribusi probabilitas kontinu yang digunakan adalah Gumbel. Perhitungan rerata curah hujan dan standar deviasi dapat dilihat pada Lampiran 4. Distribusi Gumbel umumnya digunakan untuk analisis data maksimum, misal untuk analisis frekuensi banjir (Soewarno, 2014). Dalam perhitungan hujan rencana berdasarkan distribusi Gumbel dapat digunakan jika datanya berupa data sampel (populasi terbatas) sesuai dengan persamaan berikut.

Perhitungan rerata curah hujan dan standar deviasi

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

$\bar{x}$ = Nilai rata-rata dari data hujan (X) mm

S = Standar deviasi dari data hujan (X) mm

n = Banyaknya data pengamatan

X_i = Curah hujan ke- i (mm)

Perhitungan Distribusi Gumbel

$$R_t = \bar{X} + S \times K \dots\dots\dots (2.4)$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$Y_t = -\ln - \ln \frac{T_r - 1}{T} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

R_t = Hujan rencana dengan periode ulang T tahun

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata dari data hujan (X) mm (Persamaan 2.2)

S = Standar deviasi dari data hujan (X) mm (Persamaan 2.3)

n = Banyaknya data pengamatan

X_i = Curah hujan ke- i (mm)

K = Faktor frekuensi Gumbel

Y_t = *Reduce variate*, menggunakan tabel dapat dilihat pada Lampiran 5.

S_n = *Reduce standard*, menggunakan tabel dapat dilihat pada Lampiran 4.

Y_n = *Reduce mean*, menggunakan tabel dapat dilihat pada Lampiran 4.

2.2.6 Uji Distribusi Probabilitas *Chi-Square*

Menurut Soewarno (2014) bahwa untuk menentukan kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter. Untuk keperluan analisis uji kecocokan digunakan metode statistik, yaitu Uji *Chi-Square*. Uji *Chi-Square* dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Uji *Chi-Square* ditentukan berdasarkan persamaan berikut.

Perhitungan Uji *Chi-Square*

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

χ^2 = Parameter *Chi-Square* terhitung

E_f = Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya

O_f = Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama

n = Jumlah sub kelompok

Derajat nyata atau derajat kepercayaan (α) tertentu yang digunakan adalah 5%.

Derajat kebebasan (Dk) dihitung dengan persamaan:

$$Dk = K - (p + 1) \dots\dots\dots (2.8)$$

$$K = 1 + 3,3 \text{ Log } n \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

k = Derajat kebebasan

p = Banyaknya parameter, uji *Chi-Square* adalah 2

K = Jumlah kelas distribusi

n = Banyaknya data

Selanjutnya memastikan bahwa uji *Chi-Square* berhasil dengan menghitung nilai parameter *Chi-Square* terhitung lebih kecil dari nilai parameter *Chi-Square* kritis dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$X^2 < X_{cr}^2 \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

X^2 = parameter *Chi-Square* terhitung

X_{cr}^2 = parameter *Chi-Square* kritis dapat dilihat pada Lampiran 7.

2.2.7 Perhitungan Debit Puncak (Q_p) Menggunakan Metode *Melchior*

Debit puncak dapat ditentukan dengan menggunakan Metode *Melchior*.

Metode *Melchior* digunakan untuk perhitungan debit puncak dengan luas tangkapan (catchment area) 100 km² (Sartika Ka'u Soekarno dan Mangangka, 2016). Untuk perhitungan debit banjir *Melchior* menganjurkan koefisien aliran sebesar 0,52 (Soewarno, 1991). Metode *Melchior* dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut.

Perhitungan debit *Melchior*

$$Q_p = 0,52 \times I \times A \times \frac{Rt}{200} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

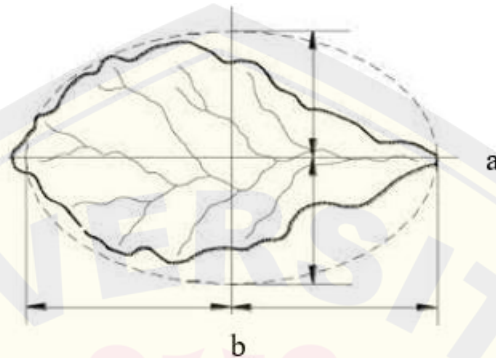
Q_p = Debit puncak (m³/s)

I = Intensitas hujan ($\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$)

A = Luas Daerah Aliran Sungai (km^2)

R_t = curah hujan rancangan (mm/hari)

Persamaan yang digunakan untuk menentukan luas elips *Melchior* (F), Kemiringan rata rata sungai (S), dan β_1 .



Gambar 2.1 Perhitungan luas elips (F) metode *Melchior*

$$F = \frac{1}{4} \pi a \times b \dots\dots\dots (2.12)$$

$$S = \frac{H}{0,9 L} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$F = \frac{1970}{\beta_1 - 0,12} - 3960 + (1720 \times \beta_1) \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan:

F = Luas elips *Melchior* (F) yang mengelilingi daerah aliran sungai dengan sumbu panjang a tidak lebih dari 1,5 kali pendek b

S = kemiringan rata rata sungai

H = beda tinggi antara tinggi titik pengamatan dan titik terjauh sungai

β_1 = koefisien reduksi

Persamaan yang digunakan untuk menghitung debit (Q), kecepatan (V), selang waktu (t_c) dan intensitas hujan (I_2).

$$Q = \beta_1 \times I_1 \times A \dots\dots\dots (2.15)$$

$$V = 1,31 \times (Q \times S^2)^{0,2} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$t_c = \frac{10 \times L}{36 \times V} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$I_2 = \frac{10 \times \beta_2 \times R^{24}}{36 \times t_c} \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan:

V = kecepatan rata rata aliran (m/detik)

T_c = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang sungai utama (km)

Kedua intensitas yakni intensitas coba (I_1) dan intensitas hitung (I_2) dibandingkan, ketika $I_1 \neq I_2$ maka dilakukan perhitungan lagi hingga $I_1 = I_2$.

2.2.8 Perhitungan Volume Limpasan Permukaan (V_q)

Limpasan permukaan adalah bagian dari curah hujan yang mengalir diatas permukaan tanah menuju sungai, danau dan lautan. Nilai limpasan permukaan yang penting untuk keperluan evaluasi DAS adalah kondisi volume limpasan permukaan yang terjadi sebelum selama dan suatu kegiatan.

Dalam memperkirakan volume limpasan permukaan dari suatu DAS, dibutuhkan data kedalaman hujan efektif (Pe). Perhitungan nilai Pe digunakan metode yang dikembangkan oleh US. Soil Conservation Service atau juga dikenal sebagai metode SCS. Metode SCS berusaha mengaitkan karakteristik DAS seperti tanah, vegetasi dan tataguna lahan dengan bilangan kurva air larian CN (runoff *Curve Number*) yang menunjukkan potensi air larian untuk curah hujan tertentu (Triatmodjo, 2013). Analisa perhitungan untuk mendapatkan nilai volume aliran pada suatu kejadian hujan (V_q) dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut.

$$V_q = Pe \times A \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan:

V_q = Volume aliran pada suatu kejadian (m^3)

Pe = Kedalaman hujan efektif (mm)

A = Luas DAS (km^2)

$$Pe = \frac{(P-0,2S)^2}{P+0,8S} \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan:

Pe = Kedalaman hujan efektif (mm)

P = Curah hujan tahunan (mm)

S = Perbedaan antara curah hujan dan air larian (mm).

Besarnya perbedaan antara curah hujan dan air larian (S), berhubungan dengan angka *Curve Number* (CN) dimana persamaannya adalah

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \dots\dots\dots (2.21)$$

CN adalah *Curve Number* yang merupakan fungsi dari karakteristik DAS seperti tipe tanah, tanaman penutup, tataguna lahan, kelembaban dan cara pengerjaan tanah (Triatmodjo, 2013). Angka *CN* (*Curve Number*) bervariasi dari 0–100. Jika nilai 100 menunjukkan bahwa semua curah hujan diubah ke dalam limpasan langsung tidak ada abstraksi, sedangkan untuk *CN* bernilai nol maka tidak ada limpasan langsung yang dihasilkan. Nilai *CN* untuk berbagai tataguna lahan dapat dilihat di Lampiran 9.

Jenis tanah juga sangat berpengaruh terhadap nilai limpasan. Jenis tanah dibagi empat kelompok yaitu:

Kel A : terdiri dari tanah dengan limpasan rendah, mempunyai laju infiltrasi tinggi. Terutama untuk tanah pasir (*deep sand*) dengan *silty* dan *clay* sangat sedikit; juga kerikil (*gravel*) yang sangat lulus air.

Kel B : terdiri dari tanah dengan potensi limpasan agak rendah, laju infiltrasi sedang. Tanah berbutir sedang (*sandy soils*) dengan laju meloloskan air sedang.

Kel C : terdiri dari tanah dengan potensi limpasan agak tinggi, laju infiltrasi lambat jika tanah sepenuhnya basah. Tanah berbutir sedang sampai halus (*clay* dan *colloids*) dengan laju meloloskan air lambat.

Kel D : terdiri dari tanah dengan potensi limpasan tinggi, mempunyai laju infiltrasi sangat lambat. Terutama tanah liat (*clay*) dengan daya kembang (*swelling*) tinggi. Tanah ini mempunyai laju meloloskan air sangat lambat.

Untuk mengetahui lebih jelas tentang klasifikasi tanah berdasarkan tekstur tanah dapat dilihat pada Lampiran 8.

2.2.9 Prediksi Hasil Sedimen

Perhitungan MUSLE dituliskan dalam bentuk (William, 1975 di dalam (Suripin, 2014)) dan dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut.

$$SY = 11,8 (V_q Q_p)^{0,56} \times K \times C \times P \times LS \dots\dots\dots (2.21)$$

Keterangan:

SY = hasil sedimen atau sediment *yield* tiap kejadian hujan (ton/tahun)

V_q = volume aliran limpasan (m^3)

Q_p = debit puncak (m^3/s)

a = koefisien (11,8)

b = koefisien (0.56)

K = faktor erodibilitas tanah

L = faktor panjang lereng

S = faktor kecuraman lereng

C = faktor pengelolaan tanaman

P = faktor usaha pencegahan erosi

2.3 GIS (*Geographic Information System*)

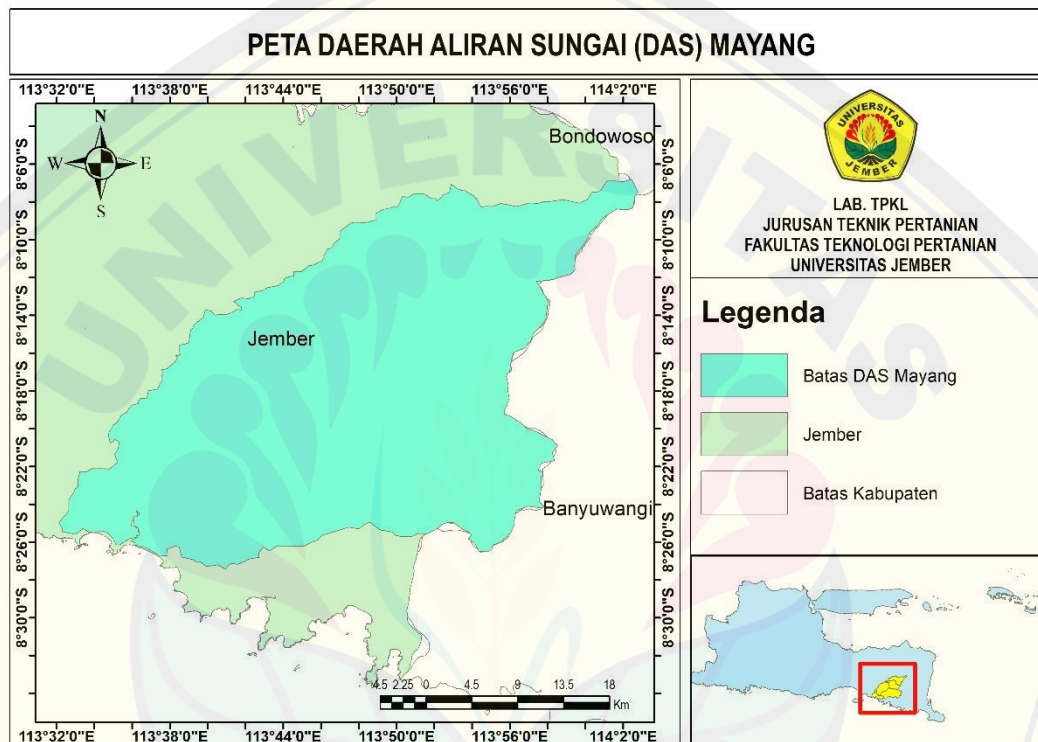
Dalam menganalisis sedimentasi menggunakan metode MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) diperlukan bantuan GIS (*Geographic Information System*). Salah satu *software GIS* untuk melakukan pemetaan adalah *ArcGIS*. *ArcGIS desktop* merupakan program yang digunakan untuk membuat peta, mengatur, serta mengolah data spasial menggunakan komputer. *ArcGIS* merupakan *software* yang dikembangkan oleh *ESRI (Environment Science & Research Institute)* dan dirilis pada tahun 2000. Aplikasi yang digunakan dalam penelitian metode *MUSLE* adalah *ArcMap*.

