

**EVALUASI HUBUNGAN SPASIAL TEMPORAL ANTARA PERUBAHAN
TUTUPAN LAHAN DAN AKUMULASI SEDIMEN DI DAS WAY
KURIPAN MENGGUNAKAN PEMODELAN QSWAT+**

(Tesis)

Oleh

**LUQEETO LAZUARDI NUR
NPM 2220011007**



**PROGRAM STRATA 2
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

EVALUASI HUBUNGAN SPASIAL-TEMPORAL ANTARA PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DAN AKUMULASI SEDIMEN DI DAS WAY KURIPAN MENGGUNAKAN PEMODELAN QSWAT+

Oleh

LUQEETO LAZUARDI NUR

Perubahan tutupan lahan di DAS Way Kuripan dapat meningkatkan limpasan permukaan, erosi, dan akumulasi sedimen pada saluran sungai. Kondisi ini dapat mengganggu fungsi hidrologi DAS dan menyebabkan pendangkalan sungai, terutama di wilayah hilir. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik biofisik DAS Way Kuripan, memodelkan erosi menggunakan QSWAT+, menganalisis hubungan antara sedimentasi, debit sungai, dan perubahan tutupan lahan, serta menentukan arahan prioritas pengelolaan sedimentasi. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan spasial-temporal. Estimasi erosi dan hasil sedimen dilakukan menggunakan metode Modified Universal Soil Loss Equation yang terintegrasi dalam Soil and Water Assessment Tool Plus. Data yang digunakan meliputi DEM, jenis tanah, kelerengan, tutupan lahan tahun 2018, 2020, 2022, dan 2024, curah hujan, serta data iklim. Hasil penelitian menunjukkan bahwa DAS Way Kuripan didominasi oleh tanah Kambisol Eutrik sebesar 41,66% dan Andosol Distrik sebesar 18,49%. Tingkat erosi didominasi oleh kelas sangat ringan, yaitu kurang dari 15 ton/ha/tahun, tetapi kelas erosi ringan dan sedang meningkat pada beberapa tahun pengamatan. Hubungan antara debit sungai dan sedimentasi tergolong lemah dan tidak linier, dengan nilai R^2 sebesar 0,4094 dan model hubungan $Q_s = 0,00207 Q_w^{0,633}$. Perubahan tutupan lahan menunjukkan penurunan Hutan Rimba sebesar 5,08%, dari 14,20% pada 2018 menjadi 9,12% pada 2024. Sebaliknya, Perkebunan meningkat sebesar 22,39%, dari 35,30% menjadi 57,69%. Distribusi sedimen pada 37 saluran sungai tidak merata antar tahun. Tahun 2020 memiliki sedimen tertinggi sebesar 256.250 ton, diikuti tahun 2022 sebesar 199.010 ton, tahun 2024 sebesar 172.929 ton, dan tahun 2018 sebesar 57.725 ton. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengelolaan sedimentasi perlu diprioritaskan pada saluran dengan akumulasi sedimen tinggi, disertai konservasi tanah dan air, rehabilitasi vegetasi, serta perlindungan sempadan sungai.

Kata Kunci: Akumulasi Sedimen, Tutupan lahan, Debit sungai, Erosi

ABSTRACT

Evaluation of the Spatio-Temporal Relationship Between Land Cover Change and Sediment Accumulation in the Way Kuripan Watershed Using QSWAT+ Modeling

By

LUQEETO LAZUARDI NUR

Land cover change in the Way Kuripan Watershed can increase surface runoff, erosion, and sediment accumulation in river channels. This condition may disrupt watershed hydrological functions and cause river shallowing, especially in downstream areas. This study aimed to evaluate the biophysical characteristics of the Way Kuripan Watershed, model erosion using QSWAT+, analyze the relationship between sedimentation, river discharge, and land cover change, and determine priority directions for sediment management. This research used a quantitative descriptive method with a spatio-temporal approach. Erosion and sediment yield were estimated using the Modified Universal Soil Loss Equation integrated into the Soil and Water Assessment Tool Plus. The data used in this study included DEM, soil type, slope, land cover maps for 2018, 2020, 2022, and 2024, rainfall, and climate data. The results showed that the Way Kuripan Watershed was dominated by Eutric Cambisol soils at 41.66% and Dystric Andosol soils at 18.49%. The erosion level was dominated by the very slight class, which was less than 15 tons/ha/year. However, slight and moderate erosion classes increased in several observation years. The relationship between river discharge and sedimentation was weak and non-linear, with an R^2 value of 0.4094 and a relationship model of $Q_s = 0.00207 Q_w^{0.633}$. Land cover change showed a decrease in forest area by 5.08%, from 14.20% in 2018 to 9.12% in 2024. In contrast, plantation area increased by 22.39%, from 35.30% to 57.69%. Sediment distribution across 37 river channels was uneven between observation years. The highest sediment distribution occurred in 2020 at 256,250 tons, followed by 2022 at 199,010 tons, 2024 at 172,929 tons, and 2018 at 57,725 tons. These findings indicate that sediment management should focus on channels with high sediment accumulation, supported by soil and water conservation, vegetation rehabilitation, and riparian buffer protection.

