

**SKRIPSI**

**ANALISIS EROSI METODE MUSLE DAN PEMETAAN BERBASIS GIS  
PADA SUB DAS MATA ALLO KABUPATEN ENREKANG**



Oleh:

**SULTAN ARYA NINGRAT**

**105811106019**

**REZA HAMADA**

**105811104119**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2025**



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR  
**FAKULTAS TEKNIK**



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
**PENGESAHAN**

Skripsi atas nama Sultan Arya Ningrat dengan nomor induk Mahasiswa 105811106019 dan Reza Hamada dengan nomor induk Mahasiswa 105811104119, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0008/SK-Y/20202/091004/2025, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu, 26 Juli 2025.

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

Makassar,

01 Safar 1447 H .

26 Juli 2025 M

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, ST., MT., IPU

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., ASEAN, Eng

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Amrullah Mansida, ST., MT., IPM., ASEAN, Eng

b. Sekretaris : Farida Gaffar, ST., MT., IPM

3. Anggota

1. Dr. Ir. Nenny, ST., MT., IPM

2. Ir. Muhammad Syafa'at S Kuba,

3. Kasmawati, ST., MT

Mengetahui

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Muh. Yunus Ali, ST., MT., IPM

Dekan

Dr. Marupah., SP., MP



Ir. Muhammad Syafa'at S Kuba, ST., MT.

NBM : 975 288

Gedung Menara Iqra Lantai 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Web: <https://teknik.unismuh.ac.id/>, e-mail: [teknik@unismuh.ac.id](mailto:teknik@unismuh.ac.id)







بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISIS EROSI METODE MUSLE DAN PEMETAAN BERBASIS GIS PADA HULU SUB DAS MATA ALLO KABUPATEN ENREKANG**

Nama : 1. SULTAN ARYA NINGRAT  
2. REZA HAMADA

Stambuk : 1. 105 81 11060 19  
2. 105 81 11041 19

Makassar, 26 Juli 2025

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

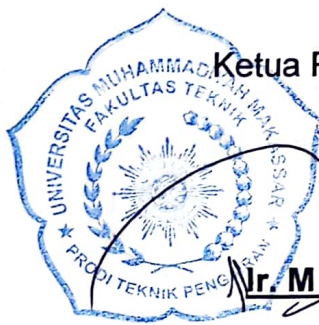
Pembimbing II

  
Dr. Ir. Muh. Yunus Ali, ST., MT., IPM

  
Dr. Marupah, SP., MP

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Pengairan



  
Mr. M Agusalm, ST., MT.

NBM : 947 993



**LETTER OF ACCEPTANCE (LoA)**

No. 36/05/A.5-V/VIII/1447/2025

Dengan ini, pengelola JUMPTECH (Journal of Muhammadiyah's Application Technology) Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar memberitahukan bahwa naskah anda dengan identitas:

Judul : Analisis Erosi Metode Musle dan Pemetaan Berbasis GIS pada Sub DAS Mata Allo Kabupaten Enrekang  
Penulis : Muhammad Yunus Ali, Marufah, Kasmawati, Sultan Arya Ningrat, Reza Hamada  
Afiliasi/ Institusi : Universitas Muhammadiyah Makassar  
Email Korespondensi : [aryahhningrat63@gmail.com](mailto:aryahhningrat63@gmail.com)  
Tanggal Accept : 26 Agustus 2025

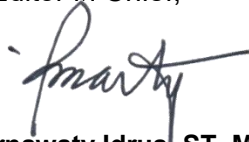
Telah memenuhi kriteria publikasi di JUMPTECH (Journal of Muhammadiyah's Application Technology) dan dapat kami terima sebagai syarat ujian tutup di Lingkup Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar dan menjadi bahan naskah untuk penerbitan jurnal pada Vol.04 No.03 Oktober 2025 dalam versi Elektronik (ISSN 3031-3082) setelah direvisi sesuai catatan editor ataupun reviewer.

Untuk menghindari adanya duplikasi terbitan dan pelanggaran etika publikasi ilmiah terbitan berkala, kami berharap agar naskah/ artikel tersebut tidak dikirimkan dan dipublikasikan ke penerbit/ jurnal lain.

Demikian surat ini disampaikan, atas partisipasi dan kerjasamanya, kami ucapkan Terima Kasih.

Makassar, 26 Agustus 2025

Editor in Chief,



Dr. Ir. Ar. Irnawaty Idrus, ST., MT., IPM., IAI



Journal Manager,



Dr. Ir. Sahabuddin Latif, ST., MT., IPM., Asean. Eng

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh* Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Proposal ini dengan baik. Salawat serta salam tak henti-hentinya curahkan kepada Baginda Rasulullah SAW beserta keluarga dan kerabatnya. Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan Program Studi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah **“Analisis Erosi Metode MUSLE dan Pemetaan Berbasis GIS Pada Sub DAS Mata Allo Kabupaten Enrekang”** Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak masukan yang berguna dari berbagai pihak sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu dengan ketulusan serta keikhlasan hati, kami mengucapkan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak **Dr. Ir. H. Abdul Rakhim Nanda, ST., MT., IPM.** sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak **Ir. Muhammad Syafaat S Kuba, ST., MT.,** sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
3. Bapak **Ir.M.Agusalim, ST., MT** sebagai Ketua Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar dan Ibu

**Kasmawati, ST., MT.** sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Pengairan  
Falkultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

4. Bapak **Dr. Ir. Muh. Yunus Ali, ST., MT., IPM.** selaku pembimbing I dan Ibu **Dr. Marupah, SP., MP.** selaku pembimbing II, yang telah meluangkan banyak waktu, memberikan bimbingan dan arahan sehingga terwujudnya tugas akhir ini.
5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai pada Falkultas Teknik atas segala waktunya yang telah mendidik dan melayani kami selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar
6. Kepada Kakanda **Syamsuddin, ST.** yang banyak membantu dan memberi dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Ayahanda dan Ibunda tercinta yang senantiasa memberikan limpah dan kasih sayang, doa serta pengorbanan kepada penulis.

Semoga semua pihak tersebut diatas mendapatkan pahala yang berlipat ganda disisi Allah SWT dan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bagi nusa dan bangsa. ***Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.***

Makassar, Februari 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Manfaat Penelitian .....	3
E. Batasan Penelitian .....	3
F. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
A. Daerah Aliran Sungai .....	5
B. Jenis – Jenis Erosi .....	5
C. Metode MUSLE .....	8
D. Simulasi dan Kajian Teoritis Estimasi Laju Erosi Menggunakan Metode RUSLE .....	22
E. Erosi yang dapat ditoleransi.....	23
F. Tingkat Bahaya Erosi (TBE).....	29
G. Faktor yang Mempengaruhi Erosi.....	30
H. Kerugian Akibat Erosi.....	31
I. Sistem Informasi Geografis (SIG) .....	31
J. Penerapan GIS dalam Analisis Erosi .....	33
K. ArcGIS dalam Pemetaan Erosi.....	33
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>37</b>
A. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	37
B. Jenis Penelitian.....	38
C. Alat dan Bahan.....	38
D. Metode Pelaksanaan.....	39

E. Diagram Alir Penelitian .....	43
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>44</b>
A. Hasil .....	44
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>70</b>
A. Kesimpulan .....	70
B. Saran.....	70
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>71</b>





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Erosi Percik (diambil dari buku "Memahami Bencana.....	5
Gambar 2 Erosi Lembar (diambil dari Jurnal Erosi dan .....	6
Gambar 3 Erosi Alur (diambil dari Jurnal Erosi dan Sedimentasi,.....	6
Gambar 4 Erosi Parit (diambil dari Jurnal Erosi dan Sedimentasi,.....	7
Gambar 5 Erosi Tebing Sungai (diambil dari Jurnal Erosi dan .....	7
Gambar 6 Erosi Tanah Longsor (diambil dari Jurnal Erosi dan .....	8
Gambar 7 Peta tingkat bahaya erosi di Sub DAS Mata Allo .....	68



## DAFTAR TABEL

Table 1 Klasifikasi Intensitas Hujan .....	12
Table 2 Jenis Tanah dan Nilai K.....	13
Table 3 Kode struktur tanah (s).....	14
Table 4 Kode permeabilitas tanah (p).....	14
Table 5 Klasifikasi nilai erodibilitas tanah (K) .....	15
Table 6 Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) .....	16
Table 7 Nilai C untuk berbagai jenis tanaman dan pengelolaan tanaman .....	18
Table 8 Nilai Faktor P untuk Berbagai Tindakan Konservasi Tanah .....	20
Table 9 Perbedaan USLE dengan RUSLE.....	21
Table 10 Pedoman penetapan Nilai $E_{tol}$ untuk tanah – tanah di Indonesia .....	25
Table 11 Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi .....	30
Table 12 Jenis data yang digunakan .....	38
Table 13 Unit lahan di lokasi penelitian .....	44
Table 14 Perhitungan nilai faktor erosivitas hujan (R) di Sub DAS Mata Allo.....	45
Table 15 Hasil uji struktur tanah (s) di Sub DAS Mata Allo .....	49
Table 16 Nilai M di Sub DAS Mata Allo .....	50
Table 17 Nilai faktor kedalaman di Sub DAS Mata Allo.....	50
Table 18 Tabel hasil uji kadar bahan organik di Sub DAS Mata Allo.....	52
Table 19 pengujian permeabilitas untuk 1 sampel di Sub DAS Mata Allo .....	53
Table 20 Hasil pengujian permeabilitas di Sub DAS Mata Allo .....	54
Table 21 Perhitungan nilai faktor K di Sub DAS Mata Allo .....	55
Table 22 Perhitungan faktor nilai LS di Sub DAS Mata Allo .....	56
Table 23 Nilai C sesuai penggunaan lahan di Sub DAS Mata Allo.....	57
Table 24 Nilai P di Sub DAS Mata Allo.....	59
Table 25 Perhitungan laju erosi Sub das Mata Allo.....	59
Table 26 Nilai erosi ditoleransi Sub DAS Mata Allo .....	60
Table 27 Klasifikasi TSL hasil interpolasi Sub DAS Mata Allo .....	63
Table 28 Klasifikasi tingkat bahaya erosi di Sub DAS Mata Allo .....	65
Table 29 Nilai erosi aktual (A) rata – rata tertimbang di Sub DAS Mata Allo.....	66
Table 30 Nilai TSL rata – rata tertimbang di Sub DAS Mata Allo.....	67

## DAFTAR LAMPIRAN

Tabel Lampiran 1 Pengelolaan Data Curah Hujan Bulanan Tahun 2013 – 2023 Stasiun Baraka .....	77
Gambar Lampiran 1 Peta Penutupan Lahan .....	78
Gambar Lampiran 2 Peta Unit lahan.....	79
Gambar Lampiran 3 Peta Kemiringan Lereng .....	80



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Erosi dan sedimentasi merupakan permasalahan utama dalam pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS), terutama di wilayah hulu dengan topografi curam dan aktivitas penggunaan lahan yang intensif. DAS Saddang, khususnya di bagian hulu, menghadapi tantangan signifikan terkait erosi tanah. Sebagian besar wilayah ini memiliki kemiringan lereng antara 15-40%, dengan tingkat bahaya erosi yang bervariasi dari rendah hingga tinggi. Erosi yang terjadi menyebabkan hilangnya lapisan tanah atas yang kaya akan bahan organik dan hara, sehingga menurunkan produktivitas lahan dan meningkatkan sedimentasi di badan air (Abdi et al., 2023).

Penggunaan lahan yang tidak mempertimbangkan prinsip konservasi tanah dan air, seperti praktik budidaya pertanian tanpa metode konservasi pada lereng curam, memperburuk laju erosi. Di Sub DAS Mata Allo, bagian hulu DAS Saddang, aktivitas pertanian seperti penanaman kopi, kakao, cengkeh, dan bawang merah tanpa penerapan metode konservasi telah meningkatkan laju erosi di wilayah tersebut (Rahim et al., 2022).

Permasalahan ini menimbulkan pertanyaan: sejauh mana tingkat erosi dan sedimentasi yang terjadi di hulu DAS Saddang, dan bagaimana distribusinya secara spasial? Untuk menjawab pertanyaan ini, diperlukan pemetaan wilayah erosi yang akurat. Penerapan Sistem Informasi Geografis



(SIG) dan analisis Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) telah terbukti efektif dalam memetakan laju erosi dan menentukan area prioritas untuk tindakan konservasi (Yusuf & Hasan, 2021).

Penelitian ini memiliki signifikansi dalam bidang teknik pengairan karena erosi berdampak langsung pada kapasitas dan umur layanan infrastruktur pengairan, seperti waduk, saluran irigasi, dan bendungan. Dengan memahami pola erosi melalui pemetaan berbasis SIG dan analisis MUSLE, dapat dikembangkan strategi pengelolaan DAS yang lebih efektif, memastikan keberlanjutan fungsi infrastruktur pengairan, dan mendukung produktivitas pertanian yang berkelanjutan (Setiawan et al., 2023).

Salah satu metode yang umum digunakan untuk mengestimasi erosi tanah adalah Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE). Metode ini mempertimbangkan berbagai faktor seperti erosivitas hujan, erodibilitas tanah, panjang dan kemiringan lereng, vegetasi penutup lahan, dan praktik konservasi (Renard et al., 1997). Selain itu, penggunaan Geographic Information System (GIS) dalam analisis erosi dapat meningkatkan akurasi pemetaan wilayah rawan erosi serta mempermudah integrasi berbagai data spasial (Burrough & McDonnell, 1998).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memetakan laju erosi di Sub DAS Mata Allo dengan pendekatan GIS dan metode MUSLE, guna memberikan informasi yang dapat digunakan dalam perencanaan pengelolaan lahan dan mitigasi dampak erosi.

**B. Rumusan Masalah**

1. Berapa besar laju erosi di Sub DAS Mata Allo berdasarkan metode MUSLE?
2. Bagaimana sebaran spasial laju erosi di Sub DAS Mata Allo jika dipetakan dengan bantuan GIS?

**C. Tujuan Penelitian**

1. Menganalisis laju erosi di Sub DAS Mata Allo menggunakan metode MUSLE.
2. Menganalisis peta erosi di Sub DAS Mata Allo berbasis GIS.

**D. Manfaat Penelitian**

1. Secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu konservasi tanah, khususnya dalam penerapan metode MUSLE yang terintegrasi dengan teknologi Sistem Informasi Geografis (GIS) untuk analisis erosi secara spasial.
2. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengelolaan dan konservasi lahan di hulu DAS Saddang, terutama dalam menentukan wilayah prioritas penanggulangan erosi berdasarkan tingkat laju erosi yang terpetakan.

**E. Batasan Penelitian**

1. Penelitian ini hanya dilakukan di Sub DAS Mata Allo yang berada di Kabupaten Enrekang.
2. Penelitian hanya dilakukan di wilayah Sub DAS Mata Allo.

3. Model yang digunakan untuk analisis erosi adalah MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation).
4. Data yang digunakan meliputi parameter curah hujan, karakteristik tanah, kemiringan lereng, tutupan lahan, dan praktik konservasi tanah.
5. Perangkat lunak yang digunakan dalam pemetaan adalah ArcGIS.

#### **F. Sistematika Penulisan**

Untuk mendapatkan gambaran umum isi tulisan, sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari lima bab, penulis membuat sistematika penulisan sebagai berikut:

**BAB I PENDAHULUAN:** dalam bab ini merupakan pembahasan, mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA:** dalam bab ini Membahas teori dasar mengenai DAS, erosi, GIS dan ArcGIS, serta model MUSLE.

**BAB III METODE PENELITIAN:** dalam bab ini Menguraikan metode penelitian, sumber data, serta tahapan dalam analisis pemetaan erosi.

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN:** dalam bab ini Menampilkan hasil analisis penerapan model MUSLE.

**BAB V PENUTUP:** bab ini merupakan penutup yang berisi tentang Menyajikan kesimpulan dari penelitian dan memberikan rekomendasi untuk studi lebih lanjut.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### A. Daerah Aliran Sungai

DAS merupakan suatu wilayah yang dibatasi oleh batas topografi yang mengalirkan air ke satu titik yang sama, seperti sungai utama atau waduk (Ward & Robinson, 2000). Karakteristik DAS sangat mempengaruhi proses erosi dan sedimentasi, terutama terkait dengan penggunaan lahan, vegetasi, dan kemiringan lereng.

Erosi tanah adalah proses pelepasan dan pemindahan partikel tanah akibat pengaruh air atau angin. Menurut Morgan (2005), faktor utama yang mempengaruhi erosi meliputi curah hujan, jenis tanah, topografi, vegetasi, dan aktivitas manusia.

### B. Jenis – Jenis Erosi

#### 1. Erosi Percik (Splash Erosion).

Terjadi saat tetesan air hujan menghantam permukaan tanah, menyebabkan partikel tanah terlepas dan terpental.



Gambar 1 Erosi Percik (diambil dari buku "Memahami Bencana Banjir dan Longsor" oleh Syamsidar Polawan dan Fajar Alam.)



## 2. Erosi Lembar (Sheet Erosion).

Merupakan pengangkutan lapisan tipis tanah secara merata dari permukaan tanah oleh aliran air tipis.

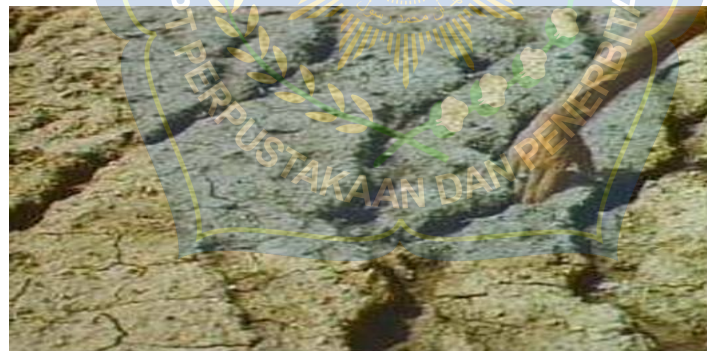


Gambar 2 Erosi Lembar (diambil dari Jurnal Erosi dan Sedimentasi, *Cut Azizah*)

## 3. Erosi Alur (Rill Erosion).

Terjadi ketika aliran air membentuk alur kecil di permukaan tanah.

Aur ini dapat hilang dengan pengolahan tanah biasa.



Gambar 3 Erosi Alur (diambil dari Jurnal Erosi dan Sedimentasi, *Cut Azizah*)

## 4. Erosi Parit (Gully Erosion).

Merupakan erosi lanjutan dari erosi alur ketika alur menjadi besar dan dalam hingga tidak dapat diperbaiki dengan pengolahan tanah biasa.



Gambar 4 Erosi Parit (diambil dari Jurnal Erosi dan Sedimentasi, *Cut Azizah*)

5. Erosi Tebing Sungai (Streambank Erosion).

Terjadi ketika aliran air mengikis sisi tebing sungai, umumnya karena arus deras dan tidak adanya vegetasi penahan.



Gambar 5 Erosi Tebing Sungai (diambil dari Jurnal Erosi dan Sedimentasi, *Cut Azizah*)

6. Erosi Tanah Longsor (Mass Movement/Landslide).

Merupakan pergerakan massa tanah atau batuan secara tiba-tiba akibat gravitasi, biasanya dipicu oleh kejenuhan air dan keiringan lereng.