Menurut Awaludin (2010) bahwa *ArcMap* merupakan sentral dari *software ArcGIS* yang digunakan untuk melakukan editing, analisis dan manajemen peta secara keseluruhan. *ArcMap* juga memiliki fungsi lain, yaitu dapat digunakan untuk mengolah peta, seperti membuat (*create*), menampilkan (*viewing*), memilih (*query*), menggunakan *geoprocessing*, mengatur dan menata *geodatabase*, menyimpan informasi geografis, melakukan *composing* dan mempublikasikan (*publishing*) peta. *ArcMap* juga digunakan untuk mengolah data sekunder yang diperoleh sehingga mempermudah eksplorasi geografis dan visualisasi sehingga pada wilayah yang diteliti akan lebih mudah untuk mengidentifikasi tingkat bahaya erosinya. (Giyanti dkk., 2014).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2023 di Daerah Aliran Sungai (DAS) Mayang, Kabupaten Jember, Jawa Timur. Lokasi penelitian tersebut dipilih dengan pertimbangan merupakan salah satu DAS terbesar di Kabupaten Jember. Lokasi DAS Mayang disajikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lokasi penelitian

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

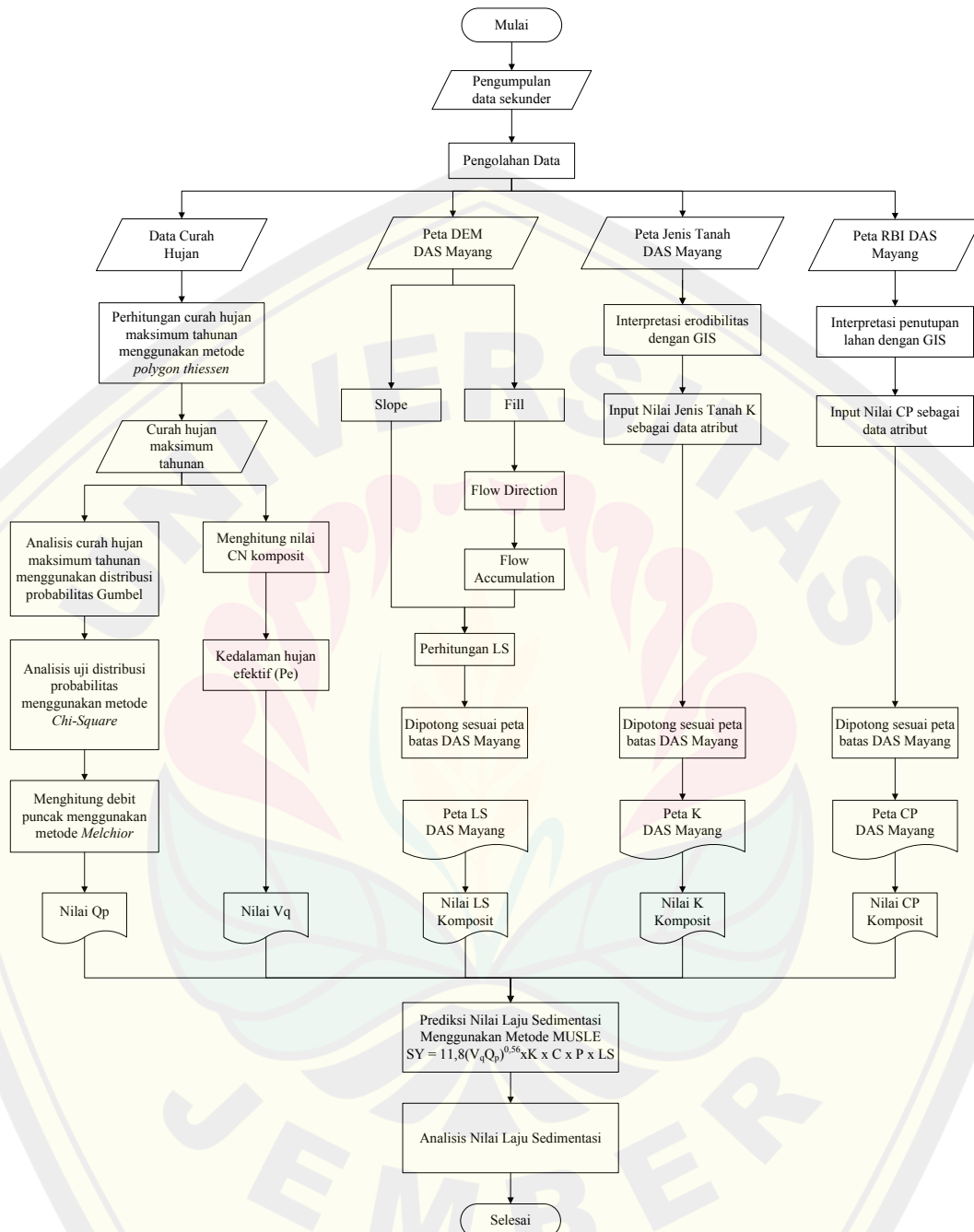
Alat dan bahan penelitian yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Alat dan bahan penelitian

Alat	Bahan
Laptop	Peta Rupa Bumi No. (RBI) tahun 2023
ArcGIS 10.3	Data curah hujan 10 tahun periode (2011-2020)
Microsoft Excel 2019	Peta batas DAS Mayang
Microsoft Word 2019	Peta DEM (<i>Digital Elevation Model</i>) Jember tahun 2020
Google Earth Pro	Peta jenis tanah <i>Exploratory Soil Map of Java and Madura</i> tahun 1960

3.3 Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian disajikan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

3.3.1 Pengumpulan Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan adalah data sekunder yang terdiri dari beberapa macam data sebagai berikut:

1. Peta Batas Daerah Aliran Sungai (DAS)

Merupakan peta yang menampilkan sebuah batas wilayah dari suatu DAS. Peta batas DAS yang digunakan adalah peta batas DAS Mayang. Peta batas DAS Mayang diperoleh dari Peta RBI Kabupaten Jember.

2. Peta Administrasi

Merupakan peta yang menampilkan suatu wilayah yang tercakup pada daerah penelitian, yaitu DAS Mayang. Peta administrasi dapat diperoleh dari Peta RBI Kabupaten Jember.

3. Data Curah Hujan Harian

Merupakan data yang menampilkan curah hujan pada 10 tahun terakhir, pada tahun 2011- 2020. Data curah hujan dapat diperoleh dari Dinas PU Bina Marga dan SDA Kabupaten Jember. Data tersebut digunakan untuk menghitung hujan rancangan. Menggunakan data curah hujan pada tahun 2011-2020, karena merupakan data curah hujan paling lengkap.

4. Peta Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Merupakan peta yang menampilkan panjang dan kemiringan lereng (LS) pada wilayah DAS Mayang. Peta panjang dan kemiringan lereng (LS) diperoleh dari Peta DEM (*Digital Elevation Model*) dari Portal Badan Informasi Geospasial.

5. Peta Jenis Tanah

Merupakan peta yang menampilkan jenis tanah di wilayah penelitian, yaitu DAS Mayang. Peta jenis tanah dapat diperoleh dari peta tanah *Exploratory Soil Map of No. and Madura* tahun 1960.

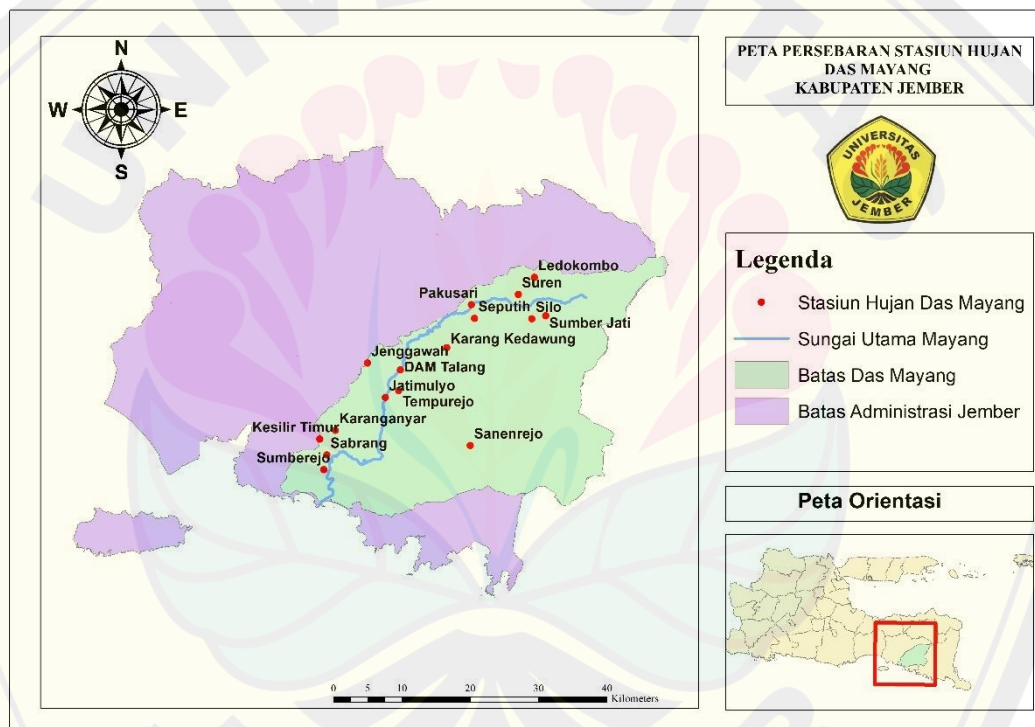
6. Peta Pengelolaan Tanaman dan Tindakan Konservasi (CP)

Merupakan peta yang menampilkan kondisi pemanfaatan lahan saat ini pada daerah penelitian, yaitu DAS Mayang. Peta yang digunakan adalah peta RBI tahun 2023 Kabupaten Jember.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Mayang, Kabupaten Jember, Jawa Timur. Secara geografis DAS Mayang terletak pada $113^{\circ}35'0''$ BT – $114^{\circ}3'0''$ BT dan $8^{\circ}6'0''$ LS – $8^{\circ}28'0''$ LS. DAS Mayang memiliki luas area sebesar 1.163,27 km² dengan panjang sungai utama 74,27 km dan elevasi hulu-hilir sebesar 631 m dan 3 m. Terdapat 16 stasiun hujan di DAS Mayang yang dilewati oleh aliran sungai utama. Persebaran stasiun hujan dapat dilihat pada Gambar 4.1.

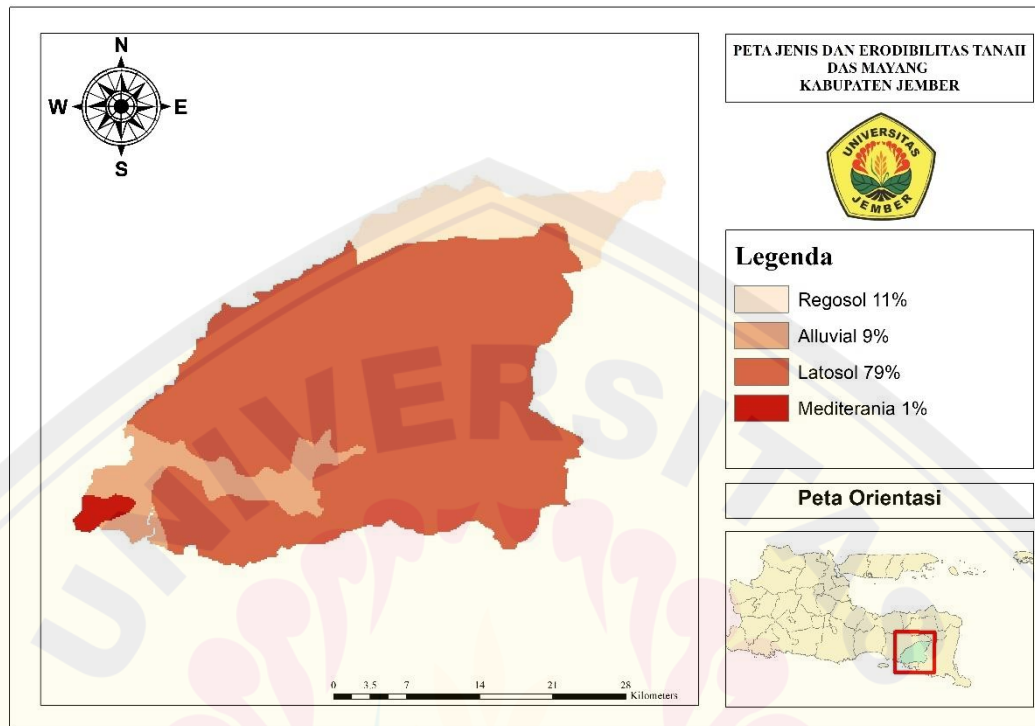


Gambar 4.1 Peta persebaran stasiun hujan DAS Mayang

4.2 Erodibilitas Tanah (K)

Erodibilitas tanah merupakan faktor yang digunakan dalam perhitungan hasil sedimen menggunakan metode MUSLE. Erodibilitas tanah adalah kemampuan bertahan tanah saat terkena percikan air hujan. Faktor erodibilitas tanah (K) menunjukkan resistensi partikel tanah terhadap pengelupasan dan transportasi partikel-partikel tanah tersebut oleh adanya energi kinetik air hujan.

Setiap jenis tanah memiliki nilai erodibilitas (K). Persebaran jenis tanah pada DAS Mayang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Peta Erodibilitas tanah DAS Mayang

Berdasarkan Gambar 4.2, DAS Mayang memiliki 4 jenis tanah, yaitu Regosol, Alluvial, Latosol dan Mediterania. Perhitungan nilai erodibilitas (K) DAS Mayang dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Nilai erodibilitas tanah (K) di DAS Mayang

Jenis Tanah	Nilai K	Luas		Luas*K
		Km ²	%	
Regosol	0,31	127,01	11%	39,37
Alluvial	0,29	101,42	9%	29,41
Latosol	0,26	922,11	79%	239,75
Mediteran	0,16	12,87	1%	2,06
Jumlah		1163,419	100%	310,595
K komposit		$= \frac{\sum Luas * K}{\sum Luas}$		$= 0,27$

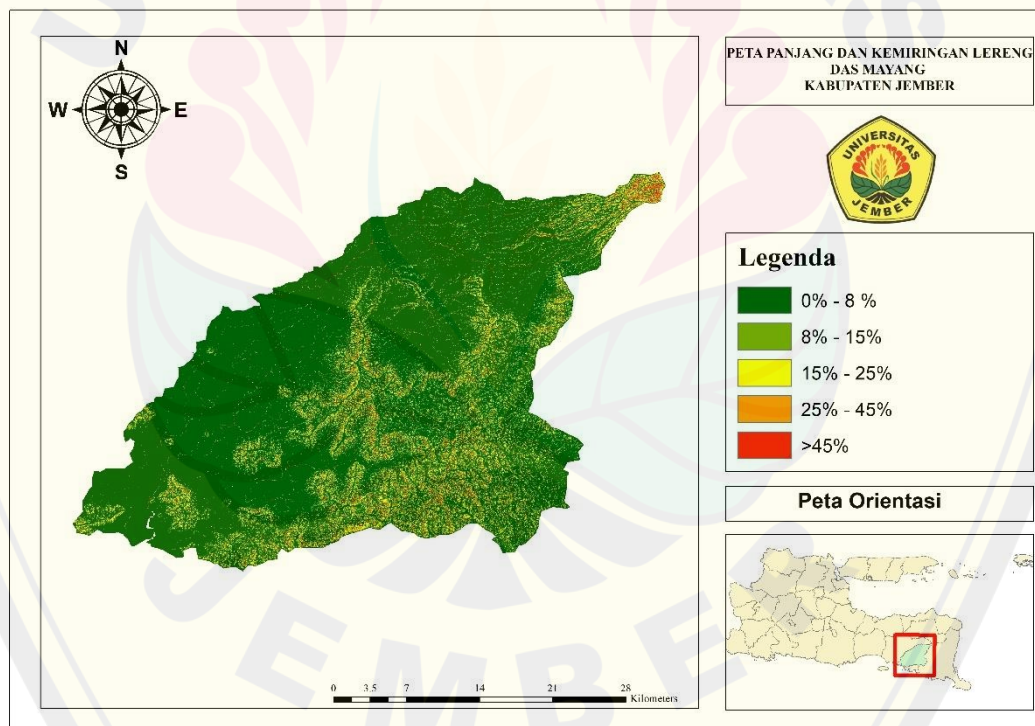
Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui jenis tanah Latosol mendominasi DAS Mayang dengan luas sebesar 127,01 Km² atau 79% dari keseluruhan luas DAS Mayang. Menurut Prasetyo (2019), tanah latosol mampu menyerap air dengan baik sehingga bisa menahan erosi. Tanah latosol dapat dijumpai di segala iklim dan

memiliki tingkat kesuburan yang bervariasi. Sebagian besar tanah latosol berada di daerah yang lembab.

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui nilai K_{komposit} di DAS Mayang sebesar 0.27. Nilai K_{komposit} berbanding lurus dengan laju sedimentasi, semakin besar nilai K_{komposit} maka semakin besar pula nilai laju sedimentasi. Besarnya erodibilitas atau resistensi tanah juga ditentukan oleh karakteristik tanah seperti tekstur tanah, stabilitas agregat tanah, dan bahan organik (Nugraheni, 2013).