Keywords: *Sediment Accumulation, Land cover, River discharge, Erosion*

**EVALUASI HUBUNGAN SPASIAL TEMPORAL ANTARA PERUBAHAN
TUTUPAN LAHAN DAN AKUMULASI SEDIMEN DI DAS WAY
KURIPAN MENGGUNAKAN PEMODELAN QSWAT+**

**Oleh
LUQEETO LAZUARDI NUR**

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
MAGISTER LINGKUNGAN**

**Pada
Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
Program Pascasarjana Universitas Lampung**



**PROGRAM PENDIDIKAN STRATA 2
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

Judul Tesis : Evaluasi Hubungan Spasial Temporal Antara Perubahan Tutupan Lahan dan Akumulasi Sedimen di DAS Way Kuripan Menggunakan Pemodelan QSWAT+

Nama Mahasiswa : Luqeeto Lazuardi Nur

Nomor Pokok Mahasiswa : 2220011007

Program Studi : Magister Ilmu Lingkungan

Fakultas : Program Pascasarjana Multidisiplin



1. Komisi Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S.
NIP 196412231994031003

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Sly', written over a horizontal line.

Dr. Endro Prasetyo Wahono, S.T., M.Sc.
NIP 197001291995121001

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Endro', written over a horizontal line.

Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si.
NIP 197705032002122002

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Melya', written over a horizontal line.

2. Koordinator Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
Universitas Lampung

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'H. Kaskoyo', written over a horizontal line.

Hari Kaskoyo, S.Hut., M.P., Ph.D.
NIP. 196906011998021002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S.

Sekretaris : Dr. Endro Prasetyo Wahono, S.T., M.Sc.

Anggota : Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si.

Penguji
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Dyah Indriana Kusumastuti, S.T., M.Sc.

Anggota : Prof. Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si.



2. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung

Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP.196403261989021001

Tanggal Lulus Ujian Tesis : 13 Mei 2026

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul **“EVALUASI HUBUNGAN SPASIAL TEMPORAL ANTARA PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DAN AKUMULASI SEDIMEN DI DAS WAY KURIPAN MENGGUNAKAN PEMODELAN QSWAT+”** adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya. Saya bersedia dan sanggup dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 13 Juni 2026
Penulis,



Luqeto Lazuardi Nur
NPM 2220011007

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bororejo, Kecamatan Ponggok, Kabupaten Blitar pada tanggal 28 April 1997, sebagai anak pertama dari dua bersaudara yang merupakan anak pasangan Bapak Nurjonain dan Ibu Surti. Penulis menempuh pendidikan di TK Citra Insani tahun 2001, SDS Citra Insani tahun 2003-2019, SMPN 1 Rawajitu Timur tahun 2009-2012, dan SMAN 12 Bandar Lampung tahun 2012-2015. Tahun 2015, penulis melanjutkan pendidikan S1 di Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Institut Teknologi Sumatera melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) dan lulus pada tahun 2021. Pada tahun 2022 penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Lampung melalui jalur reguler Pascasarjana Universitas Lampung.

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Teriring rasa syukur ke khadirat Allah SWT
Ku persembahkan karya kecil ini
sebagai tanda cinta dan kasihku
kepada sepasang jiwa yang tidak pernah lekang oleh waktu
alm. Ayah Nurjonain dan Ibu Surti
dengan penuh kesabaran, tetesan keringat, dan kasih sayangnya
yang selalu mendoakan di setiap langkahku,
mengajariku arti sebuah perjalanan hidup,
dan mengantarkanku ke jenjang pendidikan yang lebih tinggi
Adikku tersayang Thariza Lazuardi Nur
yang selalu memberikan dukungan dan cinta kasihnya
dalam mengiringi langkahku
Almamater tercinta,
Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
Program Pascasarjana
Universitas Lampung

MOTTO

*“Dan bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya.”
(QS. An-Najm 53:39)*

*“Apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu.”
-Umar Bin Khatab-*

“Hidup yang tidak dipertaruhkan tidak akan dimenangkan”

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan

Tesis yang berjudul **“Evaluasi Hubungan Spasial Temporal Antara Perubahan Tutupan Lahan dan Akumulasi Sedimen di DAS Way Kuripan Menggunakan Pemodelan QSWAT+”** sebagai salah satu syarat untuk menempuh gelar Magister Lingkungan. terselesaikannya penulisan tesis ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak, sehingga penulis mengucapkan terimakasih yang tulus kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si. selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung.
2. Bapak Hari Kaskoyo, S.Hut., M.P., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S. selaku dosen pembimbing utama yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran, memberikan arahan, nasihat, perhatian, kritik, saran, dan motivasi.
4. Bapak Dr. Endro Prasetyo Wahono, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan arahan, nasihat, perhatian, kritik, saran, dan motivasi kepada penulis.
5. Ibu Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si. selaku dosen pembimbing ketiga yang telah memberikan arahan, perhatian, nasihat, kritik, saran, dan motivasi kepada penulis.
6. Ibu Prof. Dr. Dyah Indriana Kusumastuti, S.T., M.Sc. selaku dosen pembahas utama yang telah membimbing penulis dengan penuh kasih sayang, memberikan banyak arahan, perhatian, nasihat, dan motivasi kepada penulis.
7. Bapak Prof. Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si selaku dosen pembahas kedua yang telah membimbing penulis dengan penuh kasih sayang, memberikan banyak arahan, perhatian, nasihat, dan motivasi kepada penulis.