Gambar 6 Erosi Tanah Longsor (diambil dari Jurnal Erosi dan Sedimentasi, *Cut Azizah*)

### C. Metode MUSLE

Metode MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) digunakan untuk memperkirakan kehilangan tanah akibat erosi dengan rumus:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

Dimana:

**A** = Tingkat kehilangan tanah (ton/ha/tahun)

**R** = Faktor erosivitas hujan

**K** = Faktor erodibilitas tanah

**LS** = Faktor panjang dan kemiringan lereng

**C** = Faktor penutupan lahan

**P** = Faktor praktik konservasi

Perkiraan erosi pada suatu bidang tanah merupakan pendekatan untuk menghitung jumlah erosi yang kemungkinan terjadi berdasarkan jenis penggunaan lahannya. Pemodelan erosi tanah sendiri adalah representasi matematis dari proses pelapukan, pemindahan, dan pengendapan partikel tanah di permukaan lahan.

Terdapat tiga alasan utama mengapa pemodelan erosi dilakukan: (1) sebagai alat prediksi untuk memperkirakan kehilangan tanah, yang berguna dalam perencanaan konservasi, proyek pembangunan, inventarisasi tingkat erosi, hingga penyusunan kebijakan; (2) membantu memetakan lokasi dan waktu terjadinya erosi, sehingga memudahkan penetapan prioritas dan sasaran dalam program pengendalian erosi; dan (3) menjadi sarana untuk memahami mekanisme serta interaksi antar proses erosi, sekaligus mendukung penentuan fokus penelitian yang lebih tepat (Vadari et al., 2004).

Model erosi umumnya berasal dari pendekatan empiris, dengan salah satu contoh paling terkenal yaitu Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith pada tahun 1978. Model ini telah digunakan secara luas untuk memperkirakan erosi permukaan dan alur, bahkan mampu memprediksi tingkat erosi hingga periode sepuluh tahun ke depan (Vadari et al., 2004).

MUSLE awalnya dikembangkan di wilayah pertanian Amerika Utara, dan penerapannya memerlukan data yang akurat agar hasil estimasi erosi yang dihasilkan dapat diandalkan dan bersifat universal.

Secara umum, MUSLE merupakan model parametrik yang memprediksi kehilangan tanah berdasarkan hubungan antara beberapa faktor penyebab erosi dengan besarnya erosi yang terjadi.

Menurut PERMENHUT P.32/MENHUT-II/2009, metode ini merupakan hasil pengembangan dari Wischmeier dan Smith. Sedangkan menurut Alie



(2015), MUSLE dirancang untuk memperkirakan rata-rata kehilangan tanah jangka panjang akibat erosi lembar maupun alur.

Meski awalnya ditujukan untuk lahan pertanian, MUSLE juga dapat diterapkan pada lahan non-pertanian. Namun, model ini tidak mampu memprediksi pengendapan sedimen, dan tidak dapat menghitung hasil sedimen dari semua tipe erosi secara detail.

Iklim, terutama curah hujan dan suhu, merupakan faktor utama yang memengaruhi proses erosi. Curah hujan dapat menghancurkan struktur tanah melalui energi kinetiknya, yang menyebabkan lepasnya partikel-partikel tanah, serta memperbesar aliran permukaan. Karakteristik hujan yang berperan penting terhadap tingkat erosi meliputi jumlah curah hujan, intensitas, serta durasi hujan. Erosivitas hujan ( $R$ ) menunjukkan kemampuan hujan untuk menyebabkan erosi di suatu wilayah, dengan satuan MJ/ha/jam/tahun. Untuk menghitung nilai ini, digunakan data curah hujan bulanan rata-rata, jumlah hari hujan, dan hujan maksimum selama periode 10 tahun (Arsyad, 2010).

Di samping curah hujan, karakteristik tanah juga sangat menentukan tingkat erosi. Tanah tersusun atas partikel mineral dan organik dengan ukuran yang beragam. Berdasarkan klasifikasi USDA, ukuran partikel tanah dibagi menjadi pasir (2–0,05 mm), debu (0,05–0,002 mm), dan liat (<0,002 mm). Struktur tanah ini membentuk suatu matriks dengan sekitar 50% ruang pori yang terisi oleh air dan udara. Sifat fisik tanah seperti tekstur, struktur, dan permeabilitas, serta sifat kimia seperti kandungan karbon organik, sangat memengaruhi daya tahan tanah terhadap erosi. Nilai erodibilitas tanah ( $K$ )

mencerminkan sejauh mana tanah rentan terhadap kerusakan akibat hujan dan limpasan (Desifindiana et al., 2013).

Erosivitas hujan adalah tenaga pendorong (Driving Force) yang menyebabkan terkelupas dan terangkutnya partikel – partikel tanah ke tempat yang lebih rendah (Asdak, 2014).

Hujan tidak selalu menimbulkan erosi tanah. Hujan dengan intensitas yang rendah tetapi berlangsung sangat lama, inilah yang sering akan menghasilkan aliran permukaan yang besar dan akan menimbulkan erosi, tetapi sebaliknya meskipun terjadi hujan dengan intensitas yang tinggi namun berlangsung sangat singkat, hal ini tidak akan menimbulkan erosi.

Parameter hujan yang paling tersedia dalam setiap data stasiun klimatologi adalah curah hujan. Meskipun demikian, dikalangan para pakar jarang sekali mereka mengaitkan antara jumlah curah hujan dengan besarnya erosi yang terjadi dikarenakan pengetahuan tentang jumlah curah hujan belum cukup untuk dapat menjelaskan fenomena kejadian erosi.

Dibanding parameter jumlah curah hujan, para pakar lebih sepakat bahwa intensitas hujan mempunyai hubungan yang lebih jelas dengan fenomena kejadian erosi. Intensitas hujan sendiri menyatakan besarnya curah hujan yang jatuh per satuan waktu tertentu, dinyatakan dalam satuan milimeter per jam (mm/jam).

Table 1 Klasifikasi Intensitas Hujan

Intensitas Hujan (mm/jam)	Klasifikasi
0 – 5	Sangat rendah
10 – Jun	Rendah
25 – Nov	Sedang
26 – 50	Agak tinggi
51 – 75	Tinggi
>75	Sangat tinggi

Sumber: Arsyad (2010)

Erodibilitas tanah adalah tingkat kerentanan tanah terhadap erosi akibat air. Faktor ini dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia tanah, seperti:

- 1) Tekstur tanah (lempung, pasir, debu)
- 2) Struktur tanah (remah, granular, masif)
- 3) Kandungan bahan organik (lebih tinggi = lebih tahan erosi)
- 4) Permeabilitas tanah (kemampuan tanah menyerap air)

Tanah berpasir kasar lebih tahan erosi karena air cepat meresap (nilai K rendah).

Tanah lempung berdebu mudah tererosi karena partikel kecilnya (nilai K tinggi). Ketahanan tanah terhadap erosi tidak hanya ditentukan oleh sifat fisik dan kimia tanah, tetapi juga dipengaruhi oleh bentuk topografi. Dua faktor topografi utama yang memengaruhi tingkat erosi adalah panjang dan kemiringan lereng (LS). Panjang lereng diartikan sebagai jarak dari titik tertinggi lahan hingga ke lokasi di mana aliran permukaan mulai terkonsentrasi, seperti ke dalam saluran atau mulai terjadi pengendapan. Semakin panjang dan curam lereng, maka aliran air permukaan akan semakin

cepat, yang secara langsung meningkatkan potensi erosi. Sebaliknya, pada lereng yang landai, kecepatan aliran air lebih rendah karena sebagian besar air hujan meresap ke dalam tanah, sementara pada lereng miring air cenderung mengalir lebih cepat dan menyebabkan lebih banyak erosi (Desifindiana et al., 2013).

Lereng yang terlalu curam akan meningkatkan risiko erosi, terutama jika tidak dimanfaatkan sesuai dengan fungsi lahannya. Oleh karena itu, area dengan kemiringan tinggi sebaiknya digunakan untuk fungsi konservasi. Penggunaan lahan dan jenis tanaman yang tidak sesuai akan mempercepat proses erosi. Faktor pengelolaan tanaman (C) menggambarkan perbandingan antara jumlah tanah yang tererosi akibat jenis penutup lahan tertentu terhadap kondisi lahan tanpa penutup. Sedangkan faktor tindakan konservasi (P) menunjukkan seberapa besar erosi yang terjadi tergantung pada teknik konservasi yang diterapkan. Nilai C dan P sangat bergantung pada intervensi manusia, seperti penggunaan terasering, rorak, atau teknik pengolahan tanah lainnya (Arsyad, 2010).

Table 2 Jenis Tanah dan Nilai K

Jenis Tanah	Nilai K
Aluvial Kelabu	0,315
Aluvial Coklat Kelabuan	0,193
Aluvial Coklat Kelabu	0,315
Aluvial Coklat Tua Kelabuan	0,193
Aluvial Hidromorf	0,156
Aluvial Kelabu Kekuningan	0,193
Aluvial Kelabu Tua	0,259
Aluvial Coklat	0,278
Aluvial Coklat Kekuningan	0,223

Sumber: Pusat Krisis Kementerian Kesehatan RI. (2017)



Table 3 Kode struktur tanah (s)

Tipe Struktur Tanah	Kode Penilaian
Granular sangat halus (diameter < 1 mm)	1
Granular halus (diameter 1 – 2 mm)	2
Granular sedang hingga kasar (diameter 2 – 10 mm)	3
Gumpal, lempeng, pejal (blocky, platy, massif)	4

Sumber: Wischmeier dan Smith (1978) dalam Arsyad (2010)

Tabel ini digunakan untuk mengklasifikasikan struktur tanah berdasarkan bentuk dan ukuran agregatnya, yang selanjutnya berperan dalam perhitungan erodibilitas tanah

Table 4 Kode permeabilitas tanah (p)

Kelas Permeabilitas (cm/jam)	Nilai	Kode
Cepat (rapid)	>25.4	1
Sedang sampai cepat (moderate to rapid)	12.7 – 25.4	2
Sedang (moderate)	6.3 – 12.7	3
Sedang sampai lambat (moderate to unit lahanow)	2.0 – 6.3	4
Lambat (unit lahanow)	0.5 – 2.0	5
Sangat lambat (very unit lahanow)	0.5	6

Sumber: PERMENHUT P.32/MENHUT-II/2009

Tabel ini digunakan untuk mengklasifikasikan permeabilitas tanah berdasarkan kelasnya, yang selanjutnya berperan dalam perhitungan erodibilitas tanah

Rumus faktor K (Wischmeier & Smith, 1978):

$$K = \frac{2.1 \times 10^{-4} (M^{1.14}) (12 - OM) + 3.25 (S - 2) + 2.5 (P - 3)}{100} \quad (2)$$

dimana:

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

OM = Kandungan bahan organik (%)

S = Struktur tanah (skala 1 - 4)

P = Permeabilitas tanah (skala 1 – 6)

semakin tinggi nilai K, semakin rentan tanah terhadap erosi

Table 5 Klasifikasi nilai erodibilitas tanah (K)

Kelas	Nilai K	Keterangan
1	0.00 – 0.10	Sangat rendah
2	0.11 – 0.20	Rendah
3	0.21 – 0.32	Sedang
4	0.33 – 0.43	Agak tinggi
5	0.44 – 0.55	Tinggi
6	>0.56	Sangat tinggi

Sumber: Arsyad (2010)

Tabel ini digunakan untuk mengklasifikasikan erodibilitas tanah berdasarkan kelasnya, yang selanjutnya berperan dalam perhitungan erosi tanah.

Faktor LS (Length-Slope Factor) menggambarkan pengaruh topografi terhadap erosi. Faktor panjang lereng yaitu nisbah antara besarnya erosi dari suatu tanah dengan lereng tertentu terhadap erosi dari tanah dengan panjang lereng 22,1 m di bawah keadaan yang identik. Faktor kecuraman lereng, yaitu nisbah antara besarnya erosi yang terjadi dari suatu tanah dengan kecuraman

lereng tertentu, terhadap besarnya erosi dari tanah dengan kemiringan 9% di bawah keadaan yang identik (Arsyad, 2010).

- a. Lereng yang lebih panjang dan curam akan mempercepat aliran air yang akibatnya akan meningkatkan erosi.
- b. Lereng pendek dan landai akan memperlambat aliran air sehingga dapat mengurangi erosi.

Table 6 Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS)

Panjang Lereng (m)	Kemiringan Lereng (%)	Nilai LS
5 -10	0 – 2	0,2
5 -10	2 – 6	0,4
5 -10	6 – 12	0,8
5 -10	12 – 20	1,2
5 -10	20 – 40	1,8
5 -10	40 – 60	2,4
10 - 20	0 – 2	0,3
10 – 20	2 – 6	0,6
10 – 20	6 – 12	1,2
10 – 20	12 – 20	1,8
10 – 20	20 – 40	2,7
10 – 20	40 – 60	3,6
20 - 50	0 – 2	0,4
20 – 50	2 – 6	0,8
20 – 50	6 – 12	1,6
20 – 50	12 – 20	2,4
20 – 50	20 – 40	3,6
20 – 50	40 – 60	4,8
> 50	0 – 2	0,5
> 50	2 – 6	1,0
> 50	6 – 12	2,0
> 50	12 – 20	3,0
> 50	20 – 40	4,5
> 50	40 – 60	6,0

Sumber: Wischmeier dan Smith (1978)

Tabel faktor LS digunakan untuk menentukan nilai LS berdasarkan panjang dan kemiringan lereng, yang selanjutnya berperan dalam perhitungan

erosi tanah. Selain menggunakan tabel, nilai LS juga bisa dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$LS = \left( \frac{L}{22.1} \right)^m \times (65.41 \sin^2 \theta + 4.56 \sin \theta + 0.065) \quad 3)$$

dimana:

$L$  = Panjang lereng (m)

$\theta$  = Sudut kemiringan lereng ( $^\circ$ )

$m$  = Eksponen (0.2 – 0.5 tergantung kemiringan)

semakin besar LS, semakin besar resiko erosi.

Faktor C (Cover & Management Factor) mengukur dampak tutupan lahan terhadap erosi. Faktor vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman, yaitu nisbah antara besarnya erosi dari suatu areal dengan vegetasi penutup dan pengelolaan tanaman tertentu terhadap besarnya erosi dari tanah yang identik tanpa tanaman (Arsyad, 2010).

Table 7 Nilai C untuk berbagai jenis tanaman dan pengelolaan tanaman

No	Jenis penutupan lahan	Nilai C	Catatan
1	Hutan primer	0,001 – 0,005	Perlindungan tanah sangat baik
2	Hutan sekunder	0,003 – 0,01	Lebih terbuka dibanding hutan primer
3	Hutan tanaman	0,01 – 0,05	Bergantung pada kerapatan tanaman
4	Kebun campuran	0,05 – 0,20	Variasi tergantung kerapatan pohon
5	Perkebunan (kelapa sawit, karet, kopi)	0,05 – 0,20	Nilai rendah jika ada penutup tanah
6	Semak belukar	0,05 – 0,15	Perlindungan sedang
7	Padang rumput/savana	0,01 – 0,05	Rumput lebat memberi C rendah
8	Pertanian lahan kering	0,40 – 0,60	Umum dipakai 0,45
9	Pertanian lahan kering campuran	0,20 – 0,35	Umum dipakai 0,28
10	Sawah irigasi	0,01 – 0,05	Tanah tertutup air/vegetasi
11	Lahan terbuka/bekas tebangan	0,70 – 0,90	Risiko erosi tinggi
12	Permukiman	0,05 – 0,20	Bergantung pada proporsi vegetasi
13	Tambak/rawa	0,00 – 0,01	Tidak tererosi (tertutup air)
14	Tubuh air (danau sungai)	0,00	Tidak tererosi
15	Pasir pantai/gumuk pasir	0,60 – 0,90	Hampir tanpa vegetasi

Sumber: Disusun dari berbagai literatur, antara lain: Arsyad, S. (2010). Direktorat Pengelolaan DAS & Hutan Lindung KLHK (2013). Paimin et al. (2012). Darmawan, H. (2003). Penentuan Faktor USLE untuk DAS di Indonesia.

Tabel nilai C digunakan untuk menentukan nilai C berdasarkan jenis tanaman dan pengelolaannya, yang selanjutnya berperan dalam perhitungan erosi tanah.

Vegetasi Lebat (hutan, rumput, tanaman keras) nilai C mendekati 0 akan mengurangi erosi, tanah terbuka (lahan pertanian, gundul) nilai C mendekati 1 akan meningkatkan erosi.

Rumus faktor C:

$$C = \frac{\text{Erosi lahan dengan tanaman tertentu}}{\text{Erosi lahan tanpa tanaman}} \quad 4)$$

Contoh nilai C:

- 1) Hutan tropis lebat: 0.001 – 0.01 (sangat baik)
- 2) Rumput alami: 0.01 – 0.1
- 3) Tanaman pangan (padi, jagung, kedelai): 0.2 – 0.5
- 4) Tanah kosong tanpa vegetasi: 1.0 (sangat buruk)

menjaga vegetasi dapat mengurangi resiko erosi secara signifikan.

Faktor P (Support Practice Factor) mengukur efektivitas metode konservasi tanah dalam mengurangi erosi. Faktor tindakan – tindakan khusus konservasi tanah (pengelolaan dan penanaman menurut kontur, penanaman dalam strip, guldán, teras). Yaitu nisbah antara besarnya erosi dari tanah yang diberi perlakuan tindakan konservasi khusus, seperti pengelolaan menurut kontur, penanaman dalam strip, guldán, teras, terhadap besarnya erosi dari tanah yang diolah serah lereng, dalam keadaan yang identik (Arsyad, 2010).

Metode konservasi yang menurunkan erosi:



- 1) Terasering: memperlambat aliran air
- 2) Contour framing (pertanian berbasis sejajar kontur): menahan air
- 3) Strip cropping (tanaman bergaris – garis): meningkatkan infiltrasi
- 4) Mulsa dan tanaman penutup tanah untuk melindungi permukaan tanah.

Table 8 Nilai Faktor P untuk Berbagai Tindakan Konservasi Tanah

No	Teknik Konservasi Tanah	Nilai P
1	Teras Bangku	
	Baik	0,04
	Sedang	0,15
	Jelek	0,35
2	Teras Tak Sempurna	0,40
3	Vegetasi Penutup/permanent	
	Baik	0,04
	Jelek	0,40
4	Hill side ditch	0,30
5	Pertanaman dalam strip	
	Kemiringan lereng 0 – 8 %	0,50
	Kemiringan lereng 9 – 20 %	0,75
	Kemiringan lereng >20 %	0,90
6	Mulsa jerami:	
	6 ton/ha/th	0,30
	3 ton/ha/th	0,50
	1 ton/ha/th	0,80
7	Reboisasi awal	0,30
8	Tanpa tindakan konservasi tanah	1,00

Sumber: RTL-RLKT Departemen Kehutanan, (1985) dan Sitanala Arsyad, (1989) dalam JokoTriyanto, (2009)

Tabel faktor P digunakan untuk menentukan nilai P berdasarkan jenis tindakan konservasi tanah yang diterapkan, yang selanjutnya berperan dalam perhitungan erosi tanah.