4.3 Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Panjang dan kemiringan lereng mempunyai pengaruh yang besar terhadap erosi dan sedimentasi. Faktor LS merupakan salah satu faktor yang dapat menyebabkan terjadinya proses pengikisan, pengangkutan dan pengendapan. Persebaran panjang dan kemiringan pada DAS Mayang dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Peta panjang dan kemiringan lereng DAS Mayang

Berdasarkan Gambar 4.3, peta panjang dan kemiringan lereng (LS) membagi DAS Mayang menjadi 5 kelas kemiringan. Perhitungan nilai panjang dan kemiringan (LS) DAS Mayang dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai panjang dan kemiringan (LS) DAS Mayang

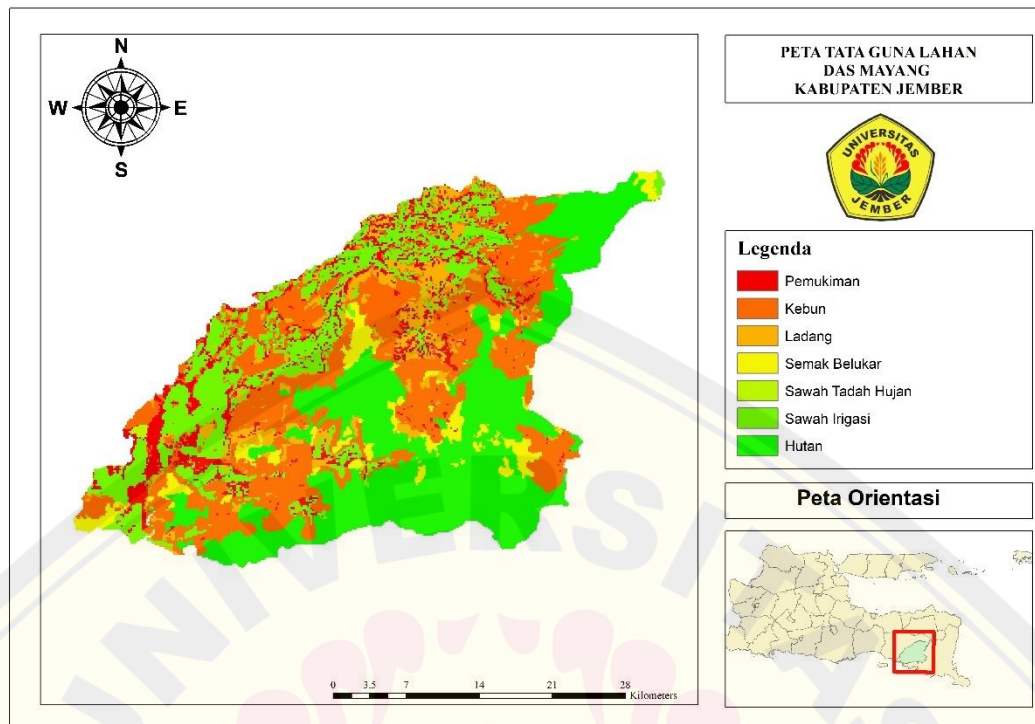
Kelas	Kondisi	Kemiringan	Nilai LS	Luas		Luas*LS
				Km ²	%	
I	Datar	0 – 8	0,4	916,10	79%	366,44
II	Landai	8 – 15	1,4	130,71	11%	182,99
III	Agak Curam	15 – 25	3,1	69,45	6%	215,31
IV	Curam	25 – 45	6,8	33,48	3%	227,64
V	Sangat Curam	>45	9,5	13,68	1%	129,95
Jumlah				1163,419	100%	1122,338
$LS_{komposit} = \frac{\sum Luas * LS}{\sum Luas}$						0,9647

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui daerah dengan kemiringan 0-8% dengan kondisi datar mendominasi DAS Mayang dengan luas sebesar 916,10 Km² atau 79% dari keseluruhan luas DAS Mayang. Kondisi datar tersebut dapat diartikan bahwa DAS Mayang kecil potensinya untuk terjadi erosi yang menyebabkan sedimentasi. Nilai $LS_{komposit}$ di DAS Mayang adalah sebesar 0.96. Nilai $LS_{komposit}$ berbanding lurus dengan laju sedimentasi, semakin besar nilai $LS_{komposit}$ maka semakin besar pula nilai laju sedimentasi.

Lereng yang panjang juga mengakibatkan adanya transportasi tanah dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah. Lereng yang panjang dapat menyebabkan erosi mengendap (Arzi, 2012). Makin besar nilai kemiringan lereng, maka kesempatan air untuk masuk ke dalam tanah (infiltrasi) akan terhambat sehingga volume limpasan permukaan semakin besar yang mengakibatkan terjadinya bahaya erosi (Dewi dkk., 2012).

4.4 Pengelolaan Tanaman dan Tindakan Konservasi (CP)

Menurut Kadir (2015), erosi dan aliran permukaan akan semakin besar jika lahan tersebut kurang atau tanpa vegetasi, lama-kelamaan akan menjadi lahan kritis. Hal ini membuat pengelolaan tanaman dan tindakan konservasi berperan penting dalam prospek pengembangan lahan untuk mengatasi kerusakan lahan, sehingga dapat tercipta suatu pembangunan yang berkelanjutan. Lahan terbuka tanpa vegetasi penutup akan menyebabkan potensi erosi yang tinggi, karena tumbukan air hujan (Suripin, 2014). Penggunaan lahan pada wilayah DAS Mayang disajikan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Peta pengelolaan tanaman dan tindakan konservasi DAS Mayang

Dari hasil analisis peta RBI tahun 2023 di wilayah DAS Mayang diperoleh 7 jenis tutupan lahan. Perhitungan nilai Pengelolaan Tanaman dan Tindakan Konservasi (CP) DAS Mayang dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai faktor CP DAS Mayang

Tutupan Lahan	Nilai CP	Luas		Luas*CP
		Km ²	%	
Pemukiman	1,000	91,43	7,9%	91,43
Kebun	0,300	361,85	31,1%	108,55
Ladang	0,280	76,34	6,6%	21,37
Semak Belukar	0,100	58,32	5%	5,83
Sawah Tadah Hujan	0,050	2,43	0,2%	0,12
Sawah Irigasi	0,021	202,33	17,4%	4,33
Hutan	0,001	370,73	31,9%	0,37
Jumlah		1163,419	100%	232,0139
CP _{komposit}	=	$\frac{\sum \text{Luas} * \text{CP}}{\sum \text{Luas}}$		= 0,199

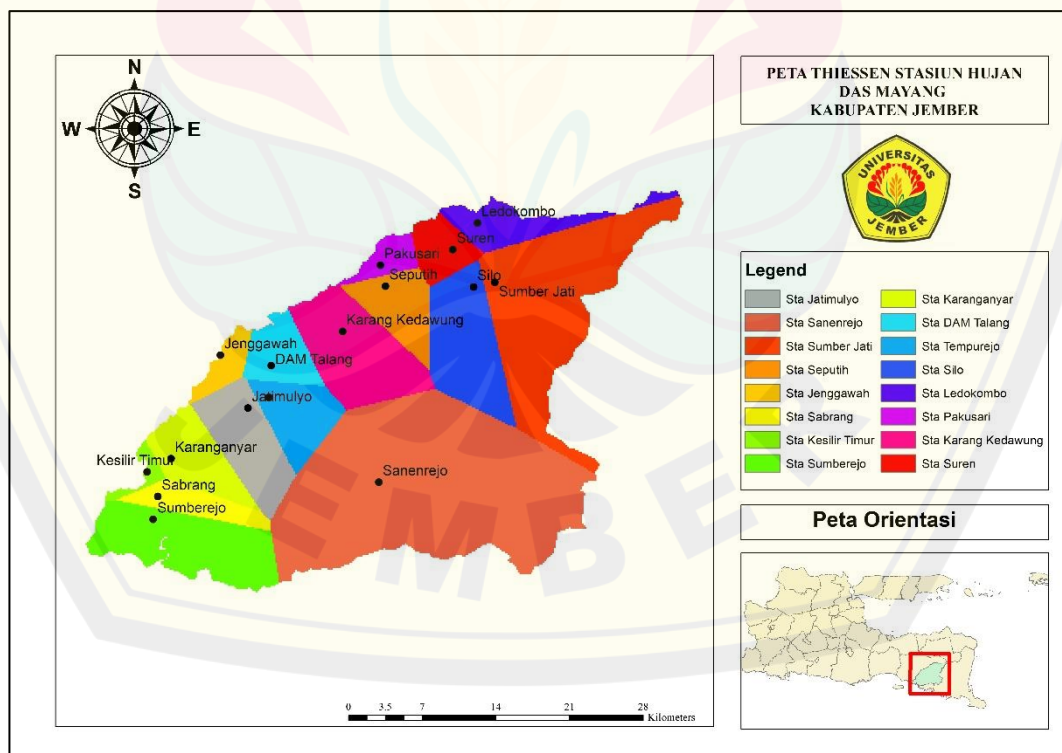
Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa tutupan lahan hutan dan kebun mendominasi DAS Mayang luas sebesar 370,73 Km² (32%) dan 361,85 Km² (31%) dari luas keseluruhan DAS Mayang. Nilai CP_{komposit} di DAS Mayang

adalah sebesar 0,199. Nilai CP_{komposit} berbanding lurus dengan laju sedimentasi, semakin besar nilai CP_{komposit} maka semakin besar pula nilai laju sedimentasi.

Menurut Kias dkk., (2016) bahwa tindakan konservasi dan vegetasi sebagai penutup tanah mampu memperlambat laju aliran permukaan pada lereng yang curam secara signifikan sehingga erosi dapat diminimalisir. Tidak adanya vegetasi yang tumbuh diatas lahan terbuka sehingga tidak ada akar vegetasi yang berfungsi menyerap air hujan sehingga menyebabkan air limpasan yang berpotensi menyebabkan erosi (Badaruddin, 2021).

4.5 Pengolahan Data Curah Hujan Maksimum

Perhitungan Debit Puncak (Q_p) membutuhkan nilai curah hujan maksimum. Nilai curah hujan maksimum didapatkan dengan menggunakan metode *Polygon Thiessen*. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun hujan (Triatmodjo, 2013). Persebaran luasan *Polygon Thiessen* setiap stasiunnya dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Tabel 4.4.



Gambar 4.5 Peta *thiessen* stasiun hujan DAS Mayang

Berdasarkan Gambar 4.5 bahwa stasiun hujan di DAS Mayang telah terbagi wilayahnya menggunakan metode *Polygon Thiessen*. Kemudian dilakukan perhitungan nilai Koefisien *thiessen* (Kt) yang dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Persebaran luasan *thiessen* setiap stasiun hujan

No.	Nama	Luas (Km ²)	Kt
1	Suren	27,206	0,02
2	Ledokombo	38,577	0,03
3	Sumber Jati	176,377	0,15
4	Silo	80,187	0,07
5	Seputih	40,980	0,04
6	Karang Kedawung	88,345	0,08
7	Tempurejo	43,963	0,04
8	Pakusari	17,072	0,01
9	Jenggawah	17,483	0,02
10	DAM Talang	33,967	0,03
11	Karanganyar	47,023	0,04
12	Sanenrejo	361,991	0,31
13	Jatimulyo	61,466	0,05
14	Sumberejo	92,031	0,08
15	Kesilir Timur	7,755	0,01
16	Sabrang	28,997	0,02
Total		1163,419	1,00

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa setiap stasiun hujan pada DAS Mayang telah memiliki nilai (Kt) masing-masing. Nilai koefisien *thiessen* (Kt) didapatkan dari dari perbandingan luas setiap stasiun hujan dengan jumlah luas total DAS Mayang. Nilai (Kt) digunakan sebagai koefisien dalam penentuan curah hujan maksimum sehingga dapat dilakukan perhitungan terhadap curah hujan rerata tiap daerahnya. Perhitungan curah hujan rerata daerah dilakukan perhitungan menggunakan curah hujan harian maksimum dari 16 stasiun hujan di DAS Mayang.

Perhitungan curah hujan maksimum menggunakan data curah hujan 10 tahun yaitu periode 2011–2020 dengan metode *Polygon Thiessen* yang mengalikan koefisien *thiessen* (Kt) dengan curah hujan pada masing–masing stasiun hujan. Hasil dari perkalian tersebut mendapatkan nilai curah hujan rerata daerah yang merupakan curah hujan maksimum. Perhitungan curah hujan maksimum dengan metode Poligon Thiessen dapat dilihat pada Lampiran 1, sedangkan perhitungannya ditabelkan pada Lampiran 15. Sehingga diperoleh curah hujan maksimum metode *Polygon Thiessen* tahun 2011–2020 pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Curah hujan rerata daerah metode *Polygon Thiessen*

Tahun	CH Maks (mm/hari)
2011	42,50
2012	43,67
2013	60,57
2014	81,02
2015	37,86
2016	84,56
2017	33,71
2018	64,58
2019	108,10
2020	47,11

4.6 Analisis Distribusi Probabilitas Gumbel

Curah hujan maksimum periode 10 tahun yang telah didapatkan digunakan untuk menghitung hujan rancangan. Hujan rancangan merupakan kemungkinan tinggi hujan yang terjadi dalam kala ulang tertentu sebagai hasil dari suatu rangkaian analisis hidrologi. Perhitungan hujan rancangan digunakan untuk menentukan intensitas hujan yang nantinya akan diperlukan dalam perhitungan debit aliran permukaan. Perhitungan hujan rancangan dianalisis dengan metode Gumbel dipilih karena merupakan metode yang paling cocok digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan. Perhitungan distribusi Gumbel dapat dilihat pada Lampiran 12, sedangkan parameter statistik dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Parameter statistik untuk distribusi probabilitas *Gumbel*

Tahun	CH Maks (Xi) (mm/hari)	$(Xi - X_{rata-rata})^2$ (mm/hari)
2011	42,50056	319,21170
2012	43,67242	278,71102
2013	60,57399	0,04282
2014	81,02106	426,58779
2015	37,85632	506,73360
2016	84,55647	585,12761
2017	33,70679	710,76992
2018	64,58250	17,76997
2019	108,09544	2277,99819
2020	47,10504	175,88105
Jumlah	603,67	5298,834
Xrata-rata	60,367	
StdDev	24,26436	

Tabel 4.7 Perhitungan curah hujan rancangan distribusi *Gumbel*

Tahun	Xrata-rata	Std	K	Rt
2	60,36706	24,26436	-0,13552	57,07884
5	60,36706	24,26436	1,057913	86,03664
10	60,36706	24,26436	1,848163	105,2115
20	60,36706	24,26436	2,606086	123,6021
25	60,36706	24,26436	2,769085	127,5571

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa hasil hujan rancangan setelah perhitungan menggunakan distribusi probabilitas Gumbel dengan periode ulang 10 tahun adalah 105,2115 mm.

4.7 Analisis Uji Distribusi Probabilitas *Chi-Square*

Hasil analisis distribusi probabilitas Gumbel selanjutnya dilakukan uji kesesuaian distribusi frekuensi dengan melakukan uji *Chi-Square* (χ^2). Pengujian ini digunakan untuk menentukan bahwa distribusi peluang yang dipilih sudah dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Parameter χ^2 digunakan sebagai parameter untuk pengambilan keputusan. Perhitungan uji *Chi-Square* dapat dilihat pada Lampiran 13.