8. Bapak Dr. Ing. Zulqadri Ansar, S.T., M.T. selaku dosen panutan yang telah membimbing penulis dengan penuh kasih sayang, memberikan banyak arahan, perhatian, nasihat, dan motivasi kepada penulis.
9. Segenap dosen Program Studi Magister Ilmu Lingkungan yang telah memberikan banyak wawasan dan ilmu pengetahuan selama penulis menuntut ilmu di Universitas Lampung.
10. Mas Heri Susanto, S.H. dan tim administrasi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Lampung yang selalu siap siaga memenuhi berbagai macam keperluan administrasi penulis selama kuliah.
11. Orang tua penulis yaitu alm. Bapak Nurjonain dan Ibu Surti yang selalu memberikan doa, semangat, kasih sayang, dan dukungan moril maupun materil hingga penulis dapat menempuh langkah sejauh ini.
12. Saudara penulis yaitu Thariza Lazuardi Nur, S.T. yang selalu memberikan dukungan, motivasi, dan kasih sayang kepada penulis.
13. Tim sukses penelitian Agafirdus Ervandus, S.Kom., M.Ling. yang telah membantu penulis dalam proses pengambilan data di lapangan.
14. Irena Elfianti Agung, S.T. yang telah memberikan semangat, masukan, motivasi, perhatian, dan kasih sayang kepada penulis.
15. Tim Soon Magister (Budiman Oenyi, Raja Alamsyah, Irfan Tri Musri, Radian Anwar, Adraisna Airansi, dan Cici Doria) yang senantiasa memberikan semangat, motivasi, perhatian kepada penulis.
16. Sahabat penulis BLACK PINK Wido Wibisono *and friends* yang senantiasa memberikan semangat, motivasi, perhatian, dan kasih sayang yang tulus kepada penulis.
17. Teman-teman mahasiswa Magister Ilmu Lingkungan Universitas Lampung Angkatan 2022 yang telah memberikan warna, pengalaman baru, dan menjadi keluarga baru untuk penulis.
18. Seluruh pihak yang terlibat dalam proses penelitian dan penyusunan tesis ini yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kata sempurna, tetapi penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Bandar Lampung, 13 Juni 2026
Penulis,

Luqeto Lazuardi Nur

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRACT	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
LAMPIRAN	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Kerangka Pemikiran	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Perubahan Penggunaan Lahan.....	6
2.2 Curah Hujan Wilayah	7
2.2.1 Rata – rata Aritmatik	8
2.2.2 <i>Poligon Thiessen</i>	8
2.3 Aliran Permukaan.....	9
2.3.1 Intensitas Hujan dan Durasi Hujan.....	10
2.3.2 Distribusi Curah Hujan.....	10
2.3.3 Luas DAS	10
2.3.4 Kemiringan Lereng DAS.....	10
2.3.5 Bentuk DAS.....	10
2.3.6 Kerapatan Daerah Aliran (<i>drainase</i>)	11
2.3.7 Vegetasi dan Cara Bercocok Tanam	11
2.4 Hidrograf Aliran Sungai	11
2.5 Daerah Aliran Sungai	11
2.6 Erosi dan Sedimentasi	13
2.6.1 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Erosi.....	14
2.6.2 Jenis Sedimentasi.....	15
2.7 Pemodelan Erosi.....	16
2.7.1 Metode MUSLE (<i>Modified Universal Soil Loss Equation</i>)	16
2.7.2 Erodibilitas Tanah (K_{USLE})	17