Rumus faktor P:

$$P = \frac{\text{Erosi lahan dengan praktik konservasi}}{\text{Erosi lahan tanpa konservasi}} \quad 5)$$

Contoh nilai P:

- 1) Terasering, strip cropping: 0.1 – 0.3
- 2) Pengelolaan tanah sejajar kontur: 0.5 – 0.6
- 3) Tanpa konservasi: 1.0

Metode USLE dan RUSLE pada dasarnya menggunakan struktur rumus yang sama, yaitu:

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

Namun ada perbedaan penting dalam penggunaan data dan pendekatan yang bisa dilihat pada Tabel 9.

Table 9 Perbedaan USLE dengan RUSLE

Aspek	USLE	RUSLE
Tahun pengembangan	1978 (Wischmeier & Smith)	1997 (Renard et al.)
Fokus	Erosi jangka panjang (rata – rata tahunan) di lahan pertanian	Lebih luas dan akurat, untuk berbagai kondisi lahan
Data curah hujan	Menggunakan rata-rata curah hujan bulanan/tahunan	Menggunakan energi kinetik hujan & intensitas maksimum 30 menit ( $I_{30}$ )
Faktor R	Berdasarkan jumlah curah hujan bulanan	Berdasarkan energi hujan perkejadian + $I_{30}$
Faktor C dan P	Berdasarkan tabel empiris sederhana	Lebih kompleks, bisa time varying (musiman)
Kelebihan	Sederhana, mudah	Lebih akurat

## D. Simulasi dan Kajian Teoritis Estimasi Laju Erosi Menggunakan

### Metode RUSLE

Metode RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) secara teoritis memberikan estimasi laju erosi yang lebih akurat dibandingkan USLE karena mempertimbangkan intensitas hujan aktual dan variasi temporal dari penutup lahan. Namun, dalam penelitian ini, data intensitas hujan 30 menit maksimum ( $I_{30}$ ) dan energi kinetik hujan tidak tersedia, sehingga perhitungan RUSLE secara aktual tidak dapat dilakukan.

Sebagai alternatif, dilakukan simulasi perbandingan estimatif antara hasil perhitungan USLE dengan pendekatan metode RUSLE. Simulasi ini menggunakan asumsi peningkatan faktor R sebesar 40%, sesuai pendekatan yang digunakan dalam studi sebelumnya (Renard et al., 1997). Nilai laju erosi (A) yang digunakan untuk metode USLE diperoleh dari Tabel 4.6, yaitu nilai erosi potensial (ton/ha/tahun) untuk 4 unit lahan di Sub DAS Mata Allo.

Berdasarkan hasil rekapitulasi, total erosi dari seluruh unit lahan berdasarkan metode USLE adalah sebesar 1.082,69 ton/tahun, dengan total luas lahan 856,06 hektar. Dari nilai tersebut, diperoleh rata-rata laju erosi sebesar 906,215 ton/ha/tahun.

Simulasi metode RUSLE dilakukan dengan rumus:

$$A_{RUSLE} = 1,4 \times A_{USLE}$$

Sehingga diperoleh nilai estimasi laju erosi sebesar:

$$\begin{aligned} A_{RUSLE} &= 1,4 \times 1082,69 \\ &= 1.515,766 \text{ ton/ha/tahun} \end{aligned}$$

Hasil simulasi ini menunjukkan bahwa nilai erosi yang diperoleh dari metode RUSLE lebih tinggi dibandingkan metode USLE, sebagaimana diperkirakan secara teoritis. Kenaikan ini mencerminkan sensitivitas metode RUSLE terhadap intensitas curah hujan dan perubahan karakteristik lahan, yang menjadikannya lebih cocok untuk analisis erosi jangka panjang jika data klimatologis tersedia.

Namun karena keterbatasan data, hasil ini bersifat simulatif dan tidak dimaksudkan untuk menggantikan perhitungan lapangan atau validasi empiris. Diperlukan penelitian lanjutan dengan data lengkap agar hasil estimasi erosi dapat dianalisis lebih akurat dan representatif terhadap kondisi biofisik wilayah Sub DAS Mata Allo.

Dikarenakan ketersediaan data yang kami miliki terbatas, maka metode yang paling relevan dengan data yang kami miliki adalah metode MUSLE

#### **E. Erosi yang dapat ditoleransi**

Penetapan batas laju erosi yang dapat dibiarkan bertujuan bertujuan untuk menurunkan laju erosi yang terjadi pada suatu lahan baik pertanian maupun non pertanian terutama pada lahan - lahan yang mempunyai kemiringan yang berlereng. Secara teori dapat dikatakan bahwa laju erosi harus seimbang dengan laju pembentukan tanah, namun dalam prakteknya sangat sulit untuk mencapai keadaan yang seimbang tersebut (Nurpilihan, dkk., 2011).

Dikarenakan tidak mungkin untuk menekan laju erosi menjadi nol dari tanah – tanah yang diusahakan untuk pertanian, terutama pada tanah – tanah yang berlereng maka diperlukan penetapan batas tinggi laju erosi yang masih

dapat dibiarkan atau masih dapat ditoleransi. Akan tetapi suatu kedalaman tanah tertentu harus dipelihara agar didapat suatu volume tanah yang cukup, baik bagi tempat berjangkarnya akar tanaman dan untuk tempat menyimpan air serta unsur hara yang diperlukan oleh tanaman (Arsyad, 2010).

Thompson (1957, dalam Arsyad, 2010) menyarankan sebagai pedoman penetapan nilai Etol dengan menggunakan kedalaman tanah, permeabilitas lapisan bawah tanah kondisi substratum.

Hammer (1981, dalam Arsyad, 2010) menggunakan konsep kedalaman ekivalen (equivalent depth) dan umur guna (resources life) tanah untuk menetapkan nilai Etol suatu tanah. kedalaman ekivalen tanah adalah konsep yang digunakan untuk menentukan erosi yang dapat ditoleransikan (erosi diperbolehkan) tanpa menyebabkan penurunan produktivitas tanah yang signifikan. Menurut Hamer (1981), kedalaman ekivalen tanah diperoleh dengan mengalikan kedalaman efektif tanah (mm) dengan faktor kedalaman tanah. Faktor kedalaman tanah ditentukan berdasarkan besarnya dan kecepatan penurunan produktivitas tanah akibat kemerosotan sifat fisik maupun kimia tanah. Selanjutnya, Etol dapat dihitung menggunakan persamaan yang dikemukakan oleh Hammer (1981) dalam Hardjowigeno (2007):

$$TSL = \frac{DE - D_{min}}{T} + PT \quad 6)$$

dimana:

- 1) TSL = Erosi yang diperbolehkan (mm/tahun)
- 2) DE = Kedalaman ekivalen tanah (mm)

- 3)  $D_{min}$  = Kedalaman tanah minimum yang diperlukan untuk perkembangan perakaran tanaman (mm)
- 4)  $T$  = Umur guna lahan (tahun)
- 5)  $PT$  = Laju pembentukan tanah (mm/tahun)

Nilai  $E_{tol}$  juga dapat dihitung dengan kriteria yang digunakan oleh Thompson (1957, dalam Arsyad, 2010), dengan menentukan  $E_{tol}$  maksimum untuk tanah yang dalam, dengan lapisan bawah yang permeabel, di atas bahan (substratum) yang telah melapuk (tidak terkonsolidasi) sebesar 2,5 mm/th, dan dengan menggunakan nisbah nilai untuk berbagai sifat dan stratum tanah, maka nilai  $E_{tol}$  seperti tertera pada Tabel 10. Disarankan untuk menjadi pedoman penetapan nilai – nilai  $E_{tol}$  tanah – tanah di Indonesia.

Table 10 Pedoman penetapan Nilai  $E_{tol}$  untuk tanah – tanah di Indonesia

Sifat Tanah dan Substratum	Nilai $E_{tol}$ (mm/th)
Tanah sangat dangkal di atas batuan	0,0
Tanah sangat dangkal di atas bahan telah melapuk (tidak terkonsolidasi)	0,4
Tanah dangkal di atas bahan telah melapuk	0,8
Tanah dengan kedalaman sedang di atas bahan telah melapuk	1,2
Tanah yang dalam dengan lapisan bawah yang kedap air di atas substrata yang telah melapuk	1,4
Tanah yang dalam dengan lapisan bawah berpermeabilitas lambat, di atas substrata telah melapuk	1,6
Tanah yang dalam dengan lapisan bawah berpermeabilitas sedang, di atas substrata telah melapuk	2,0
Tanah yang dalam dengan lapisan bawah yang permeabel sedang, di atas substrata telah melapuk	2,5

Sumber: Thompson (1957, dalam Arsyad, 2010)

Selain MUSLE ada juga metode untuk mengukur tingkat erosi antara lain:

1. **RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation)** merupakan pengembangan dari USLE yang dirancang untuk meningkatkan akurasi



perhitungan erosi dengan mempertimbangkan data curah hujan yang lebih rinci, seperti intensitas 30 menit maksimum ( $I_{30}$ ) dan energi kinetik hujan. RUSLE menghitung erosi jangka panjang akibat erosi lembar dan alur berdasarkan enam faktor utama:

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

A = kehilangan tanah (ton/ha)

R = faktor erosivitas hujan (berbasis energi & intensitas hujan per kejadian)

K, LS, C, P = sama seperti USLE

Kelebihan:

- 1) Lebih akurat dari USLE karena mempertimbangkan variasi hujan aktual
- 2) Masih cukup sederhana dan dapat diterapkan di berbagai skala lahan

2. **Water Erosion Prediction Project (WEPP):** model berbasis proses fisik (process-based model) yang mensimulasikan erosi tanah akibat hujan dan aliran permukaan.

Karakteristik:

- 1) Menghitung proses seperti infiltrasi, aliran permukaan, detasemen tanah, dan sedimentasi.
- 2) Menghasilkan output berupa kehilangan tanah dan distribusi sedimen.

Kelebihan:

- 1) Lebih akurat dari model empiris karena berbasis proses.
- 2) Mampu memodelkan skenario konservasi dan perubahan tata guna lahan.

Kekurangan:

- 1) Butuh data detail (tanah, iklim, topografi, vegetasi)
- 2) Lebih kompleks dalam implementasi dan kalibrasi.

3. **Soil and Water Assessment Tool (SWAT):** model skala besar (watershed-scale model) untuk mensimulasikan dampak penggunaan lahan, praktik pertanian, dan iklim terhadap air, sedimen, dan kualitas air dalam jangka panjang.

Ciri – ciri:

- 1) Menggunakan MUSLE untuk memperkirakan kehilangan tanah.
- 2) Membagi DAS menjadi sub-DAS dan unit-area terkecil disebut HRU (Hydrologic Response Units).
- 3) Cocok untuk jangka waktu puluhan tahun.

Kelebihan:

- 1) Dapat menganalisis dampak perubahan iklim atau skenario konservasi.
- 2) Banyak digunakan oleh peneliti dan lembaga lingkungan di seluruh dunia.

4. **Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems (GLEAMS):** model yang mengevaluasi pengaruh praktik pengelolaan

pertanian terhadap erosi tanah dan kualitas air, termasuk pencemaran air tanah.

Ciri – ciri:

- 1) Menganalisis limpasan permukaan, erosi, dan pergerakan pestisida atau nutrien.
- 2) Menggunakan USLE/MUSLE untuk perhitungan erosi.

Kelebihan:

- 1) Fokus pada interaksi antara pertanian dan kualitas lingkungan.
- 2) Berguna untuk analisis kebijakan atau strategi pertanian berkelanjutan.

5. **Environmental Policy Integrated Climate (EPIC):** model pertanian jangka panjang yang digunakan untuk mengevaluasi dampak manajemen lahan, iklim, dan kebijakan pertanian terhadap hasil panen, erosi tanah, dan kualitas air.

Fungsi:

- 1) Simulasi erosi, pertumbuhan tanaman, penggunaan air, dan perubahan iklim.
- 2) Cocok untuk analisis ekonomi dan kebijakan pertanian.

Kelebihan:

- 1) Integratif: mempertimbangkan berbagai aspek (iklim, ekonomi, konservasi).
- 2) Dapat digunakan untuk merancang strategi pertanian berkelanjutan.

## 6. Empirical dan semi-empirical models lainnya

Karakteristik:

- 1) Sederhana tapi akurat untuk berbagai kondisi lahan.
- 2) Bisa diterapkan di daerah tropis dan subtropis.

Kelebihan:

- 1) Lebih fleksibel dari USLE untuk kondisi tropis.
- 2) Digunakan dalam berbagai studi lahan terdegradasi.

### F. Tingkat Bahaya Erosi (TBE)

Tingkat Bahaya Erosi (TBE) dapat dihitung dengan membandingkan erosi aktual dengan erosi yang dapat ditoleransi (Hammer, 1981 dalam Wischmeier & Smith, 1978). Tingkat Bahaya Erosi (TBE) adalah perkiraan jumlah tanah yang hilang maksimum yang akan terjadi pada suatu lahan jika pengelolaan tanaman dan tindakan konservasi tanah tidak mengalami perubahan. Analisis TBE secara kuantitatif dapat menggunakan formula yang dirumuskan oleh Wischmeier dan Smith (1978) berupa rumus Universal Soil Loss Equation (USLE) (Rendra et al., 2023). Untuk menentukan TBE, erosi aktual (A) dibandingkan dengan erosi yang dapat ditoleransi (T) menggunakan rumus:

$$TBE = \frac{A}{T} \quad (7)$$

dimana:

A = Erosi aktual yang terjadi pada lahan (ton/ha/tahun)

T = Erosi yang dapat ditoleransi atau Tolerable Soil Loss  
(ton/ha/tahun)

Nilai TBE ini kemudian diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori untuk menilai tingkat bahaya erosi pada suatu lahan. Sebagai contoh, menurut Kironoto (2003, dalam Sutapa, 2010) kalsifikasi TBE dibagi kedalam beberapa kelas seperti pada Tabel 11

Table 11 Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi

Kelas Bahaya Erosi	Tanah Hilang, A, (ton/ha/tahun)	Keterangan
I	<15	Sangat ringan
II	15 – 60	Ringan
III	60 – 180	Sedang
IV	180 – 480	Berat
V	>480	Sangat berat

Sumber: Kirono, (2003) dalam Sutapa, (2010)

Dengan memahami TBE, pengelola lahan dapat mengambil langkah – langkah yang tepat untuk mengendalikan erosi dan menjaga produktivitas tanah.

## G. Faktor yang Mempengaruhi Erosi

### 1. Faktor Fisik

- 1) Curah hujan: Intensitas hujan yang tinggi meningkatkan energi kinetik yang dapat mempercepat erosi.
- 2) Jenis tanah: Tanah dengan struktur lemah dan tekstur halus, seperti lempung berpasir, lebih rentan terhadap erosi.
- 3) Topografi: Kemiringan dan panjang lereng memengaruhi kecepatan aliran air.
- 4) Vegetasi: Penutup lahan seperti hutan dapat melindungi tanah dari pukulan langsung tetesan hujan dan mengurangi aliran permukaan.

## 2. Faktor Antropogenik

- 1) Penggunaan lahan: Konservasi hutan menjadi lahan pertanian atau pemukiman meningkatkan risiko erosi.
- 2) Praktik pertanian: Pertanian intensif tanpa upaya konservasi tanah memperburuk erosi.
- 3) Penggalan dan pembangunan: Aktivitas konstruksi yang tidak memperhatikan aspek lingkungan mempercepat proses erosi dan sedimentasi.

## H. Kerugian Akibat Erosi

Menurut Suripin (2001) biaya dan keuntungan erosi merupakan hal yang sulit diestimasi. Dalam jangka pendek, biaya produksi pertanian (makanan) meningkat pada areal di mana erosi terjadi. Erosi juga memberi andil pada meningkatnya banjir dan suplai sedimen di daerah hilirnya.

## I. Sistem Informasi Geografis (SIG)

### 1. Definisi SIG

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem berbasis komputer yang dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, memanipulasi, menganalisis, dan menampilkan data yang berhubungan dengan lokasi geografis di permukaan bumi (Murai, 1999). SIG memungkinkan integrasi berbagai jenis data spasial dan atribut untuk menghasilkan informasi yang mendukung pengambilan keputusan dalam berbagai bidang, termasuk pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan.



## 2. Komponen SIG

SIG terdiri dari beberapa komponen utama yang saling berinteraksi untuk memproses data geografis (Longley et al., 2015):

- 1) Perangkat Keras (Hardware): Komputer dan perangkat pendukung yang digunakan untuk menjalankan perangkat lunak SIG.
  - 2) Perangkat Lunak (Software): Aplikasi atau program yang menyediakan fungsi untuk pengolahan dan analisis data spasial.
  - 3) Data Geografis: Informasi spasial yang mencakup data vektor (titik, garis, poligon) dan raster (citra satelit, peta topografi).
  - 4) Manusia (Brainware): Pengguna atau operator yang mengoperasikan sistem dan menganalisis data.
  - 5) Metode: Prosedur dan teknik yang digunakan untuk mengumpulkan, mengolah, dan menganalisis data.
- ## 3. Fungsi dan Aplikasi SIG

SIG memiliki berbagai fungsi, antara lain:

- 1) Pengumpulan Data: Mengintegrasikan data dari berbagai sumber.
- 2) Penyimpanan Data: Menyimpan data dalam format yang terstruktur
- 3) Manipulasi dan Analisis Data: Mengolah data untuk menghasilkan informasi baru.
- 4) Visualisasi Data: Menyajikan data dalam bentuk peta, grafik, atau model 3D.

## **J. Penerapan GIS dalam Analisis Erosi**

Teknologi GIS memungkinkan analisis spasial yang akurat dalam pemetaan wilayah rawan erosi. Dengan GIS, berbagai data spasial seperti DEM (Digital Elevation Model), tutupan lahan, dan curah hujan dapat diintegrasikan untuk menghasilkan peta erosi yang lebih akurat (Burrough & McDonnell, 1998). GIS juga memungkinkan analisis multi-kriteria untuk menentukan wilayah prioritas dalam mitigasi erosi (Eastman, 1999).

## **K. ArcGIS dalam Pemetaan Erosi**

### **1. Pengertian ArcGIS**

ArcGIS adalah sebuah platform Sistem Informasi Geografis (SIG) yang dikembangkan oleh Environmental Systems Research Institute (ESRI) untuk mengelola, menganalisis, dan memvisualisasikan data spasial (ESRI, 2021). ArcGIS menyediakan berbagai alat dan fitur yang memungkinkan pengguna untuk melakukan analisis geospasial yang kompleks, termasuk pemodelan erosi dan sedimentasi (Longley et al., 2015).

### **2. Data yang Diperlukan dalam Analisis Erosi Menggunakan ArcGIS**

Untuk melakukan analisis erosi dengan menggunakan ArcGIS, diperlukan beberapa jenis data utama:

- 1) Data Curah Hujan (Faktor R): Data ini digunakan untuk menghitung faktor erosivitas hujan. Informasi curah hujan dapat diperoleh dari stasiun meteorologi setempat atau badan terkait.