Derajat nyata atau derajat kepercayaan (α) tertentu yang diambil adalah 5% dan 1%. Nilai χ^2_{cr} dapat ditentukan dengan Lampiran 9. Diketahui karena nilai $D_k = 2$ maka nilai $\alpha = 5\%$ sehingga didapatkanlah nilai $\chi^2_{cr} = 5,991$ dan $\alpha = 1\%$ sehingga didapatkanlah nilai $\chi^2_{cr} = 9,21$.

Tabel 4.8 Hasil uji *Chi-Square* distribusi *Gumbel*

No	Derajat Kepercayaan (α)	X^2_{cr}	X^2	Keterangan
1	5%	5,991	3	$X^2 < X^2_{cr}$ Hipotesa <i>Gumbel</i> Diterima
2	1%	9,21	3	$X^2 < X^2_{cr}$ Hipotesa <i>Gumbel</i> Diterima

Berdasarkan Tabel 4.8 dapat diketahui bahwa nilai X^2 lebih kecil dari pada nilai X^2_{cr} dengan keterangan hipotesa distribusi probabilitas gumbel diterima. Sehingga nilai hujan rancangan yang dihitung menggunakan distribusi probabilitas gumbel bisa digunakan untuk menghitung debit puncak (Q_p) menggunakan metode *Melchior*.

4.8 Perhitungan Debit Puncak (Q_p) Menggunakan Metode *Melchior*

Metode *Melchior* digunakan untuk perhitungan debit puncak dengan luas tangkapan (catchment area) 100 km² (Sartika Ka'u Soekarno dan Mangangka, 2016). Perhitungan debit puncak (Q_p) menggunakan metode *Melchior* membutuhkan parameter panjang sungai (L) dan luas DAS (A) didapatkan menggunakan *GIS*. Perhitungan debit puncak dapat dilihat pada Lampiran 14. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai debit puncak (Q_p) menggunakan curah hujan maksimum dengan kala periode ulang 10 tahun.

$$Q_p = \alpha \times I \times A \times R_t / 200$$

$$Q_p = 0,52 \times 1,19 \times 1163,419 \times 105,212 / 200$$

$$Q_p = 378,975 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Hasil perhitungan nilai debit puncak (Q_p) dengan pengulangan tahun 2, 5, 10, 20, dan 25 dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Perhitungan nilai debit puncak (Q_p)

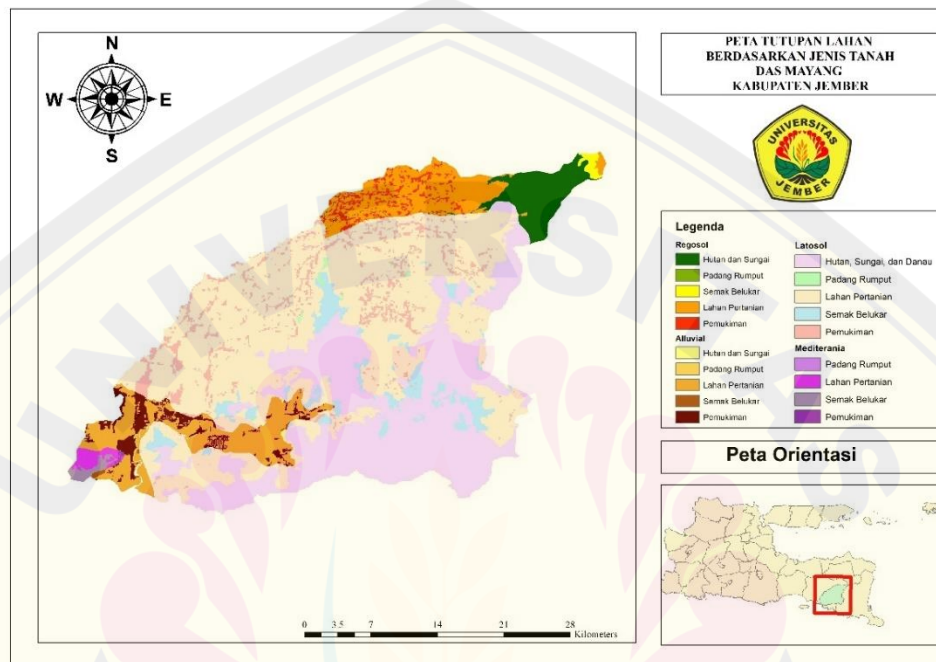
Tahun	R_t	a	I	A	$R_t/200$	Q_p
2	57,07884	0,52	1,190796	1163,419	0,285394	205,5994
5	86,03664	0,52	1,190796	1163,419	0,430183	309,9062
10	105,2115	0,52	1,190796	1163,419	0,526058	378,9747
20	123,6021	0,52	1,190796	1163,419	0,61801	445,2179
25	127,5571	0,52	1,190796	1163,419	0,637786	459,4641

Berdasarkan Tabel 4.9 dapat diketahui bahwa perhitungan debit puncak Q_p membutuhkan nilai hujan rancangan R_t . Nilai hujan rancangan sebesar 105,2115 mm. Nilai hujan rancangan R_t yang digunakan adalah hujan rancangan periode ulang 10 tahun. Hasil perhitungan debit puncak (Q_p) di DAS Mayang adalah sebesar 378,9747 m³/s. Debit puncak (Q_p) merupakan faktor yang mempengaruhi perhitungan hasil sedimen.

4.9 Perhitungan Volume Limpasan Permukaan (V_q)

Volume limpasan permukaan dapat dihitung dengan menggunakan data curah hujan maksimum, jenis tanah, dan koefisien pengaliran. Lahan pertanian yang ditanami biasanya memiliki koefisien pengaliran yang lebih rendah karena tanaman dapat menyerap sebagian besar air hujan. Sedangkan, lahan pemukiman padat penduduk dengan banyak permukaan yang keras seperti beton atau aspal cenderung

memiliki koefisien pengaliran yang tinggi karena air tidak dapat meresap ke dalam tanah dengan mudah. Nilai volume limpasan dipengaruhi oleh Curve Number (CN). Nilai CN dapat ditentukan berdasarkan tutupan lahan dan jenis tanahnya. Peta persebaran tutupan lahan berdasarkan jenis tanah di DAS Mayang pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Peta penutupan lahan berdasarkan jenis tanah DAS Mayang

Berdasarkan Gambar 4.6 diketahui bahwa DAS Mayang memiliki 4 jenis tanah, yaitu *Regosol*, *Alluvial*, *Latosol* dan *Mediterania* yang didalamnya terdapat penggunaan lahan yang berbeda. Nilai volume limpasan (V_q) digunakan untuk menentukan nilai *Curve Number* (CN) pada suatu tutupan lahan berdasarkan jenis tanahnya. Sebelum melakukan perhitungan nilai *Curve Number* (CN), terlebih dahulu untuk mengetahui pengelompokkan tanah secara hidrologi (kelas tanah) berdasarkan tekstur tanah dan laju infiltrasinya.

1. *Alluvial* : Tanah subur yang bertekstur liat atau liat berpasir dan berbutir kasar (Prasetyo, 2019).
2. *Latosol* : Tekstur lempung struktur remah hingga gumpal, bersifat subur (Sudiarsana dkk., 2019).
3. *Regosol* : Tekstur tanah ini biasanya kasar, berbutir kasar, kemampuan menyerap air tinggi (Sudiarsana dkk., 2019).

4. *Mediterrania* : Jenis tanah kapur yang terjadi dari hasil proses pelapukan batuan kapur keras dan batuan sedimen (Prasetyo, 2019).

Berdasarkan penjelasan di atas dan Lampiran 6 dapat diketahui bahwa tanah *Aluvial* termasuk dalam kelas tanah C, tanah *Latosol* termasuk dalam kelas tanah D, tanah *Regosol* termasuk dalam kelas tanah B, dan tanah *Mediterrania* termasuk dalam kelas tanah D. Setelah mengelompokkan jenis tanah sesuai kelasnya, maka dapat ditentukan nilai *CN*. Berdasarkan Gambar 4.6 dapat ditentukan nilai *CN* untuk setiap jenis tanahnya. Tabel nilai *CN* untuk setiap jenis tanahnya dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Nilai *CN* setiap jenis tanah

Jenis Tanah Aluvial Kelompok C			
Tutupan Lahan	Nilai <i>CN</i>	A (Km ²)	<i>CN</i> *A
Hutan Rimba	70	0,78	54,91
Padang Rumput	74	0,11	8,22
Perkebunan/Kebun	78	32,21	2512,04
Permukiman dan Tempat Kegiatan	90	22,42	2017,71
Sawah	78	38,05	2967,58
Sawah Tadah Hujan	78	0,86	67,22
Semak Belukar	79	1,21	95,42
Sungai	70	0,64	44,90
Tegalan/Ladang	78	5,12	399,43
Jumlah		101,40	8167,42
Jenis Tanah Latosol Kelompok D			
Tutupan Lahan	Nilai <i>CN</i>	A (Km ²)	<i>CN</i> *A
Danau/Situ	77	0,03	2,42
Hutan Rimba	77	324,77	25007,17
Padang Rumput	80	2,25	179,80
Perkebunan/Kebun	81	301,28	24403,34
Permukiman dan Tempat Kegiatan	92	54,57	5020,72
Sawah	81	126,59	10253,68
Sawah Tadah Hujan	81	1,00	80,70
Semak Belukar	84	48,23	4051,13
Sungai	77	1,60	123,30
Tegalan/Ladang	81	61,98	5020,55
Jumlah		922,29	74142,81
Jenis Tanah Regosol Kelompok B			
Tutupan Lahan	Nilai <i>CN</i>	A (Km ²)	<i>CN</i> *A

Hutan Rimba	55	41,84	2301,42
Padang Rumput	61	0,04	2,55
Perkebunan/Kebun	71	24,10	1711,06
Permukiman dan Tempat Kegiatan	85	13,41	1139,46
Sawah	71	32,77	2327,01
Sawah Tadah Hujan	71	0,12	8,25
Semak Belukar	69	3,68	253,65
Sungai	55	0,72	39,80
Tegalan/Ladang	71	8,63	612,53
Vegetasi Non Budidaya Lainnya	71	1,59	112,80
Jumlah		126,90	8508,54
Jenis Tanah Mediterania Kelompok D			
Tutupan Lahan	Nilai CN	A (Km ²)	CN*A
Padang Rumput	80	0,02	1,25
Perkebunan/Kebun	81	5,26	426,02
Permukiman dan Tempat Kegiatan	92	0,59	54,26
Sawah	81	1,53	123,90
Semak Belukar	89	4,98	442,83
Tegalan/Ladang	81	0,47	37,84
Jumlah		12,84	1086,10

Setelah mendapatkan nilai CN dengan luas lahan selanjutnya menghitung nilai $CN_{komposit}$, yaitu:

$$CN_{komposit} = \frac{\sum CN * A \text{ seluruh jenis tanah}}{\sum \text{Luas DAS}} = \frac{91905 \text{ km}^2}{1163,42 \text{ km}^2} = 78,99$$

$CN_{komposit}$ yang diperoleh digunakan sebagai bahan untuk menentukan nilai perbedaan antara curah hujan dan air larian (S). Perhitungan nilai S, yaitu:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 = \frac{25400}{78,99} - 254 = 67,54$$

Nilai kedalaman hujan efektif (P_e) dibutuhkan untuk mendapatkan nilai volume limpasan (V_q). Perhitungan nilai P_e diperlukan data curah hujan maksimum setiap stasiun yang dapat dilihat pada Tabel 4.5. Hasil perhitungan nilai P_e dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Berikut merupakan contoh perhitungan nilai kedalaman hujan efektif (P_e) untuk tahun 2011.

$$P_e = \frac{(p-0,2S)^2}{p+0,8S} = \frac{(42,50-0,2 \cdot 67,54)^2}{42,50+0,8 \cdot 67,54} = 8,71 \text{ mm}$$

Tabel 4.11 Perhitungan nilai kedalaman hujan efektif (P_e)

Tahun	Curah Hujan Maksimum Tahunan (mm)	S	P_e (mm)
2011	42,50	67,54	8,71
2012	43,67	67,54	9,31
2013	60,57	67,54	19,33
2014	81,02	67,54	33,75
2015	37,86	67,54	6,45
2016	84,56	67,54	36,42
2017	33,71	67,54	4,65
2018	64,58	67,54	21,99
2019	108,10	67,54	55,18
2020	47,11	67,54	11,16

Nilai P_e yang didapat menjadi bahan perhitungan nilai volume limpasan (V_q). Hasil perhitungan nilai volume limpasan (V_q) dapat dilihat pada Tabel 4.12. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai volume limpasan (V_q) pada 2011.

$$V_q = P_e \times A = 0,0087 \times 1163424971 = 10130898,75 \text{ m}^3$$

Tabel 4.12 Perhitungan nilai volume limpasan (V_q)

Tahun	P_e (m)	A (m^2)	V_q (m^3)
2011	0,0087	1163424971	10130898,8
2012	0,0093	1163424971	10834878,1
2013	0,0193	1163424971	22488091,2
2014	0,0338	1163424971	39265852,6
2015	0,0065	1163424971	7506328,33
2016	0,0364	1163424971	42376591,4
2017	0,0047	1163424971	5410169,45
2018	0,0220	1163424971	25586780,1
2019	0,0552	1163424971	64202661,2
2020	0,0112	1163424971	12984924,7

Berdasarkan Tabel 4.12 diketahui bahwa nilai kedalaman hujan efektif (P_e) mempunyai hubungan berbanding lurus dengan volume limpasan (V_q). Semakin besar nilai kedalaman hujan efektif (P_e) maka semakin besar pula volume limpasannya (V_q). Nilai kedalaman hujan efektif (P_e) dipengaruhi oleh nilai *Curve Number* (CN) dan curah hujan maksimum. Semakin besar nilai curah hujan

maksimum maka semakin besar pula nilai kedalaman hujan efektifnya. Sebaliknya semakin besar nilai *Curve Number* (CN), maka nilai kedalaman hujan efektif (Pe) semakin kecil.