2.7.3	Tutupan Lahan.....	19
2.7.4	Faktor Topografi.....	19
2.7.5	Faktor Pecahan Batuan Kasar.....	20
2.8	<i>Soil and Water Assessment Tool (SWAT)</i>	20
III. METODE PENELITIAN		24
3.1	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	24
3.2	Bahan dan Alat dan Penelitian	26
3.3	Metode.....	26
3.4	Jenis Data.....	26
3.5	Analisis Data	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		31
4.1	Identifikasi Karakteristik Biofisik DAS Way Kuripan.....	31
4.1.1	Deliniasi DAS dari DEM berformat Grid	31
4.1.2	Pengolahan Data Kemiringan Lahan.....	35
4.1.3	Pengolahan Data Tutupan Lahan.....	38
4.1.4	Pengolahan Data Tanah	46
4.1.5	Pengolahan dan Pedefinisian Data Hujan.....	51
4.1.6	Limpasan Aliran Sungai	53
4.2	Pemodelan Erosi Berdasarkan Hydrological Response Unit	57
4.3	Hubungan Spasial Temporal Antara Sedimentasi, Debit Sungai, Dan Perubahan Tutupan Lahan	64
4.3.1	Hubungan antara Fluktuasi Debit dan Sedimentasi terhadap Perubahan Waktu di Wilayah DAS Way Kuripan	64
4.3.2	Hubungan antara Sedimentasi dan debit sungai dengan perubahan Lahan	72
4.4	Distribusi Sedimen Sungai DAS Way Kuripan.....	74
V. KESIMPULAN DAN SARAN		83
5.1	Kesimpulan.....	83
5.2	Saran	85
DAFTAR PUSTAKA		86
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Kerangka pemikiran.	5
Gambar 2 Poligon Thiessen pada sebuah DAS.....	8
Gambar 3 Proses Aliran Sungai.	9
Gambar 4 Klasifikasi Hydrological Soil Group.....	22
Gambar 5 Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) Way Kuripan.....	25
Gambar 6 Peta Kelerengan DAS Way Kuripan.....	32
Gambar 7 Peta Channel DAS Way Kuripan.....	34
Gambar 8 Peta Kelerengan DAS Way Kuripan.....	37
Gambar 9 Peta Tutupan Lahan (<i>land use</i>) 2018 DAS Way Kuripan.....	42
Gambar 10 Peta Tutupan Lahan (<i>land use</i>) 2020 DAS Way Kuripan.....	43
Gambar 11 Peta Tutupan Lahan (<i>land use</i>) 2022 DAS Way Kuripan.....	44
Gambar 12 Peta Tutupan Lahan (<i>land use</i>) 2024 DAS Way Kuripan.....	45
Gambar 13 Peta Klasifikasi Jenis Tanah.....	49
Gambar 14 Grafik Curah hujan tahunan (mm) DAS Way Kuripan.....	53
Gambar 15 <i>Sumber: Hasil Analisis, 2025</i>	56
Gambar 16 Peta hasil Hydrological Response Unit 2018.....	60
Gambar 17 Peta Hydrological Response Unit 2020.....	61
Gambar 18 Peta Hydrological Response Unit 2022.....	62
Gambar 19 Peta Hydrological Response Unit 2024.....	63
Gambar 21 Grafik Hubungan sedimentasi dan debit sungai terhadap waktu DAS Way Kuripan.	70
Gambar 22 Peta Sedimen Sungai 2018.....	73
Gambar 23 Peta Sedimen Sungai 2020.....	74
Gambar 24 Peta Sedimen Sungai 2022.....	75
Gambar 25 Peta Sedimen Sungai 2024.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Nilai Tutupan Lahan (C_{USLE})	19
Tabel 2 <i>RunOff Curve Number</i> untuk Pengolahan Tanah Agricultural	22
Tabel 3 <i>RunOff Curve Number</i> untuk Area Perkotaan	22
Tabel 4 Luas Administrasi Kabupaten/Kota di DAS Way Kuripan	24
Tabel 5 Kebutuhan Data.....	27
Tabel 6 Luas Administrasi Kabupaten/Kota di DAS Way Kuripan	31
Tabel 7 Panjang Saluran Sungai di DAS Way Kuripan.....	33
Tabel 8 Data Hasil Identifikasi Kelerengan	35
Tabel 9 Klasifikasi Tutupan Lahan DAS Way Kuripan Tahun 2018 - 2024.....	38
Tabel 10 Klasifikasi Jenis Tanah DAS Way Kuripan.....	46
Tabel 11 Data Curah Tahunan (mm) Hujan DAS Way Kuripan	51
Tabel 12 Hasil analisis <i>Hydrological Response Unit</i> DAS Way Kuripan	57
Tabel 14 Hubungan antara Sedimentasi dan debit sungai dengan perubahan Lahan	73
Tabel 15 Perbandingan total distribusi sedimen tahunan pada saluran DAS Way Kuripan tahun 2018, 2020, 2022, dan 2024	77
Tabel 16 Distribusi sedimen bulanan pada saluran DAS Way Kuripan tahun 2018, 2020, 2022, dan 2024	78
Tabel 17 Bulan puncak sedimentasi sungai pada masing-masing tahun pengamatan.....	78
Tabel 18 Lima saluran dengan distribusi sedimen tertinggi pada masing-masing tahun	79
Tabel 19 Sepuluh saluran dengan akumulasi distribusi sedimen tertinggi selama 2018-2024.....	80
Tabel 20 Kejadian distribusi sedimen maksimum per tahun pada segmen saluran	80

DAFTAR LAMPIRAN

<i>Lampiran 1 Lokasi Chanel 20</i>	86
<i>Lampiran 2 Lokasi Channe 23</i>	87
<i>Lampiran 3 Lokasi Channel 9</i>	88
<i>Lampiran 4 Lokasi Channel 2</i>	89

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah perkotaan merupakan wilayah yang memiliki kebutuhan lahan yang sangat tinggi. Aktivitas yang dilakukan umumnya merupakan aktivitas ekonomi dan permukiman, jumlah penduduk di perkotaan selalu meningkat. Semakin bertambahnya penduduk akan semakin menuntut perubahan penggunaan lahan seringkali aktivitas manusia cenderung menyebabkan kerusakan lingkungan karena kurangnya memperhatikan keseimbangan alam.

Tanah merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat penting dan memiliki peran krusial dalam keberlangsungan kehidupan. Tanah dapat mengalami kerusakan, salah satunya adalah erosi. Erosi adalah peristiwa pindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian – bagian tanah dari suatu tempat terkikis dan terangkut kemudian diendapkan pada suatu tempat lain (Banuwa, 2013). Erosi menjadi masalah serius pada pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS), selain tanah menjadi tidak produktif, erosi di DAS menimbulkan sedimentasi di sungai dan waduk.

Indonesia adalah negara tropis basah dengan laju erosi alami dan pertanaman tertinggi. Laju erosi alami adalah 2-3 ton per ha per tahun pada kondisi alami, 40 - 400 ton per tahun pada area pertanaman, dan 120 – 460 ton per tahun pada area tanah gundul. Merujuk (Morgan, 1988 dalam Utomo, 1994) data laju erosi ini dikumpulkan dari Cina, Amerika Serikat, Pantai gading, India, Belgia, dan Indonesia. Dampak dari erosi salah satunya adalah banjir, dimana lepasnya butiran-butiran tanah sehingga terjadinya sedimentasi ke muara sungai dan dapat mengakibatkan kapasitas aliran sungai berkurang dan kemungkinan mengakibatkan banjir. Proses sedimentasi di sungai dapat menimbulkan pendangkalan dan penurunan kualitas air dan tingginya konsentrasi sedimentasi di badan air akan menyebabkan kekeruhan.