- 2) Peta Jenis Tanah (Faktor K): Peta ini memberikan informasi mengenai karakteristik tanah yang mempengaruhi erodibilitas. Data jenis tanah dapat diperoleh dari survei tanah atau lembaga yang menyediakan informasi geologi.
- 3) Peta Topografi atau Digital Elevation Model (DEM) (Faktor LS): Data elevasi ini digunakan untuk menentukan kemiringan dan panjang lereng yang mempengaruhi laju erosi. DEM dapat diperoleh dari lembaga pemetaan nasional atau sumber lainnya.
- 4) Peta Penggunaan Lahan/Tutupan Lahan (Faktor C): Peta ini menunjukkan jenis penutupan lahan yang mempengaruhi tingkat erosi. Data ini dapat diperoleh dari citra satelit atau survei lapangan.
- 5) Data Praktik Konservasi Tanah (Faktor P): Informasi mengenai praktik pengelolaan lahan yang diterapkan di area studi, seperti terasering atau penanaman penutup tanah, yang dapat mempengaruhi laju erosi.

Pengumpulan dan integrasi data-data tersebut ke dalam ArcGIS memungkinkan analisis spasial yang akurat untuk memetakan wilayah rawan erosi.

### 3. Kelebihan ArcGIS dalam Analisis Erosi

ArcGIS memiliki beberapa kelebihan yang menjadikannya alat yang efektif dalam analisis erosi:

- 1) Integrasi Data Multisumber: ArcGIS mampu menggabungkan berbagai jenis data dari sumber yang berbeda, seperti data vektor dan raster, untuk analisis yang komprehensif.
  - 2) Kemampuan Analisis Spasial Lanjut: ArcGIS menyediakan berbagai alat analisis spasial yang memungkinkan pemodelan faktor-faktor erosi secara detail, seperti analisis kemiringan lereng dan penggunaan lahan.
  - 3) Visualisasi Data yang Informatif: Dengan fitur pemetaan yang canggih, ArcGIS dapat menghasilkan peta tematik yang jelas dan informatif, memudahkan dalam interpretasi hasil analisis.
  - 4) Dukungan untuk Model Erosi: ArcGIS mendukung integrasi dengan berbagai model erosi, seperti Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), untuk estimasi laju erosi yang lebih akurat.
4. Relevansi ArcGIS dalam Pemetaan Wilayah Erosi
- Penggunaan ArcGIS dalam pemetaan wilayah erosi sangat relevan karena:
- 1) Pemodelan Spasial yang Akurat: ArcGIS memungkinkan pemodelan spasial dari faktor-faktor yang mempengaruhi erosi, seperti curah hujan, jenis tanah, topografi, dan penggunaan lahan, sehingga menghasilkan estimasi laju erosi yang akurat.
  - 2) Identifikasi Wilayah Prioritas: Dengan analisis spasial, ArcGIS dapat mengidentifikasi area yang paling rentan terhadap erosi dan

sedimentasi, membantu dalam perencanaan konservasi dan pengelolaan lahan.

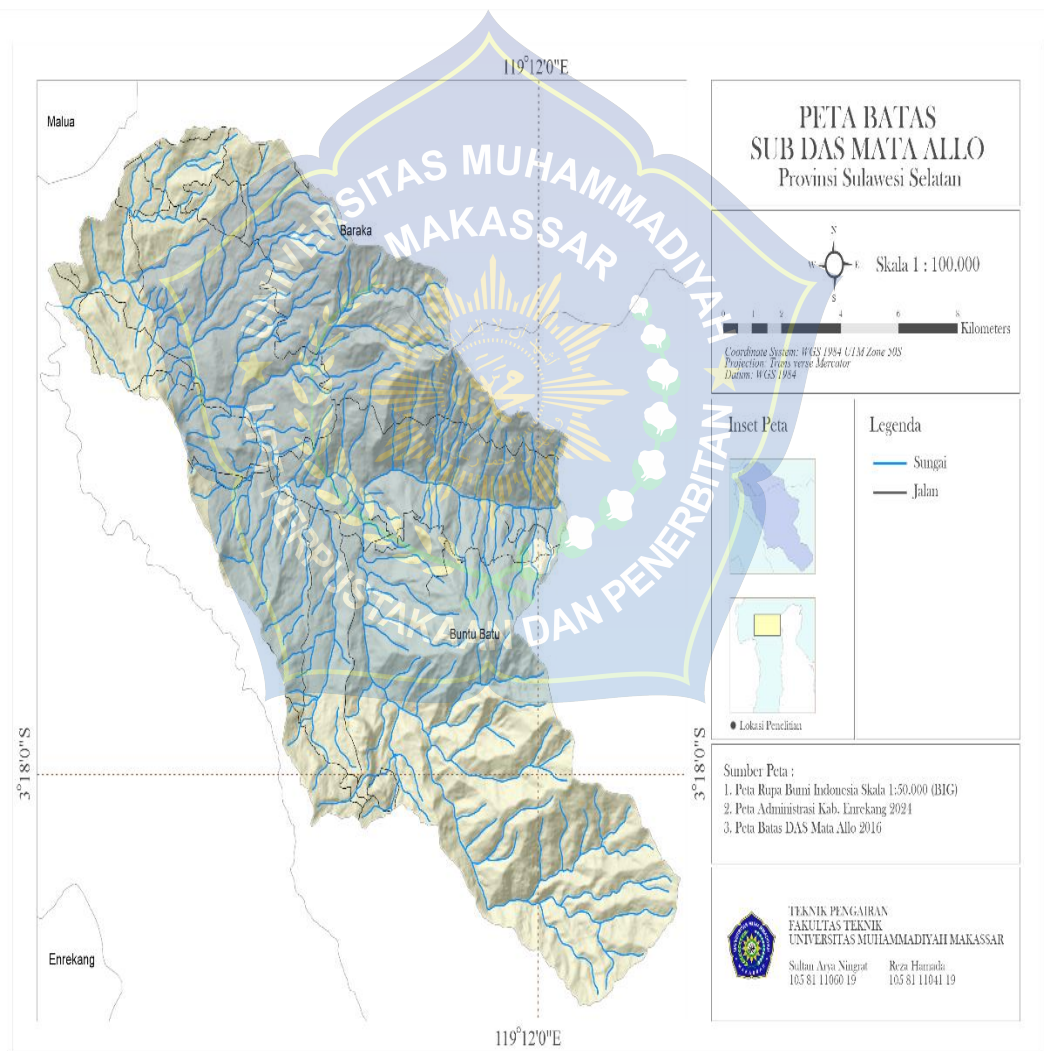
- 3) Pengambilan Keputusan Berbasis Data: Informasi yang dihasilkan dari analisis ArcGIS dapat digunakan oleh pembuat kebijakan dan manajer lahan untuk merancang strategi mitigasi yang efektif dan efisien.



### BAB III METODE PENELITIAN

#### A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Hulu DAS Saddang yang terletak di Sub DAS Mata Allo yang berada pada  $03^{\circ}18'0''$  LS -  $03^{\circ}25'0''$  LS dan  $119^{\circ}43'0''$  BT -  $119^{\circ}52'0''$  BT. Kecamatan Buntu Batu dan Kecamatan Baraka, Kabupaten Enrekang Sulawesi Selatan. Waktu penelitian dilakukan selama 6 bulan.



**Gambar 7. Peta Lokasi Penelitian**



## B. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan metode survei dan analisis laboratorium. Data dikumpulkan melalui observasi lapangan, wawancara, dan pengukuran langsung di beberapa titik yang mewakili berbagai jenis penggunaan lahan.

## C. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi ring sampel, peta topografi, kompas geologi, meteran gulung dan batang, cangkul, sekop kecil, perangkat GPS (Global Positioning System), kamera digital, pisau lapangan, alat tulis, perlengkapan laboratorium, serta perangkat lunak ArcGIS versi 10.8.

Sedangkan bahan yang digunakan terdiri dari sampel tanah, kantong plastik untuk sampel, larutan kimia laboratorium, serta data sekunder yang ditampilkan dalam Tabel 12.

Table 12 Jenis data yang digunakan

Jenis Data	Tahun	Sumber Data
Data Curah Hujan bulanan	2013 - 2023	BMKG
Peta Jenis Tanah	2023	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSLDP), Kementerian Pertanian RI
Peta penutupan Lahan	2022	WebGIS Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK)
Peta kemiringan Lereng	2024	DEM

#### **D. Metode Pelaksanaan**

##### **1. Pengumpulan Data**

Informasi yang dikumpulkan disajikan dalam Tabel 12. Data curah hujan digunakan untuk menghitung nilai erosivitas hujan, sedangkan peta jenis tanah, penutup lahan, dan kemiringan lereng dimanfaatkan dalam penyusunan peta unit lahan.

##### **2. Pembuatan peta unit lahan**

Proses pembuatan peta unit lahan dilakukan dengan cara menggabungkan (overlay) peta jenis tanah, peta kemiringan lereng, dan peta tutupan lahan. Peta tersebut disusun menggunakan skala ketelitian 1:50.000 berdasarkan pedoman dari Cornell (dalam Rossiter, 1995) dengan standar minimum legible area (MLA) seluas 10 hektar.

##### **3. Pengambilan sampel tanah**

Pengambilan sampel tanah meliputi dua jenis, yaitu sampel tanah utuh (bulk) dan sampel tanah terganggu (disturbed).

Sampel diambil menggunakan metode grab sampling di lokasi yang telah ditentukan sebanyak 4 titik pengambilan. Sampel tanah terganggu diambil dari kedalaman 0–20 cm guna menganalisis lapisan atas tanah. Selanjutnya, tanah yang telah dikumpulkan dimasukkan dalam kantong plastik dan diberi label sesuai lokasi.

#### 4. Analisis sampel tanah

Sampel tanah yang sudah dikumpulkan kemudian dianalisis di laboratorium menggunakan sejumlah metode. Beberapa jenis analisis yang dilakukan mencakup:

- a. Tekstur tanah, menggunakan metode pipet (pipette method) menurut Day (1965),
- b. Berat volume tanah (bulk density), menggunakan metode dari Blake dan Hartge (1986),
- c. Dan analisis lain sesuai prosedur laboratorium.

#### 5. Analisis data penelitian

Beberapa metode yang digunakan dalam menganalisis data adalah sebagai berikut:

##### 1) Faktor erosivitas hujan (R)

Nilai erosivitas hujan (R) diperoleh berdasarkan data curah hujan bulanan. Penentuan erosivitas di lokasi penelitian dilakukan dengan menerapkan metode Leanvain (1975, dikutip dalam PERMENHUT P.32/MENHUT-II/2009).

$$R_m = 2.21(Rain)_m^{1.36}$$

Dimana:

$R_m$  = Erosivitas curah hujan bulanan

$(Rain)_m$  = Curah hujan bulanan (cm)

R = Jumlah  $R_m$  selama 12 bulan

## 2) Faktor erodibilitas tanah (K)

Faktor erodibilitas tanah (K) dihitung berdasarkan hasil analisis terhadap tekstur, permeabilitas, kandungan bahan organik, serta struktur tanah, menggunakan metode yang dikembangkan oleh Hammer (1981, dikutip dalam PERMENHUT P.32/MENHUT-II/2009).

## 3) Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS)

Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) dihitung menggunakan metode yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (1978), yang telah disederhanakan dalam Buku Morvometri, perubahan penggunaan lahan, zonasi dan pemodelan Banjir (2022), seperti pada persamaan 3.8

## 4) Faktor pengelolaan tanaman (C) dan Faktor konservasi tanah (P)

Faktor pengelolaan tanaman (C) dan Faktor konservasi tanah (P) diperoleh klasifikasi penggunaan lahan, dan tindakan konservasi yang diterapkan.

## 6. Perhitungan laju erosi

Perhitungan laju erosi pada penelitian ini dilakukan menggunakan persamaan USLE (Universal Soil Loss Equation) yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (1978)

## 7. Perhitungan erosi ditoleransi

Erosi yang dapat ditoleransi dihitung untuk menentukan batas maksimum kehilangan tanah yang masih memungkinkan tanah tetap

produktif. Perhitungan menggunakan persamaan yang dikemukakan oleh Hammer (1981) dalam Hardjowigeno (2007)

8. Mengklasifikasikan tingkat bahaya erosi

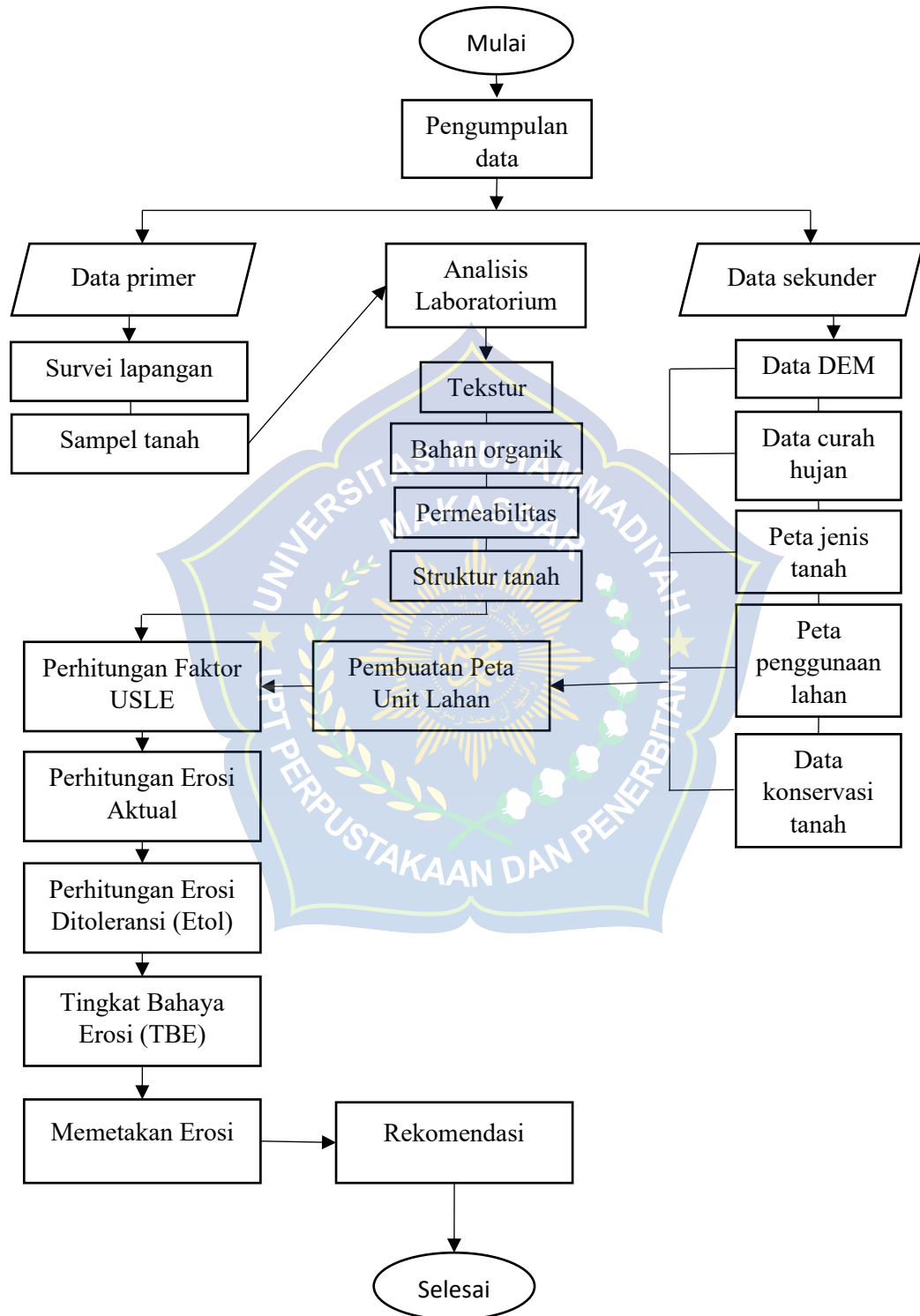
Klasifikasi TBE dilakukan dengan membandingkan nilai laju erosi aktual (A) dengan nilai erosi yang dapat ditoleransi (ETol). Kriteria klasifikasi mengacu pada PERMENHUT P.32/MENHUT-II/2009

9. Memetakan erosi

Pemetaan erosi dilakukan menggunakan ArcGIS 10.8 dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Menggabungkan (overlay) peta unit lahan dengan nilai faktor R, K, LS, C, dan P.
- 2) Menghitung nilai laju erosi (A) pada setiap unit lahan menggunakan kalkulator atribut.
- 3) Membandingkan nilai A dengan ETol untuk menentukan kelas TBE.
- 4) Menyajikan hasil dalam bentuk peta tematik dengan legenda yang menunjukkan kategori TBE.

### E. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil

Sebelum menghitung laju erosi, terlebih dahulu dibuat peta unit lahan sesuai dengan unit lahan yang akan dihitung laju erosinya. Proses pembuatan peta unit lahan dilakukan dengan cara menggabungkan (overlay) peta jenis tanah, peta kemiringan lereng, dan peta tutupan lahan. Peta tersebut disusun menggunakan skala ketelitian 1:50.000 berdasarkan pedoman dari Cornell (dalam Rossiter, 1995) dengan standar minimum legible area (MLA) seluas 10 hektar. Hasil overlay menghasilkan unit-unit lahan dengan luas total mencapai 856,06 hektar. Informasi mengenai peta unit lahan ini disajikan pada Tabel 13.

Table 13 Unit lahan di lokasi penelitian

Unit lahan	Jenis tanah	Tutupan lahan	Kelas lereng	Luas (ha)
1	Lithic Udortents	Pertanian lahan kering	>45%	74.76
2	Lithic Udortents	Pertanian lahan kering	25 – 45%	218.55
13	Typic Hapludalfs	Pertanian lahan kering Campur	25 – 45%	96.32
14	Typic Hapludalfs	Pertanian lahan kering Campur	>45%	466.43

Untuk perhitungan laju erosi di Sub DAS Mata Allo dilakukan menggunakan metode MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation). Metode ini melibatkan enam faktor utama: faktor erosivitas hujan (R), faktor erodibilitas tanah (K), faktor panjang dan kemiringan lereng (LS), faktor pengelolaan tanaman (C), dan faktor tindakan konservasi (P).



### 1. Faktor Erosivitas Hujan (R)

Persamaan MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) menetapkan bahwa nilai R merupakan daya perusak hujan (erosivitas hujan) dapat dihitung melalui data curah hujan (maksimal bulanan) yang diperoleh dari data penangkar curah hujan BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) Stasiun Baraka tahun 2013 sampai tahun 2023

Hasil pengolahan disajikan pada Tabel 14, yang mencakup curah hujan maksimal bulanan dalam satuan milimeter dan sentimeter. Selanjutnya, berdasarkan nilai curah hujan tersebut, dilakukan perhitungan nilai erosivitas hujan (R) menggunakan persamaan Leavain (1975) dalam Bols (1978),  $R = 2.21(\text{Rain})^{1.36}$ , dimana Rain merupakan nilai curah hujan maksimal dalam satuan cm. Nilai R ini menjadi salah satu parameter penting dalam analisis erosi menggunakan metode MUSLE, untuk hasil perhitungannya adalah sebagai berikut

Table 14 Perhitungan nilai faktor erosivitas hujan (R) di Sub DAS Mata Allo

Bulan	Curah hujan bulanan maksimal (mm)	Erosivitas hujan R (MJ. Mm/ha)
Januari	7,91	36,805
Februari	9,06	44,268
Maret	10,06	51,042
April	9,29	45,803
Mei	11,25	59,424
Juni	10,53	54,312
Juli	7,72	35,608
Agustus	6,54	28,417
September	8,26	39,038
Oktober	15,70	93,501
November	10,60	54,803
Desember	9,44	46,812
Rata - rata		589,833

Berdasarkan Tabel 14, nilai R di daerah studi berkisar antara 28,417 hingga 93,501 MJ.mm/ha.hr.tahun, dengan rata – rata sebesar 589,8 MJ.mm/ha.hr.tahun.