4.10 Analisis Laju Sedimentasi

Prediksi hasil sedimen dari tahun 2011 – 2020 di DAS Mayang dapat dihitung menggunakan persamaan metode MUSLE. Faktor yang dibutuhkan dalam mencari nilai sedimen telah dihitung sebelumnya, yaitu nilai debit puncak (Vq) dapat dilihat pada Tabel 4.12, nilai volume limpasan (Qp) pada Tabel 4.9, nilai erodibilitas tanah (K) pada Tabel 4.1, nilai panjang dan kemiringan lereng (LS) pada Tabel 4.2, nilai pengelolaan tanaman dan tindakan konversi (CP) pada Tabel 4.3. Berikut contoh perhitungan hasil sedimen untuk tahun 2011.

$$SY = 11,8(Vq.Qp)^{0,56} \cdot K \cdot LS \cdot CP$$

$$SY = 11,8(10130899 \times 378,975)^{0,56} \times 0,267 \times 0,965 \times 0,199 = 141152,9 \text{ ton/tahun.}$$

Perhitungan hasil sedimen tahun lainnya dapat dihitung menggunakan cara yang sama seperti diatas. Tabel perhitungan hasil sedimen di DAS Mayang dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Perhitungan hasil sedimen di DAS Mayang

Tahun	Qp (m ³ /s)	Vq (m ³)	K	LS	CP	Hasil Sedimentasi
2011	378,9747	10130899	0,267	0,965	0,199	141152,937
2012	378,9747	10834878	0,267	0,965	0,199	146564,404
2013	378,9747	22488091	0,267	0,965	0,199	220607,618
2014	378,9747	39265853	0,267	0,965	0,199	301422,363
2015	378,9747	7506328,3	0,267	0,965	0,199	119334,628
2016	378,9747	42376591	0,267	0,965	0,199	314570,233
2017	378,9747	5410169,4	0,267	0,965	0,199	99340,225
2018	378,9747	25586780	0,267	0,965	0,199	237146,003
2019	378,9747	64202661	0,267	0,965	0,199	396969,142
2020	378,9747	12984925	0,267	0,965	0,199	162200,854
Jumlah (ton/tahun)						213930,840
Rerata (ton/ha/tahun)						1,83881200

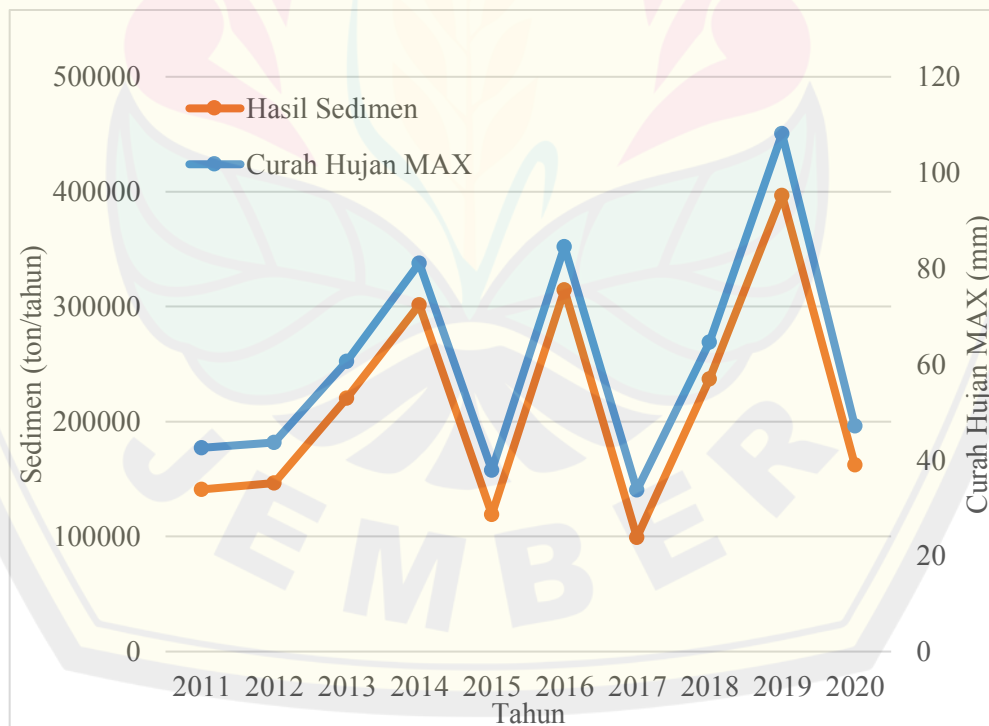
Tabel 4.13 menunjukkan bahwa perubahan nilai hasil sedimen dipengaruhi oleh nilai volume limpasan (Vq). Nilai volume limpasan (Vq) beragam karena nilai curah hujan maksimum setiap tahun yang berbeda nilainya. Berdasarkan Tabel 4.13 hasil sedimen dari tahun 2011–2020 di DAS Mayang sebesar 213930,84 ton/tahun, sedangkan hasil sedimen rata-rata 10 tahun per 1 ha yaitu sebesar 1,83881 ton/ha/tahun. Klasifikasi tingkat sedimentasi yang dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Klasifikasi tingkat sedimentasi

Sedimentasi Ton/Ha/Tahun	Kelas	Skor
< 2	Baik	1
2 – 5	Sedang	3
> 5	Buruk	5

Sumber: Dirjen Rehabilitasi Lahan, 2009

Berdasarkan Tabel 4.14 menyatakan bahwa DAS Mayang dengan nilai sebesar 1,83 Ton/Ha/Thn termasuk dalam klasifikasi kelas baik dengan skor 1. Perbandingan hasil sedimen dengan curah hujan di wilayah DAS Mayang dari tahun 2011–2020 disajikan pada Gambar 4.7 sebagai berikut.



Gambar 4.7 Perbandingan hasil sedimen dengan curah hujan di DAS Mayang

Berdasarkan Gambar 4.7 dapat diketahui bahwa hubungan curah hujan maksimum dengan hasil sedimentasi berbanding lurus. Karena semakin besar nilai curah hujan, maka semakin besar pula hasil sedimentasinya. Dapat dilihat dari grafik hasil sedimentasi mengikuti grafik curah hujan, kenaikan dan penurunannya selalu bersamaan.



BAB 5. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai analisis sedimentasi dengan metode MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) pada DAS Mayang, maka dapat diambil kesimpulan bahwa hasil akhir sedimentasi di DAS Mayang selama 10 tahun sebesar 1,838812 ton/ha/tahun yang termasuk dalam klasifikasi tingkat sedimentasi baik. Hubungan curah hujan dengan hasil sedimentasi berbanding lurus. Karena semakin besar nilai curah hujan, maka semakin besar pula hasil sedimentasinya.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian mengenai analisis sedimentasi dengan metode MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) pada DAS Mayang, saran yang dapat diberikan adalah dikarenakan klasifikasi tingkat sedimentasi DAS Mayang termasuk dalam kelas baik atau aman, maka untuk mempertahankan tingkat sedimentasi yang baik kedepannya perlu dilakukan tindakan konservasi atau rekayasa tutupan lahan agar hasil laju sedimentasi tiap tahunnya dapat lebih stabil walaupun dengan curah hujan yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyani, I., Wahyuningsih, S. And Karim, M.D., 2019. Prediksi Laju Sedimentasi dan Erosi di Sub DAS Kemuning Menggunakan Rainfall Simulator. *agriTECH*, 39(3), pp.179-187.
- Arsyad, S. 2012. *Konservasi Tanah Dan Air*. Bogor: No. Penerbit IPB Press.
- Arzi, Zulfikri. 2012. Prediksi Erosi Menggunakan Metode USLE di Gunung Sanggabuana Jawa Barat. *Skripsi*. Universitas No. Depok
- Asdak, C. 2020. *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. No.: Gajah Mada University Press.
- Awaludin, N. 2010. *Geographical Information System with ArcGis 9.x*. Yogyakarta. Andi.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah. 2007-2015. Rekapitulasi Badan Penanggulangan Bencana Daerah.
- Badaruddin, Kadir, S., Khalis, S., dan Ridwan, I. 2021. *Kajian Erosi Pada Berbagai Unit Lahan Di DAS Kintap*. Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat.: Lambung Mangkurat.
- Bappenas. (2012). *Analisa Perubahan Penggunaan Lahan di Ekosistem DAS dalam Menunjang Ketahanan Air dan Ketahanan Pangan*. E-book. No.: Direktorat Kehutanan dan Konservasi Sumber Daya Air.
- Basuki, B., Winarsih, I. and Adhyani, N.L., 2009. Analisis periode ulang hujan maksimum dengan berbagai metode (Return period analyze maximum rainfall with three method). *Agromet*, 23(2), p.246872.
- BR, Sri Harto. (1993). Analisis Hidrologi. No. : Gramedia Pustaka Utama.
- Cahyani, H. C., E. Hidayah, R. U. A. Wiyono, G. Halik, dan W. Y. Widiarti. 2021. Prediksi laju sedimentasi pada sungai jatiroto. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*. 17(1):64.
- Devatha, C.P., V. Deshpande, dan M.S. Renukprasad. 2015. Estimation of Soil Loss Using USLE Model for Kulhan Watershed Chatitigarh. *Aquatic Procedia*. 4:1429-1436.
- El Jazouli, A., Barakat, A., Ghafiri, A., El Moutaki, S., Ettaqy, A., & Khellouk, R. (2017). Soil erosion modeled with USLE, GIS, and remote sensing: a case study of Ikkour watershed in Middle Atlas (Morocco). *Geoscience Letters*, 4(1), 1–12.

- Fauzi, M., Y. F. Handayani, dan Rinaldi. 2012. Pemilihan distribusi frekuensi hujan harian maksimum tahunan pada wilayah sungai akuaman provinsi sumatera barat. *Jurnal Sains Dan Teknologi*. 11(1):18–24.
- Giyanti F, D., Riduan R., & Aprilliantari R, 2014, Identifikasi Tingkat Bahaya Erosi Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) Pada Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Riam Kanan. *Jurnal Purifikasi*, 14:1-10.
- Kadir, S. 2015. Penutupan Lahan Untuk Pengendalian Tingkat Kekritisitas DAS Satu Provinsi No. Selatan. *Jurnal Hutan Tropis* 3(2): 145-152.
- Kamiana, I.M. 2010. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Graha Ilmu. No.
- Kias, M.F., Ramlan, Zainuddin, R. 2016. Prediksi Erosi Tanah di DAS (Daerah Aliran Sungai) Paneki Kecamatan Biromaru Kabupaten Sigi. *Jurnal Agrotekbis*, 4 (6): 667-664.
- Nugraheni. 2013. Perbandingan Hasil Prediksi Laju Erosi Dengan Metode Usle, Musle, Rusle Di Das Keduang. *Jurnal Matriks Teknik Sipil*. 318-325
- Nurrohman, A. dan A. Adlina. 2019. PEMETAAN kondisi tutupan lahan di sub daerah aliran sungai (das) sebagai tolak ukur perencanaan tata ruang wilayah studi kasus: sub das citarum yang ada di kawasan bandung utara. *Seminar Nasional Geomatika*. 3
- Prasetyo, B.H., N. S. D. S. W. 2003. *Teknik Konservasi Tanah Secara Vegetatif*. April. *Angewandte Chemie No. Edition*, 6(11), 951–952.
- Prasetyo, D. 2019. Pengembangan alat pendeteksi kandungan nutrisi tanah berbasis arduino. *Seminar Hasil Elektro ITN Malang*.
- Sarimai, A. 2017. Analisis karakteristik sedimentasi sungai bialo dengan aplikasi surface water modeling system. *Universitas Hasanuddin*
- Sartika Ka'u Soekarno, D. dan I. R. Mangangka. 2016. Analisis debit banjir sungai molompar kabupaten minahasa tenggara. *Jurnal Sipil Statik*. 4(2):123–133.
- Sidik, A. A. 2019. Kepadatan Tanah Di Berbagai Penggunaan Lahan Serta Pengaruhnya Terhadap Erosi Di Sub DAS Brantas Hulu. Brawijaya University.
- Sihaloho, R., Sujatmoko, B. and Fauzi, M., 2020. Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Prediksi Erosi Lahan dengan Metode MUSLE. *JURNAL TEKNIK*, 14(2), pp.153-162.
- Soewarno, 2014. Aplikasi Metode Statistika untuk Analisis Data Hidrologi. Graha Ilmu. No.

Sudiarsana, I. K. M. Budiasa, dan M. A. P. Duarsa. 2019. Pertumbuhan dan produksi hijauan *panicum maximum* cv. *trichoglume* pada jenis tanah dan dosis pupuk tsp berbeda. *Peternakan Tropika*. 7(3):1148–1163.

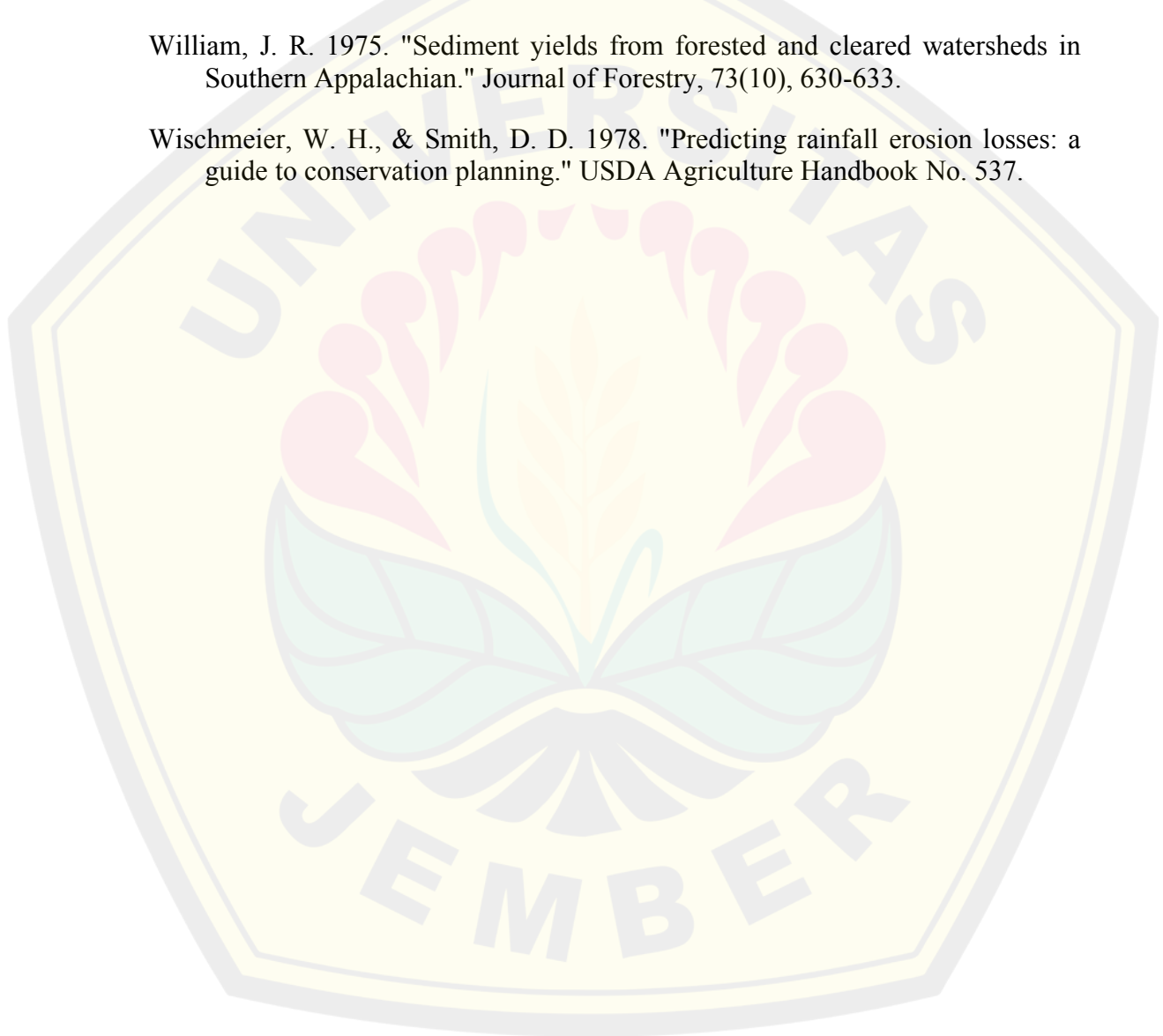
Suripin. 2014. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Andi Offset: Yogyakarta.

Triatmodjo, B. (2013). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.

U.S. Dept. of Agriculture (USDA). (2004). "Estimation of direct runoff from storm rainfall." Chapter 10, part 630, National engineering handbook, USDA Natural Resource Conservation Service (NRCS), Washington, DC.

William, J. R. 1975. "Sediment yields from forested and cleared watersheds in Southern Appalachian." *Journal of Forestry*, 73(10), 630-633.

Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. 1978. "Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning." USDA Agriculture Handbook No. 537.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Nilai erodibilitas tanah (K) berdasarkan jenis tanah

No.	Jenis Tanah	Nilai K
1	Alluvial	0,29
2	Andosol	0,28
3	Brown Forest	0,28
4	Glei	0,29
5	Grumusol	0,16
6	Latosol	0,26
7	Litosol	0,13
8	Mediteran	0,16
9	Organosol	0,29
10	Podsolik merah	0,2
11	Regosol	0,31

Sumber: Bappenas (2012)

Lampiran 2. Klasifikasi kemiringan lereng

Kondisi	Kelas Lereng (%)	Nilai LS
Datar	0 – 8	0.4
Landai	8 – 15	1.4
Agak curam	15 – 25	3.1
Curam	25 – 45	6.8
Sangat curam	> = 45	9.5

Sumber : Arsyad (2012)

Lampiran 3. Parameter CP pada berbagai jenis penggunaan lahan

No.	Konservasi dan Pengelolaan Tanaman	Nilai CP
1	Kebun	0,30
2	Tanah kosong/ padang umput	0,02
3	Ladang	0,28
4	Hutan	0,001
5	Sawah irigasi	0,02
6	Semak belukar	0,10
7	Sungai	0,001
8	Pemukiman	1
9	Sawah tadah hujan	0,05
10	Empang	0,001
11	Rawa/ hutan rawa	0,01
12	Danau/ bendungan	0,001
13	Pasir	1

Sumber: Bappenas (2012)

Lampiran 4. Nilai *Reduce Standart Deviation (Sn)* dan *Reduced Mean (Yn)*

<i>N</i>	<i>Sn</i>	<i>Yn</i>	<i>N</i>	<i>Sn</i>	<i>Yn</i>
10	0,9497	0,4952			
15	1,0210	0,5128	60	1,1750	0,5521
20	1,0630	0,5236	70	1,1850	0,5548
25	1,0910	0,5390	80	1,1940	0,5567
30	1,1120	0,5362	90	1,2010	0,5586
35	1,1280	0,5430	100	1,2060	0,5600
40	1,1410	0,5436	20	1,2360	0,5672
45	1,1520	0,5463	500	1,2590	0,5724
50	1,1610	0,5485	1000	1,2690	0,5745

Sumber : Kamiana, 2010

Lampiran 5. Nilai *Reduced Variate (Yt)*

Periode Ulang <i>T</i> (Tahun)	<i>Yt</i>
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2504
20	2,9702
25	3,125
50	3,9019
100	4,6001

Sumber : Kamiana, 2010

Lampiran 6. Nilai *CN* untuk beberapa tataguna lahan

Jenis Tataguna Tanah	Tipe Tanah			
	A	B	C	D
Lahan Pertanian	62	71	78	81
Semak Belukar	49	69	79	84
Padang Rumput	39	61	74	80
Hutan dan Sungai	25	55	70	77
Permukiman	77	85	90	92

Sumber : Triatmodjo, 2013

Lampiran 7. Nilai parameter *Chi-Square* kritis χ^2_{cr} (uji satu sisi)

dk	<i>a</i> (derajat kepercayaan)							
	0,995	0,990	0,975	0,950	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,338	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,448	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	32,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,114	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,543	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,286	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,854	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,733	46,979	50,892	53,672

Lampiran 8. Klasifikasi tanah secara hidrologi berdasarkan tekstur tanah

Tekstur Tanah	Laju Infiltrasi Minimum (f_c) (mm/jam)	Pengelompokkan Tanah Secara Hidrologi
<i>Sand Loamy</i>	210	A
<i>Sand Sandy</i>	61	A
<i>LoamLoam</i>	26	B
<i>Silty Loam</i>	13	B
<i>Sandy Clay loam</i>	6,9	C
<i>Silty Clay loam</i>	4,3	C
<i>Clay Loam</i>	2,3	D
<i>Sandy Clay</i>	1,5	D
<i>Silty Clay</i>	1,3	D
<i>Clay</i>	1,0	D
	0,5	D

Sumber : Triatmodjo, 2013

Lampiran 9. Persentase β_2 menurut Melchior

F (Km ²)	Lama Hujan, t (jam)										
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	16	24
0	44	64	80	89	92	92	93	94	95	96	100
10	37	57	70	80	82	84	87	90	91	96	100
50	29	45	57	66	70	74	79	83	88	94	100
300	20	33	43	52	57	61	69	77	85	93	100
~	12	23	32	42	50	54	66	74	83	92	100

Sumber: Subarkah (1980)

Lampiran 10. Perkiraan intensitas hujan harian menurut Melchior

Luas Elips Km ²	I m ³ /detik/Km ²	Luas Elips (Km ²)	I m ³ /detik/Km ²	Luas Elips (Km ²)	I m ³ /detik/Km ²
0.40	29.60	144	4.75	720	2.30
0.72	22.45	216	4.00	1080	1.185
1.20	19.90	288	3.60	1440	1.155
7.20	14.15	360	3.30	2100	1.120
14	11.85	432	3.05	2880	1.00
29	9.00	504	2.85	4320	0.70
72	6.25	576	2.65	5760	0.54
108	5.25	648	2.45	7200	0.48

Sumber: Subarkah (1980)

Lampiran 11. Penambahan persentase *Melchior*

tc (menit)	%	tc (menit)	%	tc (menit)	%
0 - 40	2	895 - 980	13	1860 - 1950	24
40 - 115	3	980 - 1070	14	1950 - 2035	25
115 - 190	4	1070 - 1155	15	2035 - 2120	26
190 - 270	5	1155 - 1240	16	2120 - 2210	27
270 - 360	6	1240 - 1330	17	2210 - 2295	28
360 - 450	7	1330 - 1420	18	2295 - 2380	29
450 - 540	8	1420 - 1510	19	2380 - 2465	30
540 - 630	9	1510 - 1595	20	2465 - 2550	31
630 - 720	10	1595 - 1680	21	2550 - 2640	32
720 - 810	11	1680 - 1770	22	2640 - 2725	33
810 - 895	12	1770 - 1860	23	2725 - 2815	34

Sumber: Subarkah (1980)

Lampiran 12. Perhitungan distribusi probabilitas Gumbel

1. Analisis distribusi Probabilitas Gumbel diawali dengan perhitungan nilai rata-rata hujan maksimum (*Xrata-rata*). Rata-rata hujan maksimum (*Xrata-rata*) dihitung menggunakan Persamaan 2.2. Perhitungan rata-rata hujan maksimum (*X*) adalah sebagai berikut

$$\sum xi = 42,50 + 43,67 + 60,57 + 81,02 + 37,86 + 84,56 + 33,71 \\ + 64,58 + 108,10 + 47,11$$

$$\sum xi = 603,67$$

$$Xrata - rata = \frac{\sum Xi}{n}$$

$$Xrata - rata = \frac{603,67}{10}$$

$$Xrata - rata = 60,367$$

Untuk membantu perhitungan hujan rancangan maka terlebih dahulu dihitung parameter statistik. Berikut contoh perhitungan parameter statistik untuk tahun 2011.

$$(Xi - Xrata - rata)^2 = (42,50 - 60,367)^2 = 319,2117$$

Untuk perhitungan parameter statistik pada tahun lainnya dapat dihitung dengan cara yang sama.

2. Menghitung harga simpangan baku atau standar deviasi (Std) dengan Persamaan :

$$Std = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - Xratarata)^2}{n - 1}}$$

$$Std = \sqrt{\frac{5298,834^2}{10 - 1}}$$

Diperoleh Std = 24,26436

3. Menentukan nilai Yn dan Sn berdasarkan tabel distribusi gumbel. Karena jumlah data ada 10 berdasarkan Tabel 2.6 maka,

- Nilai Yn = 0,4952

- Nilai Sn = 0,9497

4. Menghitung hujan rancangan dengan kala ulang tertentu, menggunakan Persamaan:

$$Rt = Xrata\ rata + (Std \times K)$$

dengan K didapat dari Persamaan:

$$K = \frac{Yt - Yn}{Sn}$$

dengan Yt didapat dari Persamaan:

$$Yt = -\ln \left[-\ln \frac{Tr(x) - 1}{Tr(x)} \right]$$

Contoh perhitungan dengan kala ulang 5 tahun adalah sebagai berikut:

$$Yt = -\ln \left[-\ln \frac{1 - 1}{1} \right] = 0,3665$$

$$K = \frac{0,3665 - 0,4952}{0,9497} = -0,136$$

$$Rt = 60,367 + (24,264 \times -0,136) = 57,079$$

Untuk perhitungan parameter statistik pada tahun lainnya dapat dihitung dengan cara yang sama.

Lampiran 13. Perhitungan Uji *Chi-Square*

1. Menghitung jumlah kelas dengan Persamaan:

$$K = 1 + 3,3 \log n$$

$$K = 1 + 3,3 \log 10 = 4,32 \text{ dibulatkan menjadi 5 kelas}$$

2. Kemudian menghitung kelas distribusi sesuai dengan jumlah kelas yang telah ditentukan sebelumnya. Berikut ini adalah uraian perhitungan kelas distribusi:

$$\text{Kelas distribusi} = \frac{1}{K} \times 100\%$$

$$\text{Kelas distribusi} = \frac{1}{5} \times 100\%$$

Kelas distribusi = 20 % interval distribusi adalah : 20 %, 40 %, 60 % dan 80%

Persentase 20 %:

$$P(x) = 20 \% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P(x)} = \frac{1}{0,2} = 5 \text{ tahun}$$

Persentase 40 %:

$$P(x) = 40 \% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P(x)} = \frac{1}{0,4} = 2,5 \text{ tahun}$$

Persentase 60 %:

$$P(x) = 60 \% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P(x)} = \frac{1}{0,6} = 1,67 \text{ tahun}$$

Persentase 80 %:

$$P(x) = 80 \% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P(x)} = \frac{1}{0,8} = 1,25 \text{ tahun}$$

3. Menghitung nilai X , dapat dilihat pada Tabel 4.8

$$X = \text{Xrata rata} + (\text{Std} \times K)$$

$$Y_t = -\ln \left[-\ln \frac{Tr(x) - 1}{Tr(x)} \right]$$

$$Y_t = -\ln \left[-\ln \frac{1,25 - 1}{1,25} \right] = -0,4759$$

$$K = \frac{-0,4759 - 0,4952}{0,9497} = -1,0225$$

$$X = 60,367 + (24,264 \times (-1,0225)) = 35,556$$

Tabel Perhitungan Batas Kelas

Luasan (%)	Pr	Tr	Yt	K	X
20	80	1,25	-0,476	-1,0225	35,5563
40	60	1,67	0,087	-0,4294	49,9485
60	40	2,5	0,672	0,1859	64,8772
80	20	5	1,500	1,0580	86,0377

4. Menghitung banyaknya data (O_j) berdasarkan batas kelas

$$\text{Kelas 1} = 0 - 35,5563$$

Jumlah data dalam kelas ini adalah 1 data

5. Menghitung frekuensi teoritis (E_j)

$$E_j = 20\% \times n$$

$$E_j = 20\% \times 10$$

$$E_j = 2$$

6. Menghitung χ^2 dengan Persamaan:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$$\text{Diperoleh } \chi^2 = 1$$

Tabel Perhitungan Uji *Chi Square*

Tabel Kisaran Kelas				Tabel Perhitungan Chi Square		
Kelas	Distribusi Gumbel			E_j	O_j	$(O_j - E_j)^2 / E_j$
1	0	~	35,556	2	1	0,5000
2	35,556	~	49,949	2	4	2,0000
3	49,949	~	64,877	2	2	0,0000
4	64,877	~	86,038	2	2	0,0000
5	86,038	~	∞	2	1	0,5000
χ^2						3,0000

7. Langkah selanjutnya adalah perhitungan derajat kebebasan (Dk) dengan Persamaan 2.8.

$$Dk = K - (p + 1)$$

$$Dk = 5 - (2 + 1) = 2$$

Derajat nyata atau derajat kepercayaan (α) tertentu yang digunakan adalah 5%. Nilai χ^2_{cr} dapat ditentukan dengan Lampiran 8. Diketahui nilai $Dk = 2$ dan $\alpha = 5\%$ sehingga didapatkanlah nilai $\chi^2_{cr} = 5,991$.

Lampiran 14. Perhitungan debit puncak (Q_p) metode *Melchior*

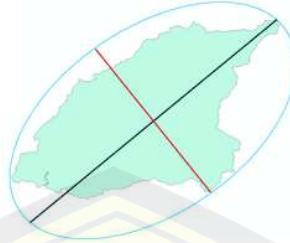
Hasil dari pengolahan menggunakan *software ArcGis 10.3* untuk panjang sungai (L) dan luas DAS Mayang (A) adalah sebagai berikut.

$$\text{Luas DAS } (A) = 1163,419 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang Sungai } (L) = 74,27 \text{ km.}$$

Elevasi hulu – hilir sebesar 631 m dan 3 m.

Langkah pertama yang dilakukan yaitu menentukan luas elips DAS Mayang sebagaimana pada Gambar 4.6.



Gambar Luas Elips

Keterangan

— = a

— = b

Panjang a sebesar 67,28 km

Panjang b sebesar 38,81 km

Berikut merupakan langkah langkah menentukan debit puncak menggunakan metode *Melchior* sebagai berikut.

1. Menentukan luas elips *Melchior* (F), Perbedaan elevasi hulu–hilir, Kemiringan rata rata sungai (S), dan β_1 .

$$F = \frac{1}{4} a \times b = \frac{1}{4} 67,28 \times 38,81 = 2049,43 \text{ km}^2$$

$$H = 631 - 3 = 628 \text{ m}$$

$$S = \frac{H}{0,9 L} = \frac{628}{0,9 \times 74,27} = 0,00939$$

Dengan nilai $F = 2049,43 \text{ km}^2$, β_1 dapat dihitung dengan Persamaan:

$$F = \frac{1970}{\beta_1 - 0,12} - 3960 + (1720 \times \beta_1)$$

$$2049,43 = \frac{1970}{\beta_1 - 0,12} - 3960 + (1720 \times \beta_1)$$

Diperoleh $\beta_1 = 0,503$

2. Menaksir nilai I1 berdasarkan Lampiran 10 dan nilai $F = 3588,98 \text{ km}^2$ dengan cara interpolasi. Berikut perhitungan interpolasinya

$$X_1 = 1,55$$

$$X_2 = 1,20$$

$$Y_1 = 1440$$

$$Y_2 = 2100$$

$$Y = 2049,43$$

$$X = X1 + \frac{Y - Y1}{Y2 - Y1}(X2 - X1)$$

$$X = 1 + \frac{2049,43 - 1440}{2100 - 1440}(1,20 - 1,55)$$

Diperoleh $X = 1,227$

3. Menghitung Q

$$Q = \beta_1 \times I1 \times A$$

$$Q = 0,503 \times 1,227 \times 1163,419$$

Diperoleh $Q = 717,853 \text{ m}^3/\text{s}$

4. Menghitung V

$$V = 1,31 \times (Q \times S^2)^{0,2}$$

$$V = 1,31 \times (717,853 \times 0,0093946^2)^{0,2}$$

Diperoleh $V = 0,75 \text{ m/s}$

5. Menghitung t_c

$$t_c = \frac{10 L}{36 V} = \frac{10 \times 74,27}{36 \times 0,75}$$

Diperoleh $t_c = 27,35 \text{ jam}$

6. Menghitung β_2 dan β

Berdasarkan nilai $F=2049,43 \text{ km}^2$; $t_c=27,35 \text{ jam}$. Berdasarkan Lampiran

9. diperoleh $\beta_2 = 100\%$

Sehingga $\beta = 1 \times 0,503 = 0,503$

7. Menghitung I sebenarnya (I_2)

$$I_2 = \frac{10 \times \beta \times 200}{36 t_c}$$

$$I_2 = \frac{10 \times 0,503 \times 200}{36 \times 27,35}$$

Diperoleh $I_2 = 1,02$

Karena nilai I_1 tidak sama dengan I_2 , maka perhitungan diulangi lagi dimulai dari perhitungan nilai Q sampai diperoleh $I_1 = I_2$. Dalam kasus seperti ini nilai $I_1 = I_2$, setelah nilai $I_2 = I_1 = 0,976 \text{ m}^3/\text{det}/\text{km}^2$ dan $t_c = 28,63 \text{ jam} = 1717,60 \text{ menit}$. Untuk $t_c = 1717,60 \text{ menit}$ besarnya koreksi 22%

berdasarkan Lampiran 11 Penambahan Persentase *Melchior* karena 1717,60 menit termasuk dalam kelas T_c 1680-1770 dengan nilai koreksi 22%.