DAS Way Kuripan merupakan DAS yang berada diantara Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Pesawaran. Bagian hulu berada di Kabupaten Pesawaran dan bagian hilirnya berada di Kota Bandar Lampung. Wilayah hilir DAS Way Kuripan berkembang sebagai kawasan perkotaan yang terus mengalami peningkatan kebutuhan lahan untuk permukiman dan aktivitas ekonomi. Kondisi tersebut mendorong terjadinya alih fungsi lahan, terutama dari tutupan vegetasi alami ke penggunaan lahan yang terbangun. Perubahan ini berpotensi mengurangi kemampuan lahan dalam meresapkan air hujan dan meningkatkan limpasan permukaan yang membawa partikel tanah menuju saluran sungai.

Secara hidrologis, peningkatan limpasan permukaan yang disertai dengan menurunnya kualitas tutupan lahan akan memperbesar potensi erosi dan *sediment yield*. Besarnya *sediment yield* tidak hanya dipengaruhi oleh curah hujan dan debit sungai, tetapi juga oleh karakteristik lereng, sifat tanah, serta perubahan tutupan lahan yang berlangsung dari waktu ke waktu. Oleh karena itu, analisis sedimentasi di DAS Way Kuripan perlu dilakukan secara terpadu dengan mempertimbangkan perubahan tutupan lahan, distribusi biofisik DAS, dan dinamika hidrologi antar tahun. Analisis tersebut penting sebagai dasar penentuan upaya penanganan dan mitigasi, seperti rehabilitasi vegetasi, penerapan konservasi tanah dan air pada lereng rentan, pengendalian limpasan di bagian hulu, perlindungan sempadan sungai, serta pengelolaan sedimen pada saluran yang mengalami pendangkalan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah yang harus diselesaikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik biofisik DAS Way Kuripan memengaruhi proses erosi dan sedimentasi?
2. Bagaimana hasil pemodelan erosi di DAS Way Kuripan menggunakan QSWAT+?
3. Bagaimana hubungan spasial-temporal antara sedimentasi, debit sungai, dan perubahan tutupan lahan di DAS Way Kuripan?

4. Bagaimana arahan prioritas pengelolaan sedimentasi DAS Way Kuripan berdasarkan distribusi sedimen pada saluran sungai hasil pemodelan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mengevaluasi karakteristik biofisik di DAS Way Kuripan yang mempengaruhi proses erosi dan sedimentasi.
2. Mengevaluasi hasil pemodelan erosi di DAS Way Kuripan menggunakan QSWAT+.
3. Mengevaluasi hubungan spasial-temporal antara sedimentasi, debit sungai, dan perubahan tutupan lahan di DAS Way Kuripan.
4. Merancang arahan prioritas pengelolaan sedimentasi DAS Way Kuripan berdasarkan distribusi sedimen pada saluran sungai hasil pemodelan.