## 2. Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Faktor erodibilitas tanah (K) merupakan salah satu komponen utama dalam perhitungan potensi erosi dengan metode USLE. Nilai K mencerminkan tingkat kerentanan tanah terhadap erosi berdasarkan karakteristik fisik dan kimia tanah, seperti tekstur, struktur, permeabilitas, serta kandungan bahan organik. Setiap jenis penggunaan lahan dapat memiliki nilai K yang berbeda tergantung pada jenis tanah yang mendominasinya.

Penentuan faktor ini dilakukan melalui serangkaian uji laboratorium yang meliputi: uji struktur tanah, perhitungan nilai M (faktor tekstur tanah), pengukuran kadar bahan organik, dan uji permeabilitas tanah. Data dari masing-masing pengujian akan digunakan sebagai komponen perhitungan nilai K sesuai persamaan yang digunakan dalam metode USLE (Universal Soil Loss Equation).

### a. Hasil uji struktur tanah

Uji struktur tanah dilakukan untuk mengetahui kelas struktur yang digunakan dalam perhitungan K. Struktur tanah diamati secara visual berdasarkan bentuk dan ukuran agregat tanah. Pengamatan struktur tanah dilakukan pada sampel tanah kering-udara yang diambil dari masing-masing unit lahan. Sampel dipecah hati-hati dengan tangan

agar bentuk agregat alaminya tetap terjaga. Setiap agregat diukur menggunakan penggaris skala milimeter, lalu ukuran rata-rata dihitung dari enam pengukuran per unit lahan ( $n = 6$ ). Bentuk dan ukuran agregat dicocokkan dengan klasifikasi FAO (Guidelines for Soil Description, 1990) untuk menentukan kode struktur.

1) Hitung rata – rata:

Pengukuran dilakukan sebanyak 6 kali, dari pengukuran diperoleh diameter butiran 3,0, 3,6, 3,8, 3,1, 3,5, 4,0

$$\text{Mean} = \frac{\text{Jumlah semua data}}{\text{Jumlah data (n)}}$$

$$\text{Mean} = \frac{3,0 + 3,6 + 3,8 + 3,1 + 3,5 + 4,0}{6}$$

$$\text{Mean} = \frac{21}{6}$$

$$\text{Mean} = 3,5$$

2) Hitung simpangan baku SD:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (xi - \text{Mean})^2}{n - 1}}$$

Selisih ( $xi - \text{Mean}$ )

$$3,0 - 3,5 = -0,5$$

Dihitung dengan cara yang sama untuk selisih setiap percobaan, kemudian diperoleh (-0,5, 0,1, 0,3, -0,4, 0,0, 0,5), kemudian masing - masing dikuadratkan sesuai rumus untuk menghitung SD, dan diperoleh (0,25, 0,01, 0,09, 0,16, 0,00, 0,25), sehingga diperoleh jumlah kuadrat selisih

$$\sum (x_i - \text{mean})^2 = 0,25 + 0,01 + 0,09 + 0,16 + 0,00 + 0,25$$

$$\sum (x_i - \text{mean})^2 = 0,76$$

$$SD = \sqrt{\frac{0,76}{6 - 1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{0,76}{5}}$$

$$SD = \sqrt{0,152}$$

$$SD = 0,7$$

Selanjutnya dihitung dengan cara yang sama untuk unit lahan yang lain

### 3) Hitung batas atas dan batas bawah

Untuk memberikan gambaran sebaran ukuran agregat disekitaran wilayah tersebut, memperkuat klasifikasi bahwa seluruh (atau dominan) ukuran agregat berada dalam rentang klasifikasi yang sesuai

$$\text{batas bawah} = \text{mean} - SD$$

$$\text{batas bawah} = 3,5 - 0,7 = 2,8 \text{ mm}$$

$$\text{batas atas} = \text{mean} + SD$$

$$\text{batas atas} = 3,5 + 0,7 = 4,2 \text{ mm}$$

Sehingga diketahui bahwa unit lahan 1 didominasi ukuran agregat berkisar 2,8 – 4,2 mm, untuk unit lahan lain dihitung dengan cara

yang sama lalu diklasifikasikan berdasarkan Tabel FAO dan PERMERNHUT P.32/MENHUT-II/2009

Table 15 Hasil uji struktur tanah (s) di Sub DAS Mata Allo

Unit lahan	Ukuran agregat (mm) rata – rata $\pm$ SD (n=6)	Ukuran agregat Tabel FAO	Kode	Tipe Struktur
1	$3,5 \pm 0,7$	2 – 5 mm	3	Granular sedang dan kasar
2	$6,8 \pm 0,6$	> 5 mm	4	Gumpal, Lempeng, Pejal
3	$2,7 \pm 0,4$	2 – 5 mm	3	Granular sedang dan kasar
4	$4,2 \pm 0,5$	2 – 5 mm	3	Granular sedang dan kasar

Berdasarkan hasil pengukuran, rata-rata ukuran agregat tanah pada setiap unit lahan berada dalam rentang yang sesuai dengan klasifikasi FAO. Nilai rata-rata disajikan bersama simpangan baku (SD), yang digunakan untuk menghitung batas bawah ( $\text{mean} - \text{SD}$ ) dan batas atas ( $\text{mean} + \text{SD}$ ) guna menggambarkan variasi ukuran agregat. Sebagai contoh, pada unit lahan 1 diperoleh rata-rata 3,5 mm dengan SD 0,7 mm, sehingga ukuran agregat berada pada kisaran 2,8–4,2 mm. Rentang ini sepenuhnya berada dalam interval 2–5 mm menurut FAO, sehingga diklasifikasikan sebagai struktur granular sedang dan kasar dengan kode 3, nilai ini akan digunakan dalam penentuan faktor struktur (S) pada perhitungan K. Metode ini diterapkan pada seluruh unit lahan, sehingga klasifikasi kode struktur dapat dipertanggungjawabkan berdasarkan data terukur dan standar FAO.

b. Perhitungan nilai M

Nilai M adalah faktor yang mewakili pengaruh tekstur tanah terhadap erodibilitas, dihitung menggunakan persentase fraksi pasir, debu, dan lempung hasil uji analisis tekstur tanah. Berdasarkan hasil uji hidrometer dan saringan, persentase fraksi yang diperoleh adalah 20% pasir, 13% debu, 67% lempung. Dengan menggunakan rumus:

$$M = (\% \text{ pasir} + \% \text{ debu}) \times (100 - \% \text{ lempung})$$

$$M = (20 + 13) \times (100 - 67) = 1089$$

diperoleh nilai M sebesar 1089. Nilai ini menjadi salah satu komponen utama dalam persamaan perhitungan K.

Table 16 Nilai M di Sub DAS Mata Allo

Unit lahan	% Pasir	% Debu	% Lempung	M
1	20	13	67	1089
2	21	14	65	1225
3	55	17	28	5184
4	88	7	5	9025

Table 17 Nilai faktor kedalaman di Sub DAS Mata Allo

Unit lahan	Liat %	Pasir %	Debu %	Kelas Tekstur	Faktor Kedalaman
1	67	20	13	Liat	1
2	65	21	14	Liat	1
3	28	55	17	Pasir	0,8
4	5	88	7	Pasir	0,8

c. Hasil uji kadar bahan organik

Kadar bahan organik diukur dengan metode Walkley and Black.

Ambil erlenmeyer, masukkan 10 mL  $K_2Cr_2O_7$ . Tambahkan 20 mL  $H_2SO_4$  tambahkan indikator ferroin 3 tetes. Ambil tanah kering dan diayak menggunakan saringan, kemudian ambil 1000 gram tanah yang lolos saringan 2 mm dan masukkan dalam erlenmeyer. Tambahkan 10 mL larutan  $K_2Cr_2O_7$  ke tanah yang sudah dimasukkan dalam erlenmeyer. Tambahkan 20 mL  $H_2SO_4$  diamkan selama 30 menit. Tambahkan 200 mL air suling ke dalam erlenmeyer. Tambahkan 3 tetes larutan indikator ferroin. Isi buret dengan larutan  $FeSO_4$  (ferrosulfat) dengan konsentrasi 0,25 N, catat volume awal titran di buret 0,00 mL. teteskan sedikit demi sedikit larutan yang sudah diisi kedalam buret tadi sambil mengaduk larutan di erlenmeyer. Larutan berubah warna menjadi merah kecoklatan, penetesan dihentikan saat warna merah kecoklatan stabil selama 30 detik. Lihat berapa skala akhir di buret untuk mengetahui berapa banyak larutan titran yang sudah dipakai selama titrasi.

$$\%C_{organik} = \frac{(V_b - V_s) \times N \times 0,003 \times 100}{berat\ tanah\ (g)}$$

$$\%C_{organik} = \frac{(32,50 - 17,00) \times 0,25 \times 0,003 \times 100}{1000}$$

$$\%C_{organik} = 1,55$$

$$\%OM_{organik} = \%C \times 1,724$$



1,724 adalah faktor konversi dari karbon organik menjadi bahan organik

$$\%OM \text{ organik} = 1,55 \times 1,724$$

$$\%OM \text{ organik} = 2,67$$

Berdasarkan hasil titrasi, diperoleh kadar bahan organik sebesar 2,67%.

Dihitung dengan cara yang sama untuk setiap penggunaan lahan. Nilai ini digunakan untuk menentukan faktor bahan organik (OM) pada perhitungan K, di mana tanah dengan kadar bahan organik lebih tinggi umumnya memiliki erodibilitas lebih rendah karena peran bahan organik dalam meningkatkan agregasi tanah.

Table 18 Tabel hasil uji kadar bahan organik di Sub DAS Mata Allo

Unit lahan	Skala awal buret	Skala akhir buret (blanko)	Skala akhir buret (sampel)	Blanko MI Penitar	Sampel Penitar	BLK-SPL	Mg Spl	N Penitar	% C	% OM
1	0,00	32.50	17,00	32,50	17,00	15,5	1000	0,25	1,55	2,66
2	0,00	32,50	17,00	32,5	6,8	25,5	1000	0,25	2,56	4,43
3	0,00	32,50	17,00	32,5	24	8,5	1000	0,25	0,85	1,46
4	0,00	32,50	17,00	32,5	8	24,5	1000	0,25	2,44	4,21

d. Hasil uji permeabilitas tanah

Uji permeabilitas dilakukan untuk mengetahui laju infiltrasi air melalui tanah. Pengujian dilakukan dengan metode constant head.

$$K = \frac{Q \times L}{h \times A \times t}$$

$$K = \frac{0,25 \times 11,4}{14,5 \times 7,069 \times 60}$$

$$K = \frac{2,85}{6150,03}$$

$$K = 0,0004634$$

Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali seperti terlihat pada tabel

Table 19 pengujian permeabilitas untuk 1 sampel di Sub DAS Mata Allo

No test	1	2	3	4	5
Diameter buret (d)	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Diameter sampel (D)	3	3	3	3	3
Tinggi sampel (L)	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
Luas potongan melintang buret (a)	13,854	13,854	13,854	13,854	13,854
Luas potongan melintang sampel (A)	7,069	7,069	7,069	7,069	7,069
Ketinggian hidraulik (h)	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5
Waktu pengujian second (t)	60	120	180	240	300
Volume air yang terkumpul (Q)	0,25	0,29	0,34	0,38	0,42
Koefisien permeabilitas (K)	0,0004634	0,000269	0,00021	0,000176	0,000156
Rata - rata	0,000255				
cm/jam	0,92				

Dari semua pengujian tersebut, hasilnya kita rata – ratakan kemudian karena hasil yang diperoleh adalah dalam satuan cm/detik, maka kita ubah

menjadi cm/jam agar bisa diklasifikasikan. Selanjutnya untuk sampel lain dihitung dengan cara yang sama untuk setiap penggunaan lahan dan hasilnya terdapat pada Tabel 20.

Table 20 Hasil pengujian permeabilitas di Sub DAS Mata Allo

Unit lahan	Nilai	Nilai tabel PERMENHUT P.32/MENHUT-II/2009	Kode	Kelas permeabilitas (cm/jam)
1	0,92	0,5 – 2,0	5	Lambat
2	0,14	0,5	6	Sangat lambat
3	0,14	0,5	6	Sangat lambat
4	0,22	0,5	6	Sangat lambat

Nilai ini digunakan untuk menentukan faktor permeabilitas (p) dalam perhitungan K.

Data dari keempat pengujian di atas struktur tanah (s), nilai M, kadar bahan organik (OM), dan permeabilitas (p), digunakan sebagai variabel dalam perhitungan nilai K menggunakan persamaan yang direkomendasikan dalam metode USLE.

$$K = \frac{2.1 \times 10^{-4}(M)^{1.14}(12 - OM) + 3.25(S - 2) + 2.5(P - 3)}{100}$$

$$K = \frac{2.1 \times 10^{-4}(1089)^{1.14}(12 - 2.66) + 3.25(3 - 2) + 2.5(5 - 3)}{100}$$

$$K = \frac{13,935}{100}$$

$$K = 0,13$$

Selanjutnya dihitung dengan cara yang sama untuk setiap penggunaan lahan dan Tabel berikut merangkum semua nilai faktor tersebut beserta

hasil perhitungan akhir faktor K untuk setiap sampel tanah dan diklasifikasikan nilai erodibilitas tanahnya berdasarkan Arsyad (2010).

Table 21 Perhitungan nilai faktor K di Sub DAS Mata Allo

Unit lahan	Luas (ha)	Ukuran Partikel (M)	Kadar (OM)	Kode Struktur (s)	Kode Permeabilitas (p)	Nilai K (Tabel)	Nilai K (Hasil)	Keterangan
1	74,76	1089	2,66	3	5	0,11-0,20	0,13	Rendah
2	281,55	1225	4,41	4	6	0,11-0,20	0,19	Rendah
3	96,32	5184	1,46	3	6	0,44-0,55	0,82	Tinggi
4	466,43	9025	4,21	3	6	>0,56	0,64	Sangat Tinggi

### 3. Faktor Panjang dan Kemiringan lereng (LS)

Tabel ini menyajikan nilai faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) untuk setiap unit lahan penelitian. Nilai LS diperoleh melalui dua tahap utama, yaitu pengolahan data topografi menggunakan ArcGIS dan perhitungan LS berdasarkan rumus MUSLE.

Pertama, data DEM (Digital Elevation Model) diolah untuk memperoleh informasi topografi. Panjang lereng (L) dihitung dengan memanfaatkan analisis flow length yang menunjukkan jarak dari puncak lereng hingga kaki lereng mengikuti arah aliran permukaan. Kemiringan lereng (S) diperoleh dari peta kemiringan hasil turunan DEM menggunakan Slope Tool, kemudian nilai rata-rata kemiringan setiap unit lahan dihitung dengan metode Zonal Statistics.

Kedua, nilai L dan S tersebut digunakan untuk menghitung faktor LS dengan menggunakan Tabel 6.

Table 22 Perhitungan faktor nilai LS di Sub DAS Mata Allo

Unit lahan	Panjang Lereng (L) dalam meter	Panjang Lereng (L) Tabel	Kemiringan Lereng (S) dalam %	Kemiringan Lereng (S) Tabel	Nilai LS
1	17,3	10 – 20	46	40 – 60	3,6
2	32,4	20 – 50	32	20 – 40	3,6
3	27	20 – 50	29,2	20 – 40	3,6
4	28	20 – 50	50,5	40 – 60	4,8

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai LS pada setiap unit lahan dipengaruhi oleh kombinasi panjang lereng dan kemiringan lereng. Unit lahan dengan lereng lebih panjang dan kemiringan lebih curam memiliki nilai LS lebih tinggi, yang berarti potensi erosi akibat faktor topografi juga lebih besar. Sebaliknya, unit lahan dengan lereng lebih pendek dan kemiringan landai menunjukkan nilai LS yang lebih rendah.

#### 4. Faktor Pengelolaan Tanaman (C)

Faktor pengelolaan tanaman (C) di wilayah penelitian diklasifikasikan ke dalam dua kelas, yaitu indeks 0,45 (pertanian lahan kering), dan 0,28 (pertanian lahan kering campuran).

Penentuan nilai faktor penutup dan pengelolaan lahan (cover and management factor, C) dilakukan dengan mengacu pada kondisi aktual penggunaan lahan di Sub DAS Mata Allo. Setiap jenis penutupan lahan diidentifikasi berdasarkan survei lapangan dan interpretasi data sekunder, kemudian dicocokkan dengan nilai C pada literatur rujukan (misalnya Wischmeier & Smith, 1978; Arsyad, 2010) yang telah dimodifikasi sesuai

kondisi setempat. Nilai C merepresentasikan kemampuan vegetasi dan pengelolaan lahan dalam mengurangi laju erosi dibandingkan dengan lahan tanpa penutup. Semakin rendah nilai C, semakin efektif penutup lahan tersebut dalam mengendalikan erosi.

Table 23 Nilai C sesuai penggunaan lahan di Sub DAS Mata Allo

No	Luas (ha)	Penutupan lahan	Penutupan lahan di Tabel	Nilai C Tabel	Indeks tutupan lahan (C)
1	218,55	Pertanian lahan kering (monokultur)	SKegiatan budidaya tanaman semusim di lahan tidak tergenang, seperti jagung, kacang tanah, kedelai, ubi kayu, dan padi gogo. Umumnya diolah secara intensif, dengan masa tanah terbuka cukup lama sebelum tanaman menutup lahan. Nilai C: 0,40 – 0,60 (nilai umum: 0,45)	0,40 – 0,60	0,45
2	5052,68	Pertanian lahan kering campur (tumpang sari/agroforestri)	Lahan pertanian kering yang ditanami campuran tanaman semusim dan tanaman tahunan/perkebunan dalam satu petak. Vegetasi lebih beragam, kerapatan tajuk lebih tinggi sehingga perlindungan tanah lebih baik. Nilai C: 0,20 – 0,35 (nilai umum: 0,28)	0,20 – 0,35	0,28

Tabel menunjukkan bahwa jenis penutupan lahan di lokasi penelitian memiliki variasi nilai C yang cukup lebar, mulai dari 0,28 hingga 0,45. Nilai C tertinggi (0,45) terdapat pada lahan pertanian lahan kering dengan

pola tanam monokultur tanaman semusim, seperti jagung, kacang tanah, dan ubi kayu, yang relatif kurang memberikan perlindungan terhadap tanah dari pukulan hujan dan aliran permukaan. Sebaliknya, nilai C terendah (0,28) dijumpai pada lahan pertanian campuran yang mengombinasikan tanaman semusim dan tahunan, yang mampu meningkatkan penutupan tanah secara lebih merata sepanjang tahun. Variasi nilai C ini akan memengaruhi besarnya prediksi kehilangan tanah pada perhitungan erosi selanjutnya, sehingga pemilihan jenis penutup lahan menjadi salah satu faktor penting dalam upaya konservasi tanah di wilayah ini.