Sehingga curah hujan (I) = $1,22 \times 0,976 = 1,19 \text{ m}^3/\text{det}/\text{km}^2$.

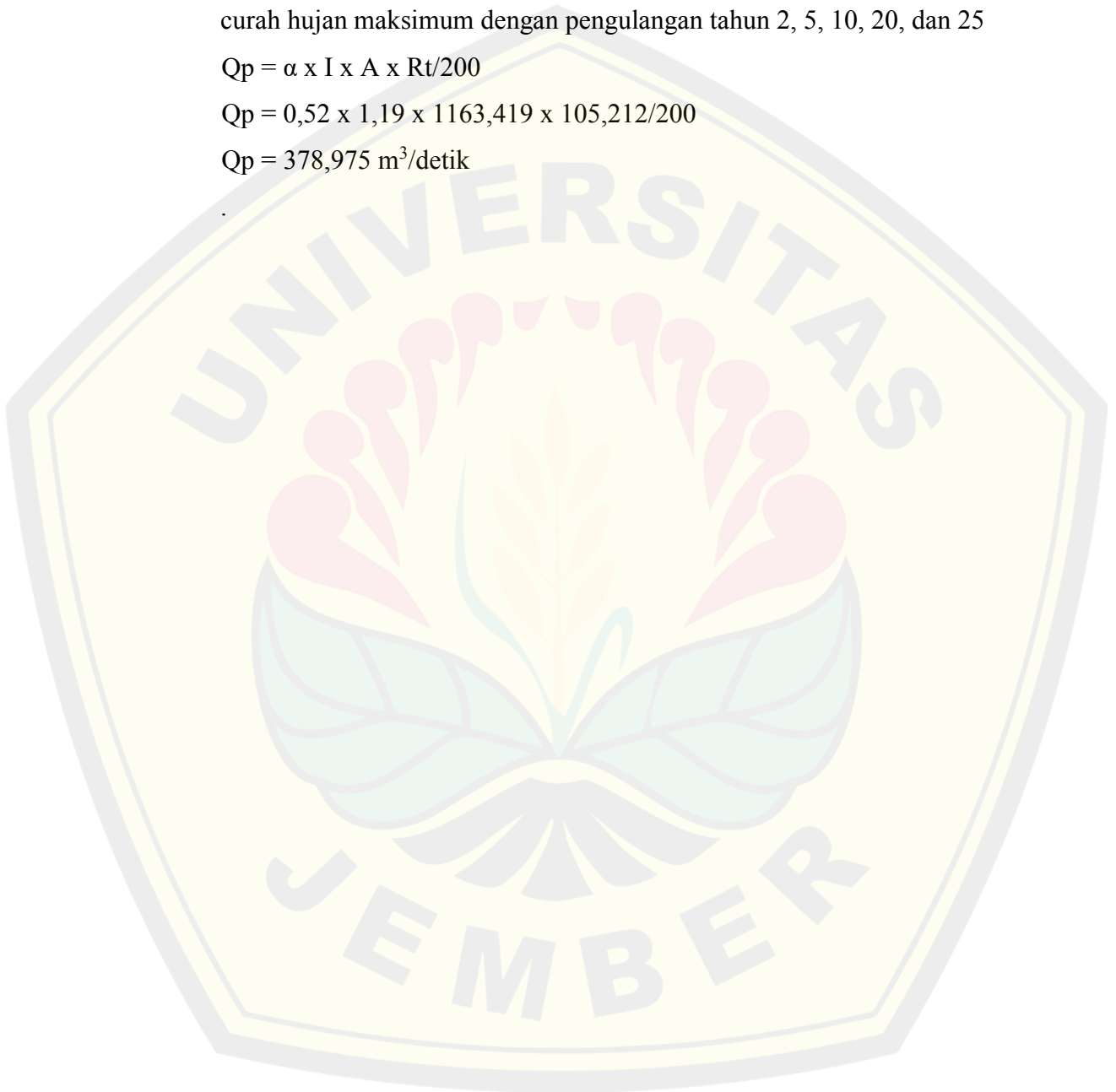
8. Menentukan debit puncak dengan metode *Melchior*

Berikut merupakan perhitungan nilai debit puncak (Q_p) menggunakan curah hujan maksimum dengan pengulangan tahun 2, 5, 10, 20, dan 25

$$Q_p = \alpha \times I \times A \times R_t/200$$

$$Q_p = 0,52 \times 1,19 \times 1163,419 \times 105,212/200$$

$$Q_p = 378,975 \text{ m}^3/\text{detik}$$



Lampiran 15. Rekap Curah Hujan Maximum Tahunan

2011

Suren	Ledokombo	Sbr Jati	Silo	Seputih	Kr Kedawung	Tempurejo	Pakusari	Jenggawah	DAM Talang	Karanganyar	Sanenrejo	Jatimulyo	Sumberejo	Kesilir Timur	Sabrang		
0,02	0,03	0,15	0,07	0,04	0,08	0,04	0,01	0,02	0,03	0,04	0,31	0,05	0,08	0,01	0,02	Jumlah	MAX
2,76	1,43	0,30	4,07	2,75	2,28	1,70	1,39	0,48	0,35	0,00	21,47	0,32	2,61	0,00	0,60	42,50	42,50
2,17	4,31	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,12	0,00	11,51	0,00	0,00	0,00	0,00	19,52	
0,00	1,16	7,58	1,86	3,13	5,32	1,13	1,36	0,93	2,01	2,47	4,98	0,00	6,49	0,39	0,22	39,04	
0,00	1,56	3,34	4,20	1,41	3,80	0,00	0,29	0,59	0,03	0,12	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	15,60	
1,22	0,46	0,00	3,10	3,35	0,00	0,00	0,00	0,14	0,32	0,40	0,00	0,53	2,45	0,09	0,62	12,69	
0,37	2,45	1,21	2,48	3,35	6,07	0,30	0,87	0,00	0,85	0,65	5,91	0,00	0,00	0,05	0,42	24,99	
0,00	0,00	0,45	0,07	0,95	0,00	2,27	0,13	0,92	1,17	0,20	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	6,79	
2,76	1,43	0,30	4,07	2,75	2,28	1,70	1,39	0,48	0,35	0,00	21,47	0,32	2,61	0,00	0,60	42,50	
0,00	0,00	6,37	0,00	0,92	3,49	1,89	0,59	1,73	3,62	3,72	0,00	0,00	3,16	0,51	0,00	26,00	
0,00	0,00	6,37	0,00	0,92	3,49	1,89	0,59	1,73	3,62	3,72	0,00	0,00	3,16	0,51	0,00	26,00	
0,00	0,00	6,37	0,00	0,92	3,49	1,89	0,59	1,73	3,62	3,72	0,00	0,00	3,16	0,51	0,00	26,00	
0,00	0,90	0,76	0,55	0,11	0,76	0,00	0,29	0,39	1,14	0,73	31,43	1,32	3,16	0,27	0,00	41,80	
0,61	0,50	1,21	0,76	1,09	2,28	0,00	0,00	0,83	0,58	2,18	0,00	3,59	2,14	0,28	0,77	16,82	
0,00	1,16	7,58	1,86	3,13	5,32	1,13	1,36	0,93	2,01	2,47	4,98	0,00	6,49	0,39	0,22	39,04	
0,00	0,00	6,37	0,00	0,92	3,49	1,89	0,59	1,73	3,62	3,72	0,00	0,00	3,16	0,51	0,00	26,00	
0,42	0,00	2,27	1,03	0,95	0,15	0,98	0,16	0,09	0,50	2,02	0,00	1,00	3,32	0,32	1,47	14,70	

2012

2,46	0,00	8,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,28	43,67
0,49	4,87	0,30	0,96	2,01	3,42	0,94	0,12	1,10	0,20	3,56	8,40	4,23	7,12	0,41	2,02	40,16	
0,00	0,00	11,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00	0,10	12,63	
0,00	0,00	0,00	6,34	3,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,76	
0,00	1,29	0,30	3,93	4,72	7,14	1,32	0,04	0,33	0,06	0,61	4,36	2,11	4,43	0,15	1,25	32,04	
0,00	1,29	0,30	3,93	4,72	7,14	1,32	0,04	0,33	0,06	0,61	4,36	2,11	4,43	0,15	1,25	32,04	
0,44	0,00	2,12	0,00	0,00	0,00	2,65	0,35	0,00	0,35	0,00	5,91	0,00	0,00	0,00	0,15	11,98	
1,54	0,00	2,73	0,00	0,00	0,00	0,00	1,86	0,00	0,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,92	
0,49	4,87	0,30	0,96	2,01	3,42	0,94	0,12	1,10	0,20	3,56	8,40	4,23	7,12	0,41	2,02	40,16	
1,15	0,00	0,61	1,52	0,00	0,00	0,00	0,23	0,00	2,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,01	
0,00	0,00	0,00	3,38	3,70	5,16	1,70	0,13	0,77	0,00	5,17	0,00	5,34	6,01	0,56	2,07	33,99	
0,16	0,00	0,61	1,10	1,66	0,00	0,00	0,34	0,00	0,12	0,00	39,52	0,00	0,00	0,00	0,17	43,67	
0,00	0,00	0,00	3,38	3,70	5,16	1,70	0,13	0,77	0,00	5,17	0,00	5,34	6,01	0,56	2,07	33,99	
0,49	4,87	0,30	0,96	2,01	3,42	0,94	0,12	1,10	0,20	3,56	8,40	4,23	7,12	0,41	2,02	40,16	
0,00	0,00	0,00	3,38	3,70	5,16	1,70	0,13	0,77	0,00	5,17	0,00	5,34	6,01	0,56	2,07	33,99	
0,00	0,00	0,00	3,38	3,70	5,16	1,70	0,13	0,77	0,00	5,17	0,00	5,34	6,01	0,56	2,07	33,99	

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

2013

2,57	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,15	4,26	60,57
0,14	4,28	0,00	0,96	4,19	0,00	1,51	0,00	0,00	0,23	0,20	3,42	0,00	0,55	0,00	0,00	15,50	
0,28	0,33	5,91	6,69	1,69	5,77	2,27	0,18	0,53	0,23	0,28	5,29	2,96	1,34	0,15	0,00	33,90	
0,28	0,33	5,91	6,69	1,69	5,77	2,27	0,18	0,53	0,23	0,28	5,29	2,96	1,34	0,15	0,00	33,90	
0,14	4,28	0,00	0,96	4,19	0,00	1,51	0,00	0,00	0,23	0,20	3,42	0,00	0,55	0,00	0,00	15,50	
0,00	0,17	5,00	5,65	2,50	9,11	0,00	1,76	0,00	0,73	3,11	9,02	0,90	2,53	0,23	0,00	40,72	
0,89	1,33	1,82	3,38	0,70	1,67	2,27	0,15	1,32	0,85	3,23	24,89	1,95	1,90	0,08	0,00	46,43	
0,00	0,17	5,00	5,65	2,50	9,11	0,00	1,76	0,00	0,73	3,11	9,02	0,90	2,53	0,23	0,00	40,72	
1,12	1,99	2,88	2,62	0,49	0,76	0,94	0,92	1,94	2,83	3,23	40,14	0,11	0,55	0,04	0,00	60,57	
0,28	0,33	5,91	6,69	1,69	5,77	2,27	0,18	0,53	0,23	0,28	5,29	2,96	1,34	0,15	0,00	33,90	
0,00	0,00	0,61	0,41	0,70	4,56	0,60	0,54	0,74	1,05	4,37	0,00	2,43	0,00	0,22	0,00	16,23	
1,12	1,99	2,88	2,62	0,49	0,76	0,94	0,92	1,94	2,83	3,23	40,14	0,11	0,55	0,04	0,00	60,57	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	2,28	0,00	0,10	0,00	0,61	2,91	18,36	4,75	3,01	0,00	0,72	33,03	
0,00	0,40	0,30	0,55	1,09	0,76	0,00	0,15	0,42	1,28	3,40	11,82	2,38	6,88	0,53	2,04	32,01	
0,00	0,40	0,30	0,55	1,09	0,76	0,00	0,15	0,42	1,28	3,40	11,82	2,38	6,88	0,53	2,04	32,01	
0,00	0,40	0,30	0,55	1,09	0,76	0,00	0,15	0,42	1,28	3,40	11,82	2,38	6,88	0,53	2,04	32,01	

2014

2,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,46	81,02
0,00	6,80	1,21	0,62	0,00	0,00	1,70	1,64	0,00	0,50	1,86	0,00	1,22	1,11	0,13	0,67	17,46	
0,14	0,17	32,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,12	0,65	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	33,54	
0,00	0,07	1,36	7,17	0,95	1,29	1,06	0,12	0,00	0,20	1,54	4,36	0,95	0,40	0,08	0,20	19,74	
0,00	2,19	0,00	2,69	3,45	2,13	0,38	0,00	0,15	0,00	0,00	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00	11,92	
1,87	0,60	1,06	4,69	2,22	6,76	2,27	0,16	0,00	0,12	3,15	18,98	4,39	3,24	0,25	0,85	50,59	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,40	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,55	
0,00	6,80	1,21	0,62	0,00	0,00	1,70	1,64	0,00	0,50	1,86	0,00	1,22	1,11	0,13	0,67	17,46	
0,00	0,00	0,00	2,00	0,67	1,06	0,00	0,29	0,68	0,12	0,00	24,27	1,32	1,42	0,03	0,52	32,38	
0,00	0,00	13,95	3,31	0,00	0,00	1,59	1,64	0,08	1,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,14	
0,00	0,99	2,12	5,58	0,00	2,96	1,32	0,00	0,41	0,47	3,19	46,36	0,90	12,66	0,57	3,49	81,02	
0,00	0,99	2,12	5,58	0,00	2,96	1,32	0,00	0,41	0,47	3,19	46,36	0,90	12,66	0,57	3,49	81,02	
1,87	0,60	1,06	4,69	2,22	6,76	2,27	0,16	0,00	0,12	3,15	18,98	4,39	3,24	0,25	0,85	50,59	
0,00	0,99	2,12	5,58	0,00	2,96	1,32	0,00	0,41	0,47	3,19	46,36	0,90	12,66	0,57	3,49	81,02	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00	0,63	
0,00	0,99	2,12	5,58	0,00	2,96	1,32	0,00	0,41	0,47	3,19	46,36	0,90	12,66	0,57	3,49	81,02	