1.4 Manfaat Penelitian

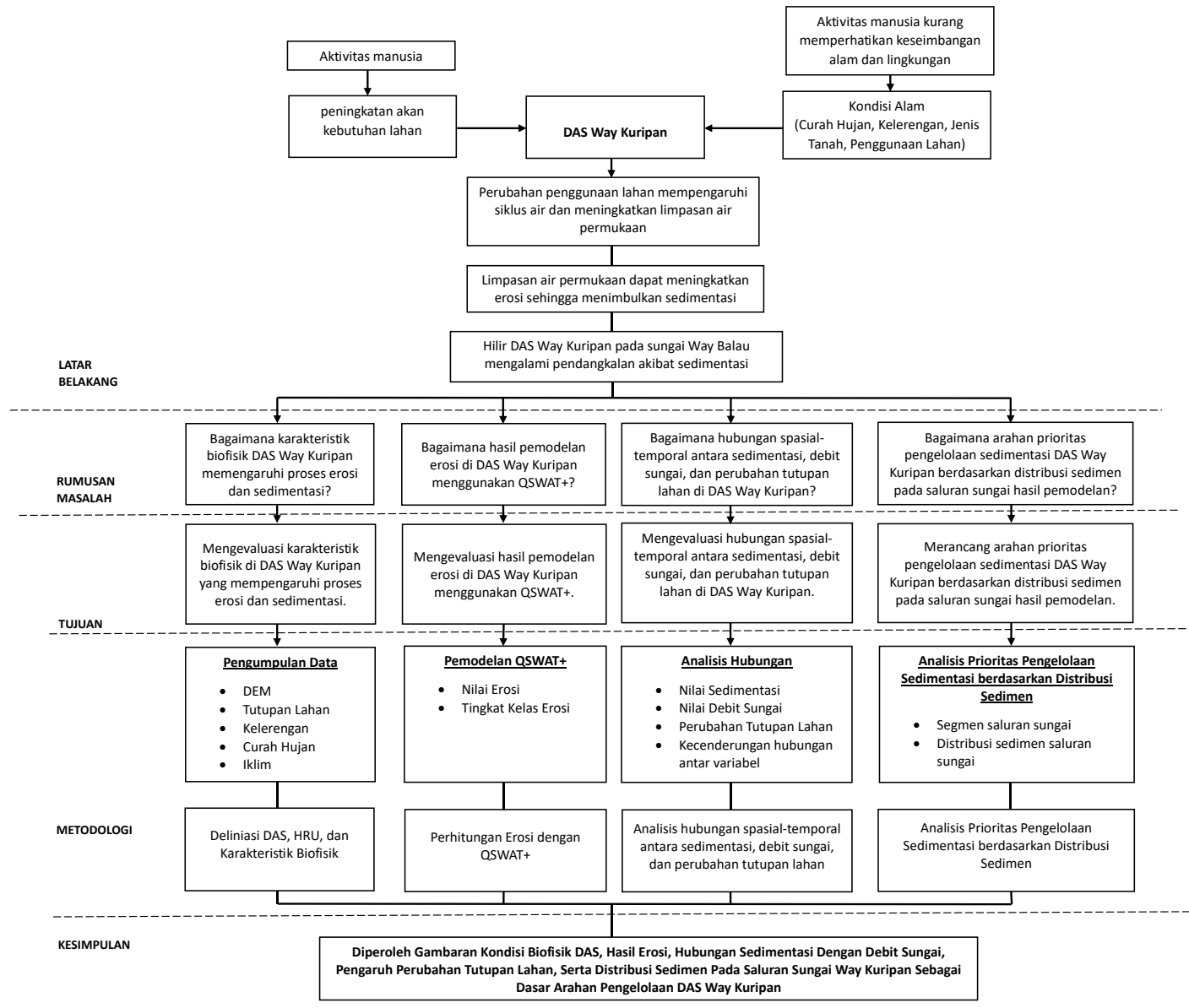
1. Penelitian ini memberikan informasi kepada masyarakat yang berada di DAS Way kuripan mengenai kondisi erosi, hasil sedimen, dan sedimentasi di DAS Way Kuripan sebagai meningkatkan pemahaman dan kesadaran masyarakat terhadap potensi degradasi lingkungan DAS, pendangkalan sungai, serta risiko banjir sehingga dapat mendorong partisipasi masyarakat dalam upaya konservasi tanah dan air.
2. Penelitian ini memberikan informasi ilmiah bagi pemerintah terkait kondisi erosi, hasil sedimen, dan sedimentasi di DAS Way Kuripan. Sehingga hasil penelitian ini menjadi masukan pemerintah sebagai rekomendasi strategi kebijakan dalam penentuan prioritas pengelolaan DAS, pengendalian erosi dan sedimentasi, serta perencanaan tindakan mitigasi seperti rehabilitasi vegetasi, konservasi lahan pada area rentan, dan pengelolaan saluran sungai yang mengalami pendangkalan.

3. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat menjadi referensi dalam kajian yang berkaitan dengan pemodelan hidrologi, erosi, hasil sedimen, dan sedimentasi sungai menggunakan QSWAT+. Selain itu, penelitian ini dapat memperkaya pengembangan ilmu pengetahuan di bidang pengelolaan DAS, khususnya dalam memahami hubungan antara faktor biofisik DAS, perubahan tutupan lahan, debit sungai, dan dinamika sedimentasi secara spasial dan temporal.

1.5 Kerangka Pemikiran

Erosi adalah peristiwa pindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian – bagian tanah dari suatu tempat terkikis dan terangkut kemudian diendapkan pada suatu tempat lain (Banuwa, 2013). Dua penyebab utama terjadinya erosi adalah yang disebabkan secara alamiah dan erosi yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Jenis erosi dapat dibedakan menjadi beberapa macam seperti oleh air, angin, es, air laut, dan internal yang terjadi didalam tanah atau batuan. Erosi yang dimaksud pada studi ini adalah erosi yang terjadi secara alamiah dan aktivitas manusia yang difokuskan pada jenis erosi oleh air pada Daerah Aliran Sungai Way Kuripan.

Erosi menjadi masalah serius pada pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS), selain tanah menjadi tidak produktif, erosi di DAS menimbulkan sedimentasi di sungai dan waduk. Dalam menduga sedimentasi pada DAS Way Kuripan dilakukan dengan menggunakan metode MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*). Metode MUSLE merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menduga sedimentasi yang merupakan metode yang dikembangkan dari metode yang sudah ada sebelumnya yakni metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*). Pada penelitian ini peneliti ingin mengetahui kondisi karakteristik biofisik yang meliputi kelerengan, jenis tanah, tutupan lahan, dan iklim. Kemudian menduga erosi dan hasil sedimen menggunakan metode MUSLE dengan perangkat Qswat+ lalu melihat faktor hubungan sedimentasi dengan debit sungai dan perubahan penggunaan lahan yang berimplikasi kepada pendangkalan badan sungai. Penelitian ini dilakukan berdasarkan kerangka pemikiran yang digambarkan pada gambar 1.



Gambar 1 Kerangka Pemikiran.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perubahan Penggunaan Lahan

Berdasarkan (Sugandhy, 1999) lahan merupakan permukaan bumi tempat berlangsungnya berbagai kegiatan dan merupakan sumber daya alam terbatas yang pemanfaatannya memerlukan perencanaan, penyediaan, dan peruntukannya agar dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan masyarakat. Adapun pengertian dari (Kusrini, 2011) lahan merupakan tempat di muka bumi dengan sifat meliputi biosfer, atmosfer, tanah, geologi, hidrologi, tanaman/tumbuhan, binatang dan produk kegiatan manusia masa lalu dan masa sekarang sampai pada tingkat tertentu. Sementara menurut (Hardjowigeno & Widiatmaka, 2015) lahan adalah lingkungan fisik yang meliputi tanah, iklim, topografi, hidrologi, dan vegetasi yang faktor-faktor tersebut mempengaruhi potensi penggunaan lahan. Hal ini mencakup dampak aktivitas manusia seperti reklamasi pantai, penggundulan hutan, dan dampak buruk seperti erosi dan penumpukan garam.

Adapun dari pengertian lahan diatas secara umum definisi lahan adalah wilayah daratan yang berada diatas permukaan bumi yang memiliki ciri-ciri yang sangat kompleks dengan faktor topografi, iklim, geologi, hidrologi, tanah, dan vegetasi yang sangat bervariasi yang bermanfaat bagi kehidupan manusia dan mahluk diatasnya. Bertambahnya jumlah penduduk tentu akan menambah jumlah kebutuhan pangan dan kebutuhan lainnya yang didapatkan dari sumberdaya lahan. Akibat dari pertambahan penduduk tersebut akan menyebabkan persaingan kebutuhan lahan antara pertanian dan non pertanian seperti perumahan dan sarana prasarana lainnya.

Perubahan penggunaan lahan secara umum dapat diartikan sebagai intervensi manusia yang mengubah bentang alam atau aktivitas manusia di atas lahan yang berbeda dengan aktivitas sebelumnya. Intervensi ini dapat bersifat permanen atau sementara dan dapat terjadi untuk tujuan pembangunan, komersial, ekonomi, atau

industri. Pada akhirnya, peristiwa ini akan menyebabkan penurunan jenis penggunaan lahan lainnya atau perubahan fungsi lahan selama periode waktu tertentu.

Penggunaan lahan harus sesuai dengan daya dukung lingkungan. Toleransi lingkungan adalah kemampuan atau kapasitas suatu ekosistem untuk mendukung kehidupan organisme yang sehat dengan tetap menjaga produktivitas, kemampuan beradaptasi, dan pembaharuan diri (Sunu, 2001). Perbandingan antara tingkat pemanfaatan sumber daya lahan dan daya dukungnya dapat digunakan sebagai ukuran pada kelayakan dari suatu pembangunan (Muta'ali, 2012).

2.2 Curah Hujan Wilayah

Curah hujan merupakan salah satu parameter meteorologi dan datanya sangat penting untuk kepentingan BMKG dan masyarakat yang membutuhkan data curah hujan. Hujan mempunyai dampak yang besar terhadap kehidupan manusia, baik memperlancar maupun menghambat aktivitas manusia. Oleh karena itu, kualitas data curah hujan yang diperoleh harus berkualitas dan akurat. Oleh karena itu, para pengamat harus mengetahui alat pengukur hujan yang umum digunakan yaitu alat pengukur hujan Hellmann (Bungnaen, 2013).

Hujan merupakan fenomena turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi. Curah hujan merupakan faktor masukan yang sangat penting dalam siklus air suatu wilayah sungai. Curah hujan diubah menjadi aliran yaitu aliran permukaan atau bawah permukaan (air tanah) (Harto, 19930. Hujan memiliki peran menentukan proses yang akan terjadi dalam suatu kawasan dalam kerangka satu sistem hidrologi. Hujan terjadi melibatkan banyak parameter antara lain kelembaban udara, energi matahari, arah dan kecepatan angin, dan suhu udara.

Untuk mendapatkan data curah hujan yang dapat mewakili suatu kawasan, maka diperlukan alat pengukur hujan yang dapat mewakili daerah tersebut dalam jumlah yang cukup. Dengan semakin banyaknya alat pengukur hujan yang dipasang diharapkan dapat diketahui besarnya variasi curah hujan di tempat tersebut dan juga besarnya hujan yang terjadi di daerah tersebut (Indarto, 2018).

Analisis ini pada dasarnya diperlukan sebagai salah satu data masukan dalam analisis hidraulik aliran yang merupakan dasar dalam pengembangan konsep hidrograf banjir.

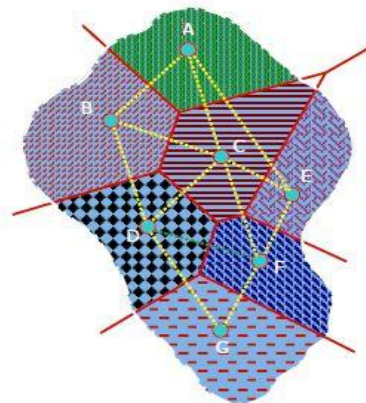
2.2.1 Rata – rata Aritmatik

Metode ini dipakai pada daerah yang memiliki banyak stasiun hujan dan curah hujan yang terjadi adalah merata. Curah hujan regional ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$R_{rata-rata} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n} \quad (II.1)$$

2.2.2 Poligon Thiessen

Metode ini biasanya digunakan untuk wilayah dengan curah hujan yang tidak rata, seperti di pegunungan. Metode ini menghitung curah hujan regional dengan membuat poligon tertutup di antara stasiun hujan yang berpengaruh. Selanjutnya, pada titik tengah garis yang menghubungkan dua stasiun hujan, dibuat garis memotong tegak lurus. Oleh karena itu, satu stasiun hujan akan memiliki area poligon yang tertutup.



Gambar 2 Poligon Thiessen pada sebuah DAS.

Berdasarkan pembagian poligon tersebut, curah hujan regional pada DAS tersebut dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$R_{rata-rata} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + A_3 R_3 + \dots + A_n R_n}{A} \quad (II.2)$$

Dengan keterangan:

$R_{rata-rata}$: curah hujan rata-rata

$R_1 \dots R_n$: curah hujan masing-masing stasiun

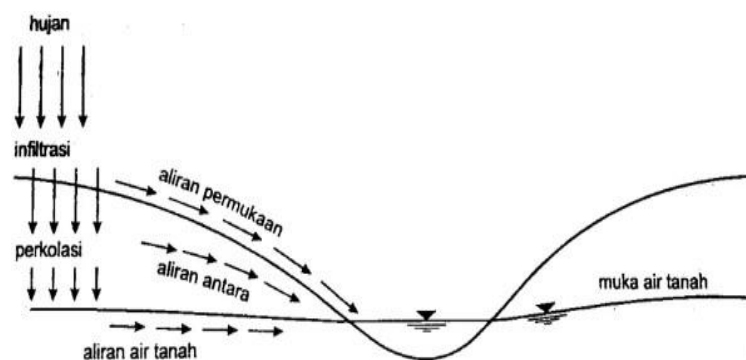
$A_1 \dots A_n$: luas poligon masing-masing stasiun

A : luas DAS

2.3 Aliran Permukaan

Aliran (*run-off*) adalah bagian hujan, salju, atau air yang mengalir dari bawah permukaan tanah ke sungai. Ini juga kadang-kadang disebut sebagai aliran permukaan (*surface run-off*) dan kadang-kadang juga disebut sebagai aliran permukaan. Ini membentuk volume air yang biasanya disebut sebagai aliran setelah bergabung dengan aliran permukaan, yang sering disebut sebagai aliran inter atau aliran hujan di bawah permukaan (Indarto, 2010).

Aliran permukaan yang berasal dari kelebihan infiltrasi dan aliran permukaan yang berasal dari kejenuhan tanah adalah dua jenis aliran permukaan (*surface runoff*) yang terjadi selama hujan. Aliran permukaan yang berasal dari kelebihan infiltrasi terjadi ketika tanah tidak jenuh, di mana tanah agak kering, tetapi sifat atau penutupan tanah tidak memungkinkan proses infiltrasi berlanjut sejalan dengan laju hujan.



Gambar 3 Proses Aliran Sungai.

Intensitas hujan akan mempengaruhi kecepatan dan volume aliran permukaan. Ketika hujan dengan intensitas lebat maka, kapasitas infiltrasi akan terlampaui dengan cepat jika dibandingkan dengan hujan dengan intensitas ringan. Pada saat hujan lebat total volume aliran permukaan akan lebih besar jika dibandingkan dengan hujan ringan meskipun total hujan tersebut sama. Menurut (Asdak, C, 2004) faktor-faktor yang mempengaruhi aliran permukaan adalah sebagai berikut :

2.3.1 Intensitas Hujan dan Durasi Hujan

Pada hujan dengan intensitas tinggi, kapasitas infiltrasi akan terlampaui dengan cepat. Sehingga total volume aliran permukaan akan lebih besar pada hujan intensitas tinggi dibandingkan dengan hujan intensitas rendah meskipun curah hujan total sama besarnya. Pada hujan dengan intensitas yang sama dan waktu yang lebih lama akan menghasilkan aliran permukaan yang lebih besar.

2.3.2 Distribusi Curah Hujan.

Laju aliran permukaan dan volume aliran permukaan terbesar terjadi ketika seluruh DAS tersebut ikut berperan, dengan kata lain hujan turun merata di seluruh wilayah DAS.

2.3.3 Luas DAS

Semakin besar luas DAS, ada kecenderungan semakin besar jumlah curah hujan yang diterima.

2.3.4 Kemiringan Lereng DAS

Semakin besar kemiringan lereng suatu DAS, maka akan semakin cepat laju aliran permukaan. Bentuk topografi seperti kemiringan lereng, keadaan parit dan bentuk cekungan permukaan tanah lainnya akan mempengaruhi laju aliran permukaan.

2.3.5 Bentuk DAS

Bentuk DAS yang memanjang dan sempit cenderung menurunkan laju aliran permukaan daripada DAS berbentuk melebar walaupun luas keseluruhannya sama.

2.3.6 Kerapatan Daerah Aliran (*drainase*)

Kerapatan aliran adalah jumlah dari semua aliran/sungai (km) dibagi dengan luas DAS (km²). Semakin tinggi kerapatan daerah aliran maka semakin besar kecepatan aliran untuk curah hujan yang sama.

2.3.7 Vegetasi dan Cara Bercocok Tanam

Vegetasi dapat memperlambat laju aliran permukaan dan memperbesar jumlah air yang tertahan di atas permukaan tanah.

2.4 Hidrograf Aliran Sungai

Hidrograf aliran sungai menunjukkan hubungan antara debit aliran sungai sebagai fungsi waktu pada titik tertentu di aliran sungai. Hidrograf aliran sungai menunjukkan hubungan antara karakteristik fisiografis dan aliran limpasan sungai pada suatu DAS atau daerah tangkapan (Chow, Maidment, & Mays, 1988). Hidrograf aliran sungai terbagi menjadi dua kategori: hidrograf tahunan menunjukkan debit aliran sebagai fungsi waktu selama satu tahun; hidrograf hujan menunjukkan debit aliran sebagai fungsi hujan spesifik.

2.5 Daerah Aliran Sungai

DAS adalah wilayah daratan yang dibatasi oleh punggung–punggung pegunungan atau