#### 5. **Faktor Pengelolaan Tanah (P)**

Faktor pengelolaan tanaman (crop management factor, P) merupakan komponen dalam persamaan MUSLE yang menggambarkan efektivitas tindakan konservasi tanah dalam menurunkan laju erosi. Nilai P ditentukan berdasarkan jenis penggunaan lahan, pola tanam, dan keberadaan teknik konservasi seperti terasering, guludan, atau penanaman sejajar kontur. Semakin kecil nilai P, semakin besar kemampuan tindakan konservasi tersebut dalam mengurangi erosi. Penentuan nilai P di Sub DAS Mata Allo dilakukan dengan mengacu pada kondisi aktual di lapangan, kemudian disesuaikan dengan nilai baku dari literatur konservasi tanah (misalnya Arsyad, 2010) untuk jenis tutupan dan teknik konservasi yang ditemukan.



Table 24 Nilai P di Sub DAS Mata Allo

Penutupan lahan	Indeks konservasi tanah (P)	Teknik konservasi
Pertanian lahan kering (monokultur)	1	Tanpa tindakan konservasi
Pertanian lahan kering campur (tumpang sari/agroforestri)	1	Tanpa tindakan konservasi

Berdasarkan tabel dapat diketahui bahwa untuk dua jenis tutupan lahan yaitu pertanian lahan kering dan pertanian lahan kering campur nilai faktor P adalah 1 (tanpa tindakan konservasi).

Setelah menghitung 5 faktor yang mempengaruhi erosi, selanjutnya kita bisa menghitung laju erosi berdasarkan hasil dari setiap faktor yang telah dihitung sebelumnya dengan menggunakan rumus di persamaan 1

Table 25 Perhitungan laju erosi Sub das Mata Allo

Unit lahan	Luas (ha)	R	K	LS	C	P	A (ton/ha/thn)
1	74,76	589,83	0,13	3,6	0,45	1	129,219
2	218,55	589,83	0,19	3,6	0,45	1	181,550
3	96,32	589,83	0,82	3,6	0,28	1	487,532
4	466,43	589,83	0,64	4,8	0,28	1	507,350
Total	856,060						1300,652

Dari tabel dapat kita lihat bahwa untuk unit lahan 1 memiliki laju erosi sebesar 124,219 ton/ha/tahun atau 3,312 ton/ha, unit lahan 2 memiliki laju erosi sebesar 181,550 ton/ha/tahun atau 4.841 ton/ha, unit lahan 3

memiliki laju erosi sebesar 487,532 ton/ha/tahun atau 13.001 ton/ha, unit lahan 4 memiliki laju erosi sebesar 507,350 ton/ha/tahun atau 13.529 ton/ha.

Selanjutnya untuk menghitung erosi ditoleransi menggunakan data yang telah diperoleh data kedalaman tanah efektif dan bobot isi tanah pada setiap unit lahan, kemudian dilakukan perhitungan nilai erosi yang dapat ditoleransi (TSL). Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui batas maksimum kehilangan tanah yang masih dapat diterima tanpa mengurangi produktivitas lahan secara signifikan. Nilai TSL dihitung menggunakan rumus pada persamaan 6

Faktor kedalaman diambil dari tabel 17, kedalaman ekuivalen diperoleh dari solum tanah dikali faktor kedalaman

Table 26 Nilai erosi ditoleransi Sub DAS Mata Allo

Unit lahan	Solum tanah / di (mm)	Faktor kedalaman tanah	Kedalaman ekuivalen (DE)	Kedalaman minimum / D <sub>min</sub> (mm)	Laju pembentukan tanah PT (SFR) mm	Umur guna tanah	Erosi ditoleransi (TSL)
1	1100	1	1100	970	0,5	250	1,02
2	900	1	900	530	0,5	250	1,98
3	1200	0,8	960	650	0,5	250	1,74
4	1100	0,8	880	600	0,5	250	1,62

Tabel 26 menyajikan hasil perhitungan tolerable soil loss (TSL) untuk setiap unit lahan pada lokasi penelitian. Nilai TSL diperoleh berdasarkan kedalaman tanah efektif (DE), kedalaman minimum yang diperlukan untuk perakaran tanaman tahunan (mD), serta umur penggunaan lahan (Um). Perhitungan TSL dilakukan dengan mempertimbangkan faktor

keamanan tanah ( $m$ ), kedalaman aman minimum ( $h$ ), dan kedalaman tanah yang dapat hilang secara aman selama umur guna lahan ( $P$ ). Nilai TSL yang dihasilkan dinyatakan dalam milimeter per tahun ( $mm/th$ ), yang menunjukkan besarnya kehilangan tanah yang masih dapat ditoleransi tanpa mengganggu produktivitas lahan dalam jangka panjang.

Tabel 26 menunjukkan hasil perhitungan nilai erosi yang dapat ditoleransi (TSL) pada beberapa unit lahan berdasarkan kedalaman tanah dan faktor-faktor terkait. Perhitungan dilakukan dengan mempertimbangkan solum tanah ( $D$ ), faktor kedalaman tanah ( $m$ ), kedalaman ekivalen tanah ( $DE$ ), kedalaman minimum untuk pembentukan tanah guna pemanfaatan pertanian ( $D_{min}$ ), serta laju pembentukan tanah secara alami ( $SFR$ ).

Pada Unit Lahan 1, solum tanah sebesar 1100 mm dengan faktor kedalaman tanah  $m = 1$  menghasilkan kedalaman ekivalen ( $DE$ ) sebesar 1100 mm. Setelah dikurangi kedalaman minimum ( $D_{min}$ ) 970 mm, diperoleh selisih 530 mm. Dengan laju pembentukan tanah 0,5 mm/tahun dan umur pemanfaatan tanah 250 tahun, nilai TSL pada unit ini adalah 1,02 ton/ha/tahun.

Unit Lahan 3 memiliki solum tanah 1200 mm dan  $m = 0,8$  sehingga kedalaman ekivalennya 960 mm. Setelah dikurangi  $D_{min}$  sebesar 650 mm, diperoleh selisih 310 mm. Dengan  $SFR$  0,5 mm/tahun dan umur pemanfaatan 250 tahun, nilai TSL tercatat 1,94 ton/ha/tahun.

Pada Unit Lahan 4, solum tanah 1100 mm dan  $m = 0,8$  memberikan DE sebesar 880 mm. Dmin 600 mm menghasilkan selisih 280 mm. Dengan SFR 0,5 mm/tahun dan umur pemanfaatan tanah 250 tahun, nilai TSL adalah 1,62 ton/ha/tahun.

Secara umum, nilai TSL tertinggi terdapat pada Unit Lahan 3 sebesar 1,94 ton/ha/tahun, sedangkan nilai terendah terdapat pada Unit Lahan 1 sebesar 1,02 ton/ha/tahun. Perbedaan ini dipengaruhi oleh kombinasi antara kedalaman tanah, kedalaman minimum yang dibutuhkan, dan laju pembentukan tanah alami.

Berdasarkan nilai TSL pada tabel 26, dilakukan klasifikasi sifat substratum menggunakan metode interpolasi terhadap batas kelas erosion tolerance (Etol) atau TSL yang mengacu pada FAO/USDA (dimodifikasi sesuai kondisi lapangan). Interpolasi ini bertujuan menentukan posisi relatif setiap nilai TSL terhadap dua batas Etol atau TSL terdekat, sehingga diperoleh kategori sifat substratum yang lebih akurat khususnya untuk nilai-nilai TSL yang berada di antara dua kelas baku. Selain kategori kelas, tabel ini juga dilengkapi keterangan deskriptif yang menggambarkan kedalaman tanah dan sifat substratum secara kualitatif, sehingga memudahkan interpretasi hasil dan hubungannya dengan kemampuan tanah menahan erosi.

Table 27 Klasifikasi TSL hasil interpolasi Sub DAS Mata Allo

Unit lahan	TSL	Batas Etol yang mengapit	Posisi relatif P = (TSL- bawah) / (Atas – Bawah)	Kategori sifat substratum (Interpolasi)	Keterangan
1	1,02	0,8 - 1,2	0,55 (55%)	Transisi dangkal kedap air – dangkal permeabel, lebih dekat ke 1,2	Berdasarkan TSL sebesar 1,02 mm/th, tanah ini termasuk kategori dangkal dengan sifat substratum berada di antara kedap air dan permeabel – atau mendekati kedap air tetapi dengan permeabilitas lebih besar dari rata-rata kategori tersebut.
2	1,98	1,6 - 2,0	0,95 (95%)	Hampir setara kelas 2,0 (dalam, lapisan bawah permeabel)	Tanah dalam; karakter substratum sangat mendekati permeabel. Interpolasi menempatkan nilai pada 95% menuju kelas 2,0.
3	1,74	1,6 - 2,0	0,35 (35%)	Transisi dalam, lapisan bawah permeabilitas sedang – dalam, permeabel, lebih dekat ke 1,6	Tanah dalam; substratum cenderung permeabilitas sedang, dengan kecenderungan ke arah permeabel.
4	1,62	1,6 - 2,0	0,05 (5%)	Hampir setara kelas 1,6 (dalam, lapisan bawah permeabilitas sedang)	Tanah dalam; substratum permeabilitas sedang, nilai hanya 5% menuju kelas 2,0.

Penentuan nilai faktor penutup dan pengelolaan lahan (cover and management factor, C) dilakukan dengan mengacu pada kondisi aktual penggunaan lahan di Sub DAS Mata Allo. Setiap jenis penutupan lahan

diidentifikasi berdasarkan survei lapangan dan interpretasi data sekunder, kemudian dicocokkan dengan nilai C pada literatur rujukan (misalnya Wischmeier & Smith, 1978; Arsyad, 2010) yang telah dimodifikasi sesuai kondisi setempat. Nilai C merepresentasikan kemampuan vegetasi dan pengelolaan lahan dalam mengurangi laju erosi dibandingkan dengan lahan tanpa penutup. Semakin rendah nilai C, semakin efektif penutup lahan tersebut dalam mengendalikan erosi.

Tingkat Bahaya Erosi (TBE) digunakan untuk menggambarkan tingkat kerentanan suatu lahan terhadap kehilangan tanah akibat proses erosi. Nilai IBE diperoleh dari perbandingan antara laju erosi aktual (A) dengan laju erosi yang dapat ditoleransi (T). Semakin besar nilai IBE, semakin tinggi tingkat ancaman erosi yang terjadi pada lahan tersebut. Berdasarkan nilai IBE, lahan dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa tingkat bahaya, mulai dari sangat ringan hingga sangat berat. Klasifikasi ini penting untuk menentukan prioritas tindakan konservasi tanah dan air, sehingga upaya pencegahan erosi dapat dilakukan secara efektif dan tepat sasaran. Tabel 28 menunjukkan klasifikasi Indeks Bahaya Erosi yang digunakan dalam penelitian ini.

Table 28 Klasifikasi tingkat bahaya erosi di Sub DAS Mata Allo

Unit lahan	Luas (ha)	Erosi aktual A (Hasil) ton/ha/thn	Erosi ditoleransi TSL (hasil) ton/ha/thn	Tingkat bahaya erosi TBE (hasil) ton/ha/thn	Erosi aktual A (Tabel) ton/ha/thn	Kelas erosi
1	74,76	129,219	1,02	121,783	60 – 180	Sedang
2	218,55	181,550	1,98	91,692	60 – 180	Sedang
3	96,32	487,532	1,74	280,191	180 - 480	Berat
4	466,43	507,350	1,62	313,179	180 - 480	Berat

Berdasarkan Tabel 28, terlihat bahwa Unit Lahan 1 dan 2 memiliki nilai TBE masing-masing 1,02 dan 1,98 yang masuk dalam kategori sedang karena laju erosi aktual berada pada kisaran 60–180 ton/ha/tahun. Sementara itu, Unit Lahan 3 dan 4 menunjukkan nilai TBE masing-masing 1,94 dan 1,62, keduanya termasuk kategori berat karena laju erosi aktual melebihi 180 ton/ha/tahun dan berada dalam rentang 180–480 ton/ha/tahun.

Luas lahan terbesar dengan kelas bahaya erosi berat terdapat pada Unit Lahan 2 dan 3, masing-masing seluas 487,532 ha, yang menunjukkan perlunya perhatian khusus dalam penerapan teknik konservasi tanah. Secara umum, hasil ini menggambarkan bahwa sebagian besar wilayah kajian memiliki tingkat bahaya erosi sedang hingga berat, sehingga upaya pengelolaan dan perlindungan lahan sangat diperlukan untuk menekan laju kehilangan tanah di Sub DAS Mata Allo.



Perhitungan erosi rata-rata tertimbang dilakukan untuk mengetahui besarnya laju erosi pada setiap unit lahan dengan mempertimbangkan luas wilayahnya. Nilai erosi rata-rata tertimbang diperoleh dari hasil perkalian antara nilai erosi (A) tiap unit lahan dengan luasnya, kemudian dibagi dengan total luas keseluruhan. Pendekatan ini memberikan gambaran kontribusi masing-masing unit lahan terhadap total erosi yang terjadi di Sub DAS Mata Allo.

Table 29 Nilai erosi aktual (A) rata – rata tertimbang di Sub DAS Mata Allo

Unit lahan	Luas (ha)	Erosi aktual A (Hasil) ton/ha/thn	Rata – rata tertimbang (Hasil) ton/ha/thn
1	74,76	129,219	9286,59
2	218,55	181,550	39677,90
3	96,32	487,532	46959,09
4	466,43	507,350	236643,46
Jumlah	856,06		388,486

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 29, nilai erosi rata-rata tertimbang di Sub DAS Mata Allo mencapai 388,486 ton/ha/tahun. Unit lahan dengan nilai erosi tertimbang terbesar adalah Unit 3 dengan kontribusi sebesar 507.350 ton/ha/tahun, diikuti oleh Unit 2 dengan 396.777,90 ton/ha/tahun. Sementara itu, Unit 1 memiliki nilai erosi tertimbang terendah, yaitu 9.286,59 ton/ha/tahun. Perbedaan ini dipengaruhi oleh variasi faktor penentu erosi pada setiap unit lahan, seperti

kemiringan lereng, jenis tanah, tutupan lahan, serta penerapan teknik konservasi tanah.

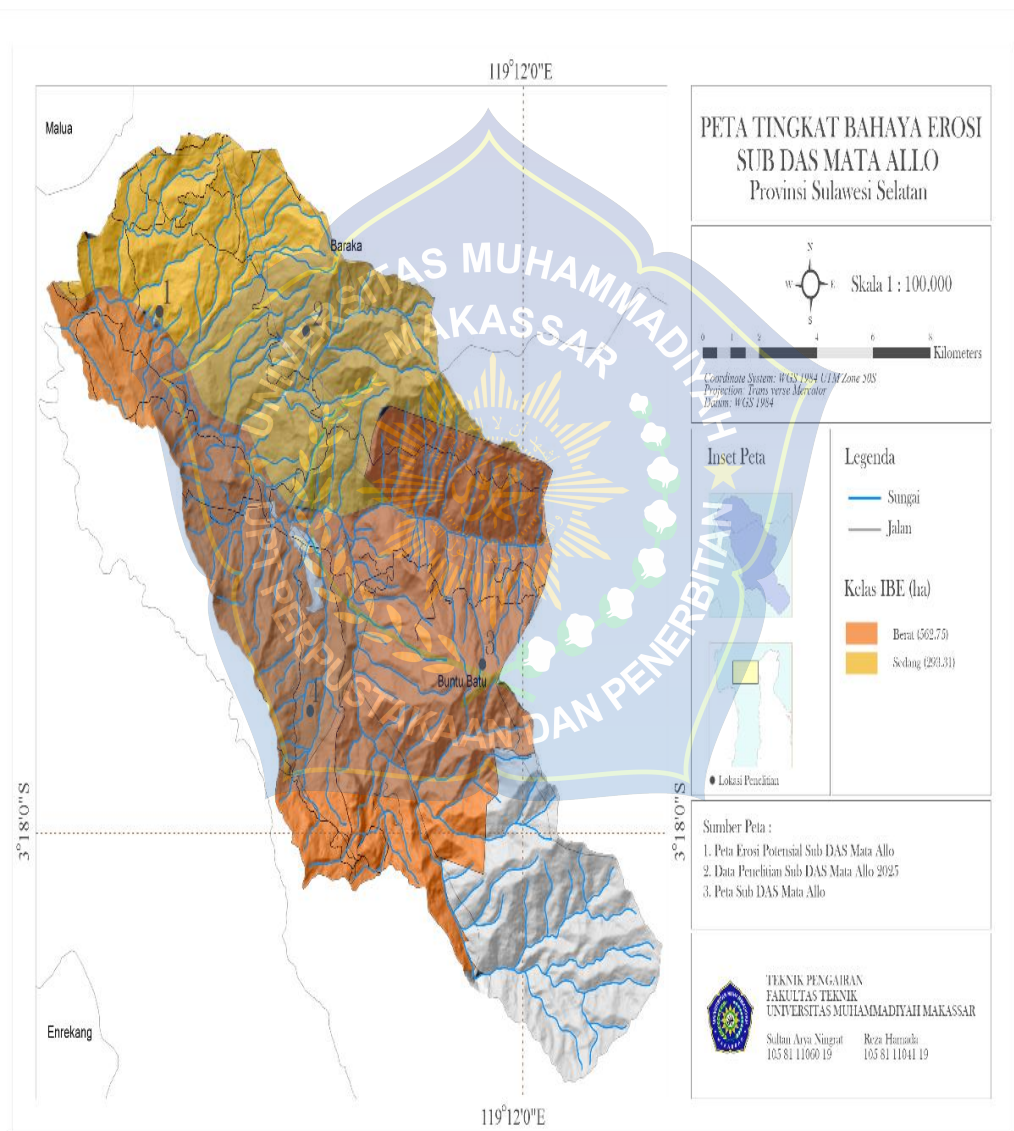
Perhitungan nilai Tolerable Soil Loss (TSL) rata-rata tertimbang dilakukan untuk menentukan batas erosi yang masih dapat ditoleransi pada setiap unit lahan. Nilai TSL menggambarkan jumlah kehilangan tanah maksimum yang masih dapat ditoleransi tanpa menurunkan produktivitas tanah dalam jangka panjang. Metode perhitungan TSL rata-rata tertimbang menggunakan pendekatan luas unit lahan sebagai bobot, sehingga hasil yang diperoleh lebih representatif terhadap kondisi keseluruhan wilayah kajian.

Table 30 Nilai TSL rata – rata tertimbang di Sub DAS Mata Allo

Unit lahan	Luas (ha)	Erosi ditoleransi TSL (Hasil) ton/ha/thn	Rata – rata tertimbang (hasil) ton/ha/thn
1	74,76	1,02	9104,5
2	218,55	1,98	20039,3
3	96,32	1,74	26988
4	466,43	1,62	146076
Jumlah	856,06		236,208

Berdasarkan hasil pada Tabel 30, nilai TSL rata-rata tertimbang di wilayah penelitian adalah 2,362 ton/ha/tahun. Unit lahan dengan nilai TSL tertinggi adalah Unit 3 (1,74 ton/ha/tahun) dan terendah pada Unit 1 (1,02 ton/ha/tahun). Perbedaan nilai TSL ini disebabkan oleh variasi kedalaman

efektif tanah dan sifat fisik lapisan bawah tanah (substratum) pada masing-masing unit lahan. Sebagai contoh, Unit 1 dengan TSL 1,02 ton/ha/tahun termasuk kategori tanah dangkal dengan sifat substratum berada di antara kedap air dan permeabel mendekati kedap air tetapi dengan permeabilitas sedikit lebih tinggi dari rata-rata kategori tersebut.



Gambar 8 Peta tingkat bahaya erosi di Sub DAS Mata Allo

Peta ini menunjukkan tingkat bahaya erosi di Sub DAS Mata Allo, Provinsi Sulawesi Selatan, dengan skala 1:100.000. Peta disusun berdasarkan data erosi aktual Sub DAS Mata Allo, hasil penelitian lapangan, serta peta batas wilayah Sub DAS. Sistem koordinat yang digunakan adalah WGS 1984 UTM Zone 50S.

Wilayah Sub DAS Mata Allo dalam peta terbagi menjadi dua kelas tingkat bahaya erosi (TBE), yaitu:

Kelas Berat (ditunjukkan dengan warna coklat kemerahan) dengan luas  $\pm 562,75$  ha.

Kelas Sedang (ditunjukkan dengan warna kuning) dengan luas  $\pm 293,31$  ha.



## **BAB V PENUTUP**

### **A. Kesimpulan**

1. Hasil analisis distribusi spasial erosi di Sub DAS Mata Allo menggunakan metode MUSLE menunjukkan bahwa nilai erosi potensial rata-rata tertimbang mencapai 388,486 ton/ha/tahun, dengan tingkat bahaya erosi rata-rata tertimbang sebesar 236,208 ton/ha/tahun, yang tergolong dalam kelas bahaya erosi berat.
2. Hasil pemetaan berbasis GIS menunjukkan bahwa distribusi spasial laju erosi di Sub DAS Mata Allo ada dua kelas yaitu pada penggunaan lahan pertanian lahan kering di lereng curam hingga sangat curam, yang memiliki tutupan vegetasi sedang dan tanpa praktik konservasi, memiliki nilai erosi berkisar mulai dari 180 hingga >480 ton/ha/tahun. lalu pada penggunaan lahan pertanian lahan kering campuran di lereng curam hingga sangat curam memiliki nilai erosi >480 ton/ha/tahun.

### **B. Saran**

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan data curah hujan resolusi tinggi, melakukan validasi lapangan terhadap hasil pemodelan GIS, serta mengkaji dampak erosi terhadap produktivitas lahan dan kualitas air guna memperkuat rekomendasi konservasi lahan secara terukur dan aplikatif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andawayanti, U., & Suhartanto, E. (2016). Analisis tingkat bahaya erosi dan arahan konservasi lahan dengan aplikasi GIS di DAS Manikin. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 7(2), 216-224.
- Andriani, Supriadi & Purba, M. 2014. Pengaruh Ketinggian Tempat dan Kemiringan Lereng Terhadap Produksi Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) di Kebun Hapesong PTPN III Tapanuli Selatan. Medan. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2 (3), 981– 989.
- Arsyad, S. (1989). Pengawetan tanah dan air. *Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian IPB. Bogor*.
- Arsyad, S. (2010). Konservasi tanah dan air Edisi kedua. *Institute Pertanian Bogor, Bogor*.
- Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press, Bogor.
- Arsyad, U. 2010. *Analisis Erosi pada berbagai Tipe Penggunaan Lahan dan Kemiringan Lereng di DAS Jeneberang hulu*. Disertasi Doktor. Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Asdak, C. (2014). Kajian lingkungan hidup strategis: jalan menuju pembangunan berkelanjutan.
- Ashari, D. A. (2012). Prediksi Erosi Dan Tingkat Bahaya Erosi Di Lahan Tanaman Wortel (*Daucus Carota* L), Pinus Merkusii J), Dan Hutan Desa Gondosuli Dan Desa Blumbang Kecamatan Tawangmangu.
- Azizah, B., Aisah, E., & Ardiansyah, D. (2024). Analisa spasial sebaran erosi di DAS betung dengan metode USLE menggunakan GIS (Geografis Information System). *JITEK (Jurnal Ilmiah Teknosains)*, 10(1/Mei), 57-65.
- Belasri, A., & Lakhouili, A. 2016. Estimation of Soil Erosion Risk Using the Universal Soil Loss Equation (USLE) and Geo-Information Technology in Oued El. *Journal of Geographic Information System*, 8(1), 98-107.
- Blanco, H., & Lal, R. 2008. *Principles of soil conservation and management*. Springer. USA.
- Budiyanto, G. 2014. Pengelolaan Lahan Kering, Sebuah Model Pertanian Konservasi Di
- Borrelli, P., Robinson, D. A., Panagos, P., Lugato, E., Montanarella, L., & Ballabio, C. (2018). Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(36), 9572–9577.

- Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press.
- Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). *Principles of geographical information systems*. Oxford University Press.
- Chang, K. (2015). *Introduction to geographic information systems*. McGraw-Hill Education.
- Dewi, I. G., Trigunasih, N. M., & Tatiek, K 2012. Prediksi Erosi dan Perencanaan Konservasi Tanah dan Air pada Daerah Aliran Sungai Saba. *E-jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 1(1), 12-23.
- Dingman, S. L. (2015). *Physical hydrology*. Waveland Press.
- Eastman, J. R. (1999). *Multi-criteria decision analysis in GIS*. GeoInformation International.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI). (2021). *ArcGIS Pro: Analysis and Geoprocessing*.
- ESRI. (2020). *ArcGIS pro documentation*. Environmental Systems Research Institute.
- Giyanti, Riduan dan Apriliantar. 2014. Identifikasi Tingkat Bahaya Erosi Berbasis Sistem Informasi Geografis (Sig) Pada Sub Daerah Aliran Sungai (Das) Riam Kanan. *Jurnal Purifikasi*, 14(1), 1-10.
- Gumiere, S. J., Le Bissonnais, Y., & Detcheverry, S. (2014). Soil resistance to erosion: Analysis of available models. *Catena*, 118, 85–94.
- Husnah, A. 2015. *Prediksi Erosi di Sub Daerah Aliran Sungai Krueng Sawang Kabupaten Aceh Utara*. [Skripsi]. Fakultas Pertanian Universitas Malikussaleh, Aceh Utara.
- Inoved. (2023). *Erosi Tanah dan Strategi Konservasi Tanah*
- Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan. (2024). *Analisis Erosi dan Sedimentasi di Sub DAS Alo-Pohu Kesatuan Pengelolaan Hutan Limboto*
- Karyati & Sarminah, S. 2018. *Teknologi Konservasi Tanah dan Air*. Universitas Mulawarman press, Samarinda.
- Kawasan Hulu DAS Jratunseluna Jawa Tengah. Yogyakarta.
- Kouli, M., Soupios, P., & Vallianatos, F. (2009). Soil erosion prediction using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS framework,



- Chania, Northwestern Crete, Greece. *Environmental Geology*, 57(3), 483–497.
- Lal, R. (1990). *Soil erosion in the tropics: Principles and management*. New York: McGraw-Hill.
- Lal, R. (2014). *Soil erosion research methods*. CRC Press.
- Lamato, Y., Nurmi, N., & Azis, M. A. (2023). Prediksi Erosi dan Penetapan Nilai Erosi yang Dapat Ditoleransi pada Pertanaman Jagung di Desa Huluduatomo Kecamatan Suwawa Kabupaten Bone Bolango. *Jurnal Agroteknotropika*, 12(2), 99-107.
- Lesmana, D. M. M., Cahyadi, T. A., Bargawa, W. S., Nursanto, E., & Winarno, E. (2021). Analisis Laju Erosi Menggunakan Metode USLE Pada Studi Kasus Penambangan Sirtu, Selo, Boyolali, Jawa Tengah. *Jurnal Sosial Teknologi*, 1(3), 200-214.
- Lesmana, D. M., Tedy, A.C., Waterman, S. B., Edy, N., & Eddy, W. 2020. Perbandingan Hasil Prediksi Laju Erosi Dengan Metode USLE, MUSLE, RUSLE Berdasar Literature Review. *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMITAN)*, 2(1), 307-312.
- Matheus, R. (2009). Rancang Bangun Model Usahatani Konservasi Sebagai Upaya Peningkatan Produktivitas Lahan Kering. *Partner*, 16(1), 38-44.
- Morgan, R. P. C. (2005). *Soil erosion and conservation* (3rd ed.). Oxford: Blackwell Publishing.
- Morgan, R. P. C. (2005). *Soil Erosion and Conservation*. Blackwell Publishing.
- Murai, S. (1999). *Sistem Informasi Geografis*. Jakarta: PT. Tarsito.
- Nearing, M. A., Foster, G. R., Lane
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Alewell, C., Lugato, E., & Montanarella, L. (2015). Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale. *Land Use Policy*, 48, 38–50.
- Pandey, A., Chowdary, V. M., & Mal, B. C. (2007). Identification of critical erosion-prone areas in the small agricultural watershed using USLE, GIS, and remote sensing. *Water Resources Management*, 21(4), 729–746.
- Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia No. P.60/MENHUT-II/2014. (2014). *Pedoman teknis inventarisasi dan identifikasi potensi sumber daya hutan*. Jakarta: Kementerian Kehutanan RI.

- PERMENHUT. 2009. Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P. 32/MENHUT-II/2009. *Tentang Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (Rtkrhl-DAS): Menteri Kehutanan Republik Indonesia.*
- PERMENHUT. 2014. Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P. 60/MENHUT-II/2014. *Tentang Kriteria Penetapan Klasifikasi Daerah Aliran Sungai: Menteri Kehutanan Republik Indonesia.*
- Pimentel, D., et al. (1995). Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, 267(5201), 1117-1123.
- Prasannakumar, V., Shiny, R., Geetha, N., & Vijith, H. (2011). Spatial prediction of soil erosion risk by remote sensing, GIS and RUSLE approach: A case study of Siruvani river watershed in Attapady valley, Kerala, India. *Environmental Earth Sciences*, 64(4), 965–972.
- Pusat Krisis Kementerian Kesehatan RI. (2017). *Langkah Mencegah Terjadinya Erosi Tanah*
- Qurratul, A. (2008). Prediksi Tingkat Bahaya Erosi Dengan Metode USLE di Lereng Timur Gunung Sindoro. *Skripsi. Universitas Sebelas Maret Surakarta.*
- Rabbani, A. M. (2010). *Analisis Tingkat Bahaya Erosi (TBE) pada DAS Riding Kabupaten Bangka Barat* (Doctoral dissertation, Universitas Bangka Belitung).
- Razak, B. D. (2020). *Prediksi sedimen pada daerah aliran sungai bila berdasarkan penggunaan lahan.* Universitas Hasanuddin.
- Renard, K. G., et al. (1997). *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. USDA.
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K., & Yoder, D. C. (1997). *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture.
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K., & Yoder, D. C. (1997). *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. USDA Agricultural Handbook.
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K., & Yoder, D. C. (1997). *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning*

*with the revised universal soil loss equation (RUSLE)*. Washington, DC: United States Department of Agriculture (USDA) Handbook No. 703.

Rossiter, D. G. 1999. *Soil Geographic Databases*. International Institute for Aerospace Survey & Earth Sciences.

Saputro, G. E., & Sastranegara, M. H. (2014). Kajian tingkat bahaya erosi dan indeks nilai penting di hutan rakyat di Desa Candiwulan Kecamatan Kutasari Kabupaten Purbalingga. *Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA: A Scientific Journal*, 31(3), 108-123.

Sideng, U., Lamada, M. S., Mandra, M. A. S., & Jassin, A. M. I. Z. (2022). Morfometri, Perubahan Lahan, Zonasi & Pemodelan Banjir; Daerah Aliran Sungai (DAS) Saddang & Matta Allo Kabupaten Enrekang, Sulawesi Selatan.

Stanchi, S., Falsone, G., & Eleonora, B. 2015. Soil aggregation, erodibility, and erosion rates in mountain soils (NW Alps, Italy). *Solid Earth*, 6(2), 403–414. Doi:105194/se-6-403- 2015.

Suprayogo, D., Hairiah, K., & Nita, I. (2017). *Manajemen Daerah Aliran Sungai (DAS): tinjauan hidrologi akibat perubahan tutupan lahan dalam pembangunan*. Universitas Brawijaya Press.

Surat Keputusan Bersama Menteri Pekerjaan Umum, Menteri Kehutanan dan Menteri Dalam Negeri. Nomor 19/1984, KH.059/KPTS-II/1984 dan PU.124/KPTS/1984 Tahun 1984. *Tentang Penanganan Konservasi Tanah Dalam Rangka Pengamanan Daerah Aliran Sungai Prioritas*.

Sutapa, I. W. (2010). Analisis potensi erosi pada daerah aliran sungai (DAS) di Sulawesi Tengah. *SMARTek*, 8(3).

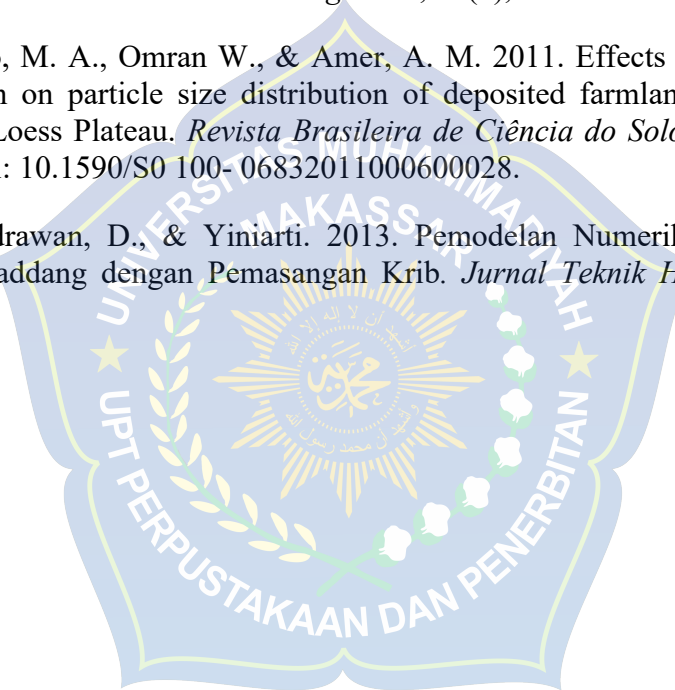
Uca, M. S. L., Mandra, M. A. S., & Jassin, A. M. I. Z. (2022). *Morfometri, Perubahan Penggunaan Lahan, Zonasi & Pemodelan Banjir*. Media Nusa Creative (MNC Publishing).

Verstraeten, G., & Poesen, J. (2001). Factors controlling sediment yield from small intensively cultivated catchments in a temperate humid climate. *Geomorphology*, 40(1-2), 123–144.

Wahid, A. 2013. Model Perkembangan Laju Sedimentasi di Waduk Bakaru Akibat Erosi yang Terjadi di Hulu Sub Das Mamasa Propinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal SMARTek*, 7(1), 1-12.

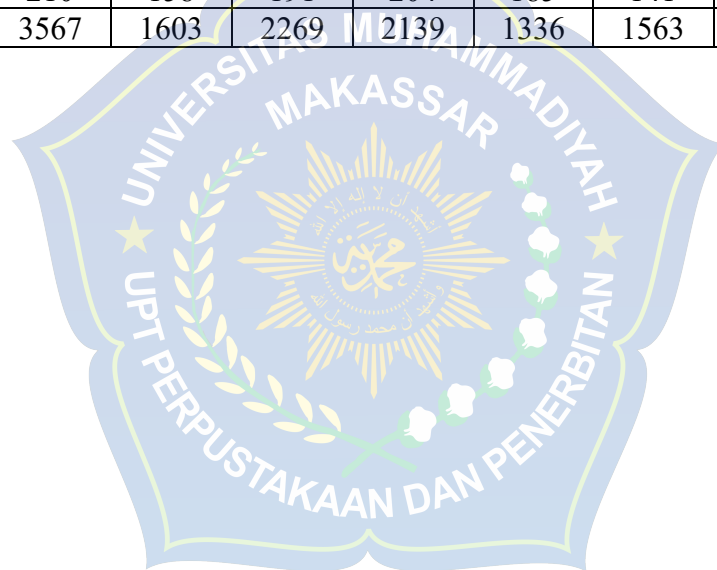
Walling, D. E. (2006). Human impact on land-ocean sediment transfer by the world's rivers. *Geomorphology*, 79(3-4), 192–216.

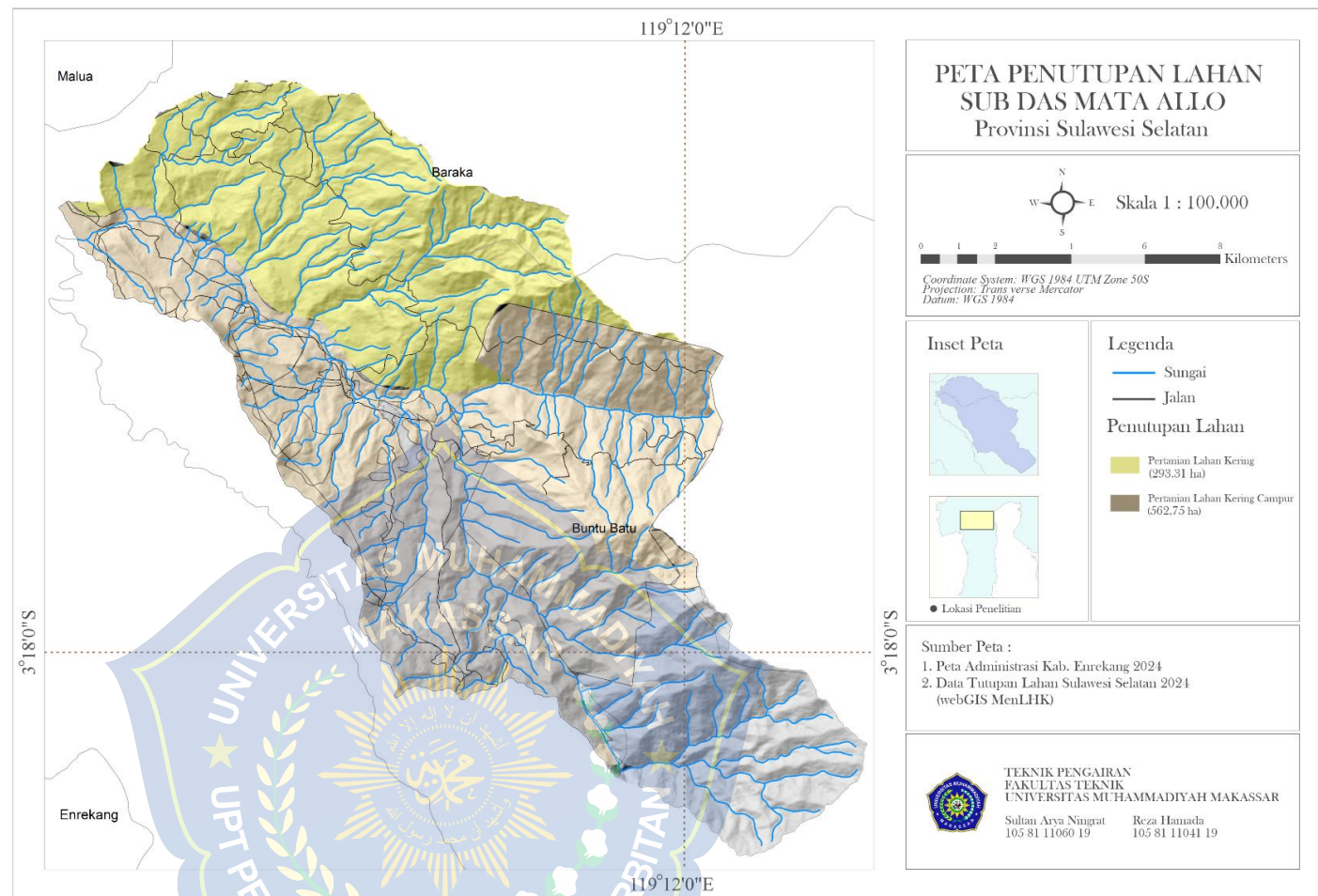
- Ward, J. V., Tockner, K., Uehlinger, U., & Malard, F. (2015). *Riverine landscape diversity*. *Freshwater Biology*, 50(4), 517–539.
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture.
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning*. Washington, DC: United States Department of Agriculture (USDA) Handbook No. 537.
- Xie, Y., Shao, J., & Song, Y. (2018). GIS-based soil erosion modeling and management. *Environmental Management*, 61(4), 607–619.
- Zhao, P., Shao, M. A., Omran W., & Amer, A. M. 2011. Effects of erosion and deposition on particle size distribution of deposited farmland soils on the Chinese Loess Plateau. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35(6), 2135-2144. Doi: 10.1590/S0 100- 06832011000600028.
- Zulfan, J., Indrawan, D., & Yiniarti. 2013. Pemodelan Numerik Pengamanan Sungai Saddang dengan Pemasangan Krib. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 4(1), 51-62.



Tabel Lampiran 1 Pengelolaan Data Curah Hujan Bulanan Tahun 2013 – 2023 Stasiun Baraka

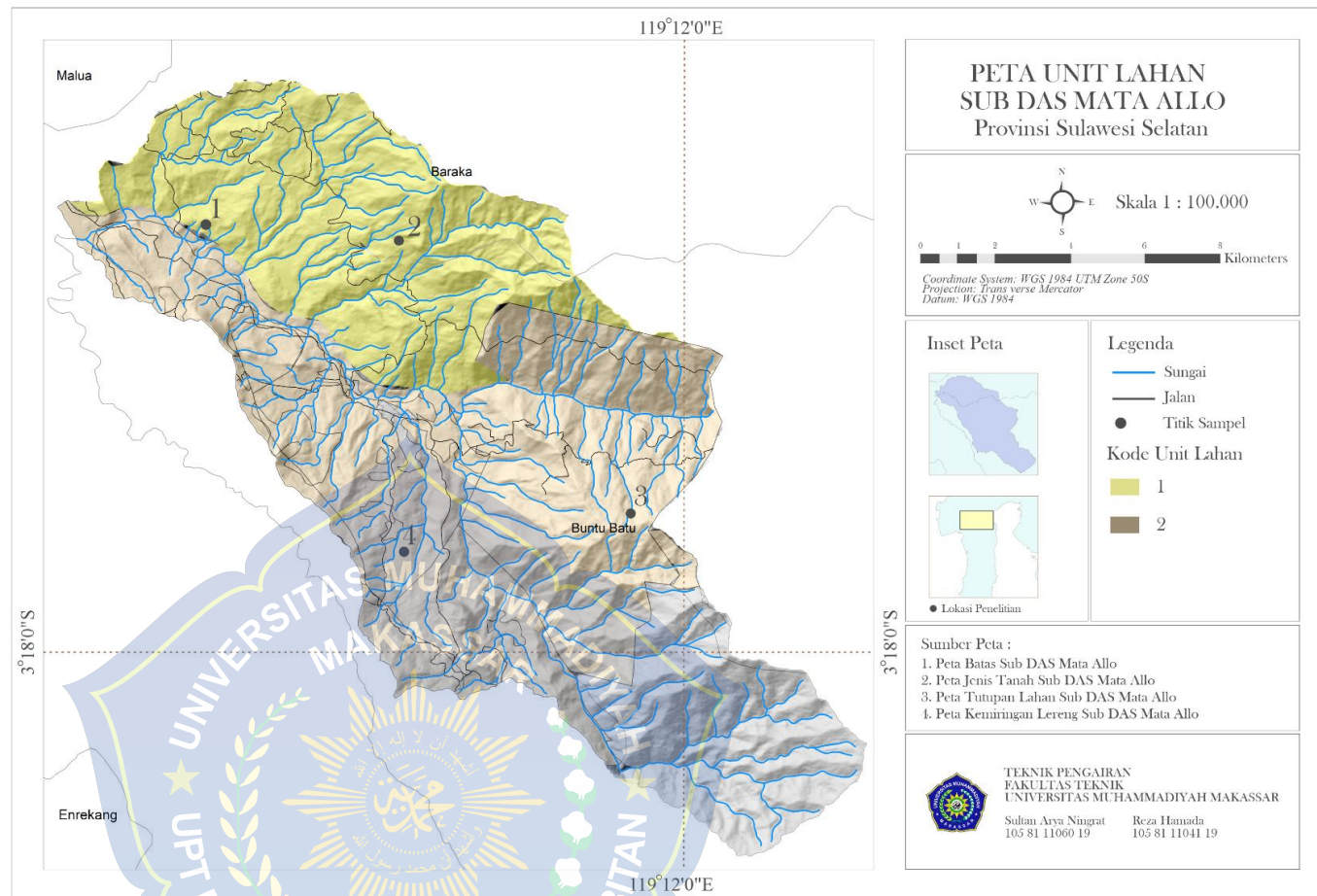
Bulan	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Jumlah	Rata-rata
Jan	189	171	193	218	169	169	219	197	162	190	162	2039	185,364
Feb	151	192	137	142	142	210	210	179	163	172	192	1890	171,818
Mar	185	246	176	194	238	171	208	187	205	132	161	2103	191,182
Apr	284	359	308	317	348	276	329	279	237	298	343	3378	307,091
Mei	273	353	490	377	409	481	280	295	453	308	355	4174	379,455
Jun	346	337	380	367	346	256	333	309	229	363	333	3599	327,182
Jul	190	182	156	194	201	166	220	159	131	217	178	1994	181,273
Agu	97	87	76	116	89	122	110	94	83	88	81	1043	94,818
Sep	179	139	160	109	139	160	129	157	113	107	144	1536	139,636
Oct	92	102	111	124	96	112	107	107	91	85	83	1110	100,909
Nov	158	183	119	185	231	167	168	172	121	178	128	1810	164,545
Des	166	210	158	191	204	185	141	169	230	124	170	1948	177,091
Jumlah	1677	3567	1603	2269	2139	1336	1563	2716	2468	2572	1741,5		





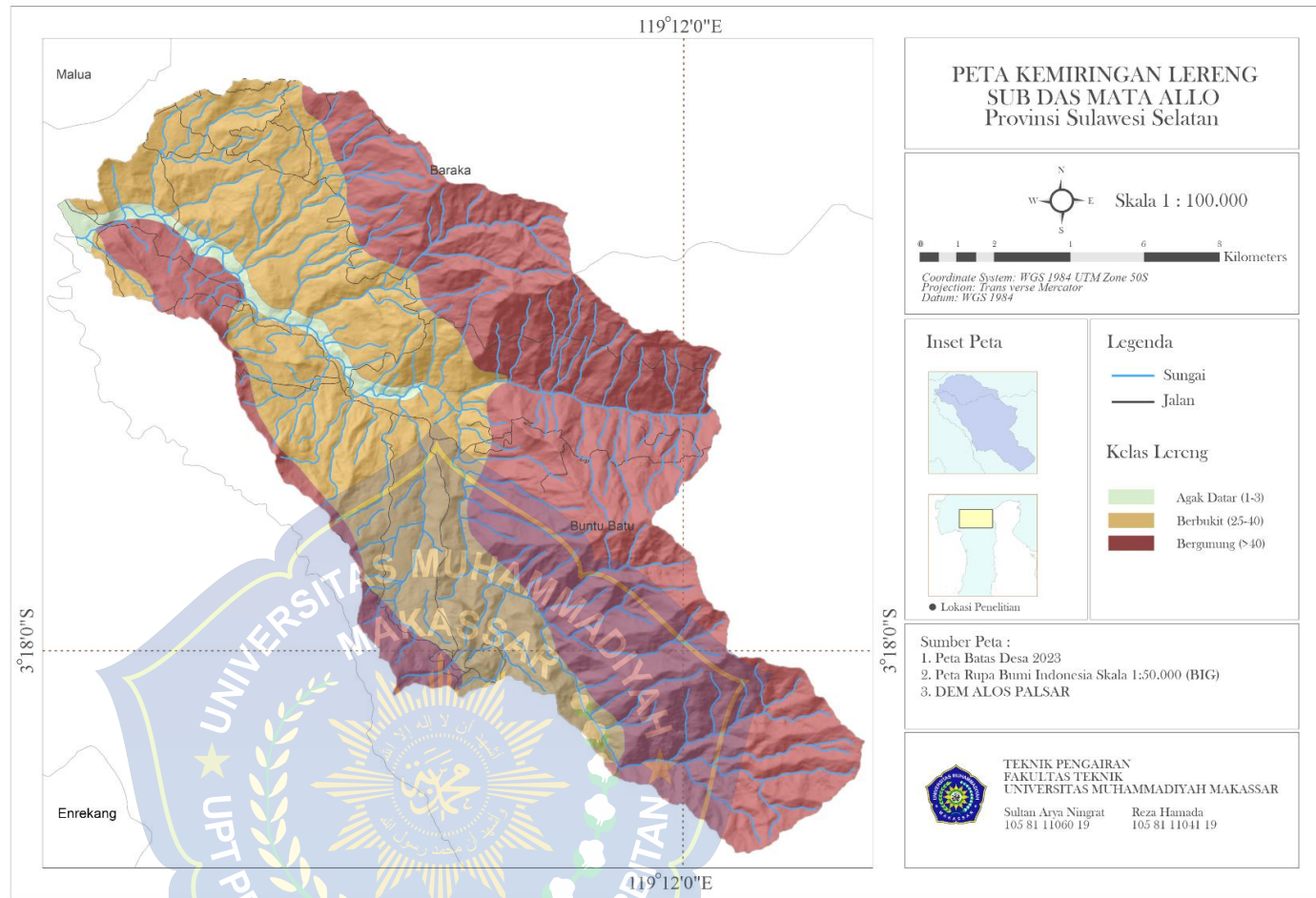
Gambar Lampiran 1 Peta Penutupan Lahan





Gambar Lampiran 2 Peta Unit lahan





Gambar Lampiran 3 Peta Kemiringan Lereng



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR  
UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN**

Alamat kantor: Jl.Sultan Alauddin NO.259 Makassar 90221 Tlp.(0411) 866972,881593, Fax.(0411) 865588

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT**

**UPT Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar,  
Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut namanya di bawah ini:**

Nama : Sultan Arya Ningrat / Reza Hamada

Nim : 105811106019 / 105811104119

Program Studi : Teknik Sipil Pengairan

Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	10%	10 %
2	Bab 2	18%	25 %
3	Bab 3	8%	10 %
4	Bab 4	8%	10 %
5	Bab 5	4%	5 %

Dinyatakan telah lulus cek plagiat yang diadakan oleh UPT- Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar Menggunakan Aplikasi Turnitin.

Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 22 Juli 2025

Mengetahui,

Kepala UPT- Perpustakaan dan Penerbitan,

  
Nursinah, S.Hum., M.I.P.  
NBM. 964 591

# Bab I SULTAN ARYA NINGRAT / REZA HAMADA 105811106019 / 105811104119

by Tahap Tutup



---

**Submission date:** 21-Jul-2025 10:49AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2718228048

**File name:** BAB\_I\_PENDAHULUAN\_36.docx (19.64K)

**Word count:** 648

**Character count:** 4449

ORIGINALITY REPORT

**10**%  
SIMILARITY INDEX



**9**%  
INTERNET SOURCES

**2**%  
PUBLICATIONS

**4**%  
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

- |          |  |            |
|----------|--|------------|
| <b>1</b> | <b>adoc.pub</b><br>Internet Source   | <b>3</b> % |
| <hr/>    |  |            |
| <b>2</b> | Ya'Muhammad Erdi Pratama, S B<br>Soeryamassoeka, Nurhayati Nurhayati.<br>"Analisis Erosi Sub Das Serimbu Dengan<br>Metode USLE (Universal Soil Loss Equation)",<br>Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah,<br>2024<br>Publication | <b>2</b> % |
| <hr/>    |  |            |
| <b>3</b> | Submitted to Universitas Diponegoro<br>Student Paper   | <b>2</b> % |
| <hr/>    |  |            |
| <b>4</b> | <b>ojs.uho.ac.id</b><br>Internet Source  | <b>2</b> % |
| <hr/>    |  |            |
| <b>5</b> | <b>www.met.gov.my</b><br>Internet Source   | <b>2</b> % |

Exclude quotes

Off

Exclude matches

Off



# Bab II SULTAN ARYA NINGRAT / REZA HAMADA 105811106019 / 105811104119

by Tahap Hasil



---

**Submission date:** 21-Jul-2025 10:50AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2718229365

**File name:** BAB\_II\_TINJAUAN\_PUSTAKAA\_1.docx (2.95M)

**Word count:** 4030

**Character count:** 24325

Bab II SULTAN ARYA NINGRAT / REZA HAMADA 105811106019  
/ 105811104119

ORIGINALITY REPORT

18%

SIMILARITY INDEX

18%

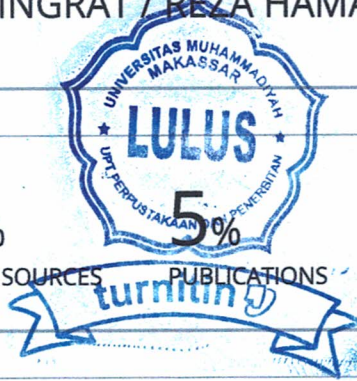
INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

4%

STUDENT PAPERS



PRIMARY SOURCES

1

text-id.123dok.com

Internet Source

9%

2

repository.ub.ac.id

Internet Source

4%

3

repository.ubb.ac.id

Internet Source

4%

4

repository.umi.ac.id

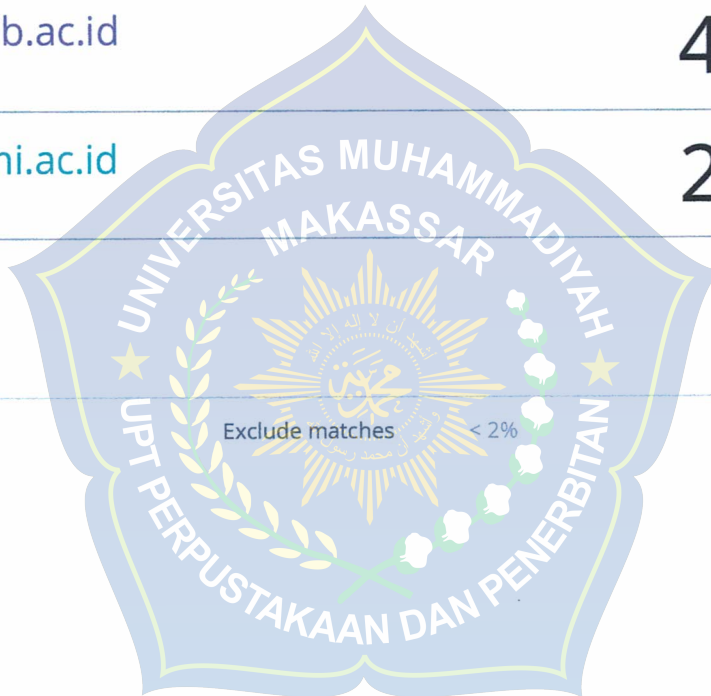
Internet Source

2%

Exclude quotes Off

Exclude bibliography Off

Exclude matches < 2%



# Bab III SULTAN ARYA NINGRAT / REZA HAMADA 105811106019 / 105811104119

by Tahap Tutup



---

**Submission date:** 21-Jul-2025 10:59AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2718242274

**File name:** BAB\_III\_METODE\_PENELITIAN\_28.docx (393.86K)

**Word count:** 569

**Character count:** 3453

# Bab III SULTAN ARYA NINGRAT / REZA HAMADA

105811106019 / 105811104119

## ORIGINALITY REPORT

8%

SIMILARITY INDEX

8%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

4%

STUDENT PAPERS



## PRIMARY SOURCES

1

[docplayer.info](https://docplayer.info)

Internet Source

2%

2

Submitted to Unika Soegijapranata

Student Paper

2%

3

[www.neliti.com](http://www.neliti.com)

Internet Source

2%

4

[pt.scribd.com](https://pt.scribd.com)

Internet Source

2%

Exclude quotes Off

Exclude bibliography Off

Exclude matches < 2%





# Bab IV SULTAN ARYA NINGRAT / REZA HAMADA 105811106019 / 105811104119

by Tahap Tutup



---

**Submission date:** 21-Jul-2025 11:04AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2718248068

**File name:** BAB\_IV\_HASIL\_DAN\_PEMBAHASAN\_10.docx (10.63M)

**Word count:** 4872

**Character count:** 31993

# Bab IV SULTAN ARYA NINGRAT / REZA HAMADA

105811106019 / 105811104119

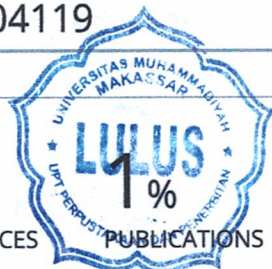
## ORIGINALITY REPORT

8%

SIMILARITY INDEX

8%

INTERNET SOURCES



1%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES



1

[repository.umi.ac.id](http://repository.umi.ac.id)

Internet Source

5%

2

[repository.ubb.ac.id](http://repository.ubb.ac.id)

Internet Source

1%

3

[repository.uinjambi.ac.id](http://repository.uinjambi.ac.id)

Internet Source

1%

4

[123dok.com](http://123dok.com)

Internet Source

<1%

5

[www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)

Internet Source

<1%

6

Submitted to Universitas Diponegoro

Student Paper

<1%

7

Submitted to UIN Sultan Syarif Kasim Riau

Student Paper

<1%

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

# Bab V SULTAN ARYA NINGRAT / REZA HAMADA 105811106019 / 105811104119

by Tahap Tutup



---

**Submission date:** 21-Jul-2025 11:05AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2718248654

**File name:** BAB\_V\_PENUTUP\_32.docx (17.61K)

**Word count:** 363

**Character count:** 2770

Bab V SULTAN ARYA NINGRAT / REZA HAMADA 105811106019 / 105811104119

ORIGINALITY REPORT

4%

SIMILARITY INDEX

0%

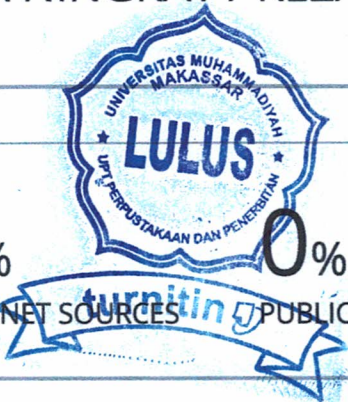
INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

4%

STUDENT PAPERS



PRIMARY SOURCES

1

Submitted to Universitas Hang Tuah Surabaya

Student Paper

4%

Exclude quotes

Off

Exclude bibliography

Off

Exclude matches

Off