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

2015

2,46	1,66	1,67	3,31	0,00	3,64	0,00	0,03	0,03	0,06	0,65	0,00	0,90	1,82	0,18	0,42	16,82	37,86
2,15	2,65	3,64	6,96	0,00	7,67	0,53	0,00	0,00	0,55	0,69	0,00	0,00	0,24	0,10	0,15	25,33	
0,19	0,13	11,98	5,24	0,95	5,77	0,60	0,44	0,05	0,82	1,66	0,00	1,22	1,03	0,00	0,52	30,59	
0,42	0,66	4,85	9,65	2,32	10,63	1,62	0,92	0,08	1,26	1,09	0,00	2,38	1,27	0,15	0,55	37,86	
0,00	0,00	0,00	1,52	3,10	1,67	0,34	0,00	0,03	0,53	0,00	0,00	0,42	1,19	0,00	0,00	8,79	
0,42	0,66	4,85	9,65	2,32	10,63	1,62	0,92	0,08	1,26	1,09	0,00	2,38	1,27	0,15	0,55	37,86	
0,00	0,00	0,00	2,41	0,00	2,66	2,76	0,15	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,23	
0,40	0,33	1,67	5,65	2,50	6,23	2,19	1,69	0,11	3,80	0,57	0,00	0,85	0,00	0,13	0,45	26,54	
0,00	0,00	0,30	0,83	0,67	0,91	0,42	0,19	0,48	0,38	0,20	0,00	0,48	0,40	0,01	0,15	5,41	
0,40	0,33	1,67	5,65	2,50	6,23	2,19	1,69	0,11	3,80	0,57	0,00	0,85	0,00	0,13	0,45	26,54	
0,00	1,62	1,06	2,14	1,06	2,35	0,26	0,00	0,03	0,50	2,38	0,00	0,79	6,72	0,42	1,79	21,14	
0,00	0,00	0,76	0,83	0,21	0,91	0,26	0,00	0,00	0,12	0,12	27,38	0,32	0,00	0,00	0,00	30,91	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00	3,96	0,00	0,00	0,00	4,37	
0,00	1,62	1,06	2,14	1,06	2,35	0,26	0,00	0,03	0,50	2,38	0,00	0,79	6,72	0,42	1,79	21,14	
0,00	1,62	1,06	2,14	1,06	2,35	0,26	0,00	0,03	0,50	2,38	0,00	0,79	6,72	0,42	1,79	21,14	
0,00	1,62	1,06	2,14	1,06	2,35	0,26	0,00	0,03	0,50	2,38	0,00	0,79	6,72	0,42	1,79	21,14	

2016

1,68	0,00	7,28	1,24	2,01	0,23	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,14	84,56
1,50	4,71	3,94	4,20	0,92	0,46	1,28	0,18	1,43	0,50	1,05	19,91	0,00	1,98	0,17	1,25	43,47	
0,19	0,00	18,50	5,38	0,11	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,89	0,93	0,00	1,66	0,00	0,30	28,02	
0,23	0,17	4,85	6,27	0,00	0,00	0,00	0,09	0,02	0,29	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,97	
0,00	0,17	7,43	4,69	5,07	5,39	1,13	0,95	1,49	0,00	3,40	18,98	2,06	7,12	0,56	2,37	60,80	
0,00	0,00	6,22	0,76	2,32	5,54	0,30	0,06	0,00	0,15	0,00	6,53	1,27	0,55	0,00	0,00	23,70	
0,00	0,17	0,76	0,28	1,13	1,52	3,40	0,22	0,18	0,00	0,08	0,00	2,96	0,00	0,09	0,00	10,78	
0,51	0,63	0,00	0,28	0,74	1,29	0,11	1,12	0,32	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,43	
0,35	0,00	2,12	2,69	0,28	0,76	2,00	0,12	1,80	0,00	0,24	5,91	1,48	0,00	0,18	0,00	17,94	
0,51	0,33	0,00	0,55	1,13	0,00	0,00	0,09	0,15	2,01	0,04	11,20	0,00	0,00	0,00	0,00	16,02	
0,00	0,17	7,43	4,69	5,07	5,39	1,13	0,95	1,49	0,00	3,40	18,98	2,06	7,12	0,56	2,37	60,80	
1,50	4,71	7,43	4,89	5,07	5,39	3,40	1,13	1,49	2,01	3,40	30,18	3,91	7,12	0,56	2,37	84,56	
0,00	0,00	0,91	1,24	0,00	1,75	2,72	0,16	0,32	0,00	0,40	0,00	3,91	0,00	0,00	0,00	11,41	
0,00	0,17	7,43	4,69	5,07	5,39	1,13	0,95	1,49	0,00	3,40	18,98	2,06	7,12	0,56	2,37	60,80	
0,00	0,17	7,43	4,69	5,07	5,39	1,13	0,95	1,49	0,00	3,40	18,98	2,06	7,12	0,56	2,37	60,80	
0,00	0,17	7,43	4,69	5,07	5,39	1,13	0,95	1,49	0,00	3,40	18,98	2,06	7,12	0,56	2,37	60,80	

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

2017

1,99	2,79	0,30	1,31	2,40	9,49	2,15	0,66	0,32	1,17	1,37	0,00	0,53	1,42	0,11	0,40	26,41	33,71
0,00	2,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,24	
0,47	0,36	9,85	1,65	1,30	1,29	0,23	0,73	0,00	0,26	0,24	0,00	1,37	0,63	0,05	0,17	18,63	
0,80	1,82	5,46	2,83	1,59	2,51	1,32	0,00	0,32	0,41	0,00	0,00	1,16	1,74	0,19	0,00	20,13	
0,14	0,27	3,03	0,00	2,99	1,75	0,19	0,81	0,17	0,18	0,12	0,00	0,00	1,66	0,05	0,17	11,52	
1,99	2,79	0,30	1,31	2,40	9,49	2,15	0,66	0,32	1,17	1,37	0,00	0,53	1,42	0,11	0,40	26,41	
0,00	0,00	0,15	1,17	0,00	0,99	2,91	0,10	0,45	0,67	0,32	1,56	0,63	3,64	0,13	0,60	13,33	
0,14	0,27	3,03	0,00	2,99	1,75	0,19	0,81	0,17	0,18	0,12	0,00	0,00	1,66	0,05	0,17	11,52	
0,19	0,00	2,73	1,31	0,70	3,04	0,79	0,19	1,50	0,00	0,65	6,53	0,21	1,42	0,13	0,62	20,02	
0,51	1,13	1,06	0,83	0,00	0,53	2,23	0,13	0,14	2,01	0,36	0,00	0,00	0,87	0,05	0,00	9,85	
0,40	0,00	2,88	1,59	1,51	3,87	2,12	0,00	0,00	0,00	3,11	12,45	2,80	1,98	0,31	0,70	33,71	
1,68	1,72	1,21	1,52	1,06	1,52	1,10	0,25	0,00	0,00	0,28	22,09	0,11	0,40	0,03	0,10	33,06	
1,01	1,86	9,70	0,28	0,67	2,51	0,23	0,10	0,30	0,00	0,00	12,76	3,65	0,00	0,00	0,00	33,05	
0,23	0,33	1,36	0,55	0,60	0,38	0,19	0,10	0,00	0,00	1,98	3,11	1,37	6,25	0,23	1,64	18,34	
0,37	0,73	7,28	1,24	0,46	1,06	0,34	0,18	0,00	0,00	1,13	0,00	0,74	3,72	0,33	1,40	18,98	
0,23	0,33	1,36	0,55	0,60	0,38	0,19	0,10	0,00	0,00	1,98	3,11	1,37	6,25	0,23	1,64	18,34	

2018

3,39	6,23	1,21	6,20	0,21	2,89	0,64	0,13	0,06	0,44	0,16	0,00	0,90	0,24	0,06	0,30	23,07	64,58
3,39	6,23	1,21	6,20	0,21	2,89	0,64	0,13	0,06	0,44	0,16	0,00	0,90	0,24	0,06	0,30	23,07	
0,19	0,23	18,04	0,55	1,13	1,44	0,53	0,10	0,27	0,41	0,57	0,00	1,11	0,87	0,07	0,35	25,85	
3,39	6,23	1,21	6,20	0,21	2,89	0,64	0,13	0,06	0,44	0,16	0,00	0,90	0,24	0,06	0,30	23,07	
0,19	0,23	0,00	0,00	3,59	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	9,65	0,00	0,00	0,00	0,00	13,95	
0,00	0,33	1,52	0,00	2,11	9,80	5,33	0,41	2,73	4,20	4,93	0,93	1,43	8,94	0,07	1,17	43,90	
0,00	0,33	1,52	0,00	2,11	9,80	5,33	0,41	2,73	4,20	4,93	0,93	1,43	8,94	0,07	1,17	43,90	
0,00	1,49	8,19	0,76	0,56	0,30	0,11	0,87	0,05	0,09	0,57	0,00	0,85	2,37	0,00	0,00	16,20	
0,00	0,33	1,52	0,00	2,11	9,80	5,33	0,41	2,73	4,20	4,93	0,93	1,43	8,94	0,07	1,17	43,90	
0,00	0,33	1,52	0,00	2,11	9,80	5,33	0,41	2,73	4,20	4,93	0,93	1,43	8,94	0,07	1,17	43,90	
0,00	0,33	1,52	0,00	2,11	9,80	5,33	0,41	2,73	4,20	4,93	0,93	1,43	8,94	0,07	1,17	43,90	
0,00	0,00	0,00	3,79	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,08	60,67	0,00	0,00	0,00	0,00	64,58	
0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53	0,91	0,10	0,35	0,53	0,73	0,00	5,07	4,75	0,00	0,62	13,96	
0,00	0,33	1,52	0,00	2,11	9,80	5,33	0,41	2,73	4,20	4,93	0,93	1,43	8,94	0,07	1,17	43,90	
0,00	0,00	0,76	0,00	0,32	0,91	0,11	0,34	0,11	0,12	0,00	0,00	2,22	2,29	0,66	2,59	10,42	
0,00	0,00	0,76	0,00	0,32	0,91	0,11	0,34	0,11	0,12	0,00	0,00	2,22	2,29	0,66	2,59	10,42	

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

2019

2,76	2,82	1,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	0,06	0,18	0,32	23,02	0,42	0,00	0,00	0,00	31,76	108,10
1,75	3,38	9,85	2,21	0,70	1,37	2,46	0,00	0,45	2,22	0,81	3,42	0,00	2,45	0,15	1,15	32,38	
0,28	0,83	17,43	4,62	0,00	2,43	0,26	0,00	0,30	0,20	0,12	11,82	0,42	0,16	0,03	0,05	38,97	
0,56	0,56	17,43	5,65	1,44	3,72	1,89	0,15	0,54	0,82	3,72	5,29	0,00	1,66	0,34	1,67	45,45	
0,72	0,66	13,95	4,34	2,89	3,11	0,04	0,00	0,60	0,15	0,61	27,07	0,00	0,32	0,00	0,62	55,08	
0,00	0,33	7,13	0,00	2,11	9,80	5,33	0,41	3,01	4,20	4,93	60,67	0,00	8,94	0,07	1,17	108,10	
0,00	0,33	7,13	0,00	2,11	9,80	5,33	0,41	3,01	4,20	4,93	60,67	0,00	8,94	0,07	1,17	108,10	
0,00	1,49	8,19	0,76	0,56	0,30	0,11	0,87	0,00	0,09	0,57	4,36	0,00	2,37	0,00	0,00	19,67	
0,00	0,33	7,13	0,00	2,11	9,80	5,33	0,41	3,01	4,20	4,93	60,67	0,00	8,94	0,07	1,17	108,10	
0,00	0,33	7,13	0,00	2,11	9,80	5,33	0,41	3,01	4,20	4,93	60,67	0,00	8,94	0,07	1,17	108,10	
0,00	0,33	7,13	0,00	2,11	9,80	5,33	0,41	3,01	4,20	4,93	60,67	0,00	8,94	0,07	1,17	108,10	
0,00	0,33	7,13	0,00	2,11	9,80	5,33	0,41	3,01	4,20	4,93	60,67	0,00	8,94	0,07	1,17	108,10	
0,56	0,00	0,76	0,34	0,00	0,08	0,04	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	4,75	0,00	0,00	0,00	6,66	
0,00	0,33	7,13	0,00	2,11	9,80	5,33	0,41	3,01	4,20	4,93	60,67	0,00	8,94	0,07	1,17	108,10	
0,00	0,00	0,76	0,00	0,32	0,91	0,11	0,34	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	2,29	0,66	2,59	8,10	
0,00	0,00	0,76	0,00	0,32	0,91	0,11	0,34	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	2,29	0,66	2,59	8,10	

2020

1,99	1,06	10,61	2,55	1,20	1,52	1,47	0,50	0,14	0,09	0,44	13,07	0,42	0,47	0,27	0,75	36,55	47,11
1,33	3,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93	0,00	0,00	1,16	3,09	0,00	0,00	9,66	
0,37	0,70	14,55	6,69	0,60	0,38	0,45	0,44	0,75	1,37	0,53	2,49	1,06	2,14	0,20	0,15	32,86	
1,99	1,06	10,61	2,55	1,20	1,52	1,47	0,50	0,14	0,09	0,44	13,07	0,42	0,47	0,27	0,75	36,55	
0,33	0,99	1,67	1,45	2,50	8,43	0,26	0,43	0,90	0,47	0,40	25,82	0,11	2,53	0,24	0,57	47,11	
0,33	0,99	1,67	1,45	2,50	8,43	0,26	0,43	0,90	0,47	0,40	25,82	0,11	2,53	0,24	0,57	47,11	
0,07	0,00	4,40	2,21	1,66	2,96	4,61	0,31	1,05	0,06	1,82	7,16	1,37	1,98	0,09	0,65	30,38	
1,29	1,46	5,46	3,10	1,41	2,05	0,76	1,00	0,00	0,20	0,57	7,78	0,00	2,45	0,14	0,50	28,16	
0,98	1,29	3,49	1,31	0,53	0,76	1,93	0,38	1,43	0,12	0,44	16,49	2,32	3,24	0,10	0,62	35,44	
0,30	1,66	1,67	0,76	1,59	0,61	1,40	0,38	0,00	2,34	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	11,59	
0,07	0,00	4,40	2,21	1,66	2,96	4,61	0,31	1,05	0,06	1,82	7,16	1,37	1,98	0,09	0,65	30,38	
0,47	0,43	0,76	0,41	0,42	0,91	0,11	0,28	0,90	0,00	0,89	26,76	1,95	2,77	0,00	0,80	37,87	
0,00	0,03	0,15	0,00	0,60	0,61	0,00	0,26	0,00	0,00	0,69	8,09	3,70	0,00	0,00	0,65	14,78	
0,75	0,50	0,76	0,34	0,25	2,28	0,49	0,13	0,90	2,19	0,69	1,87	0,53	3,72	0,13	0,32	15,85	
0,00	0,66	2,43	0,62	0,46	1,06	0,30	0,21	0,08	1,84	0,08	1,56	2,96	0,55	0,40	0,52	13,72	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	1,62	2,49	1,95	1,42	0,18	1,30	9,08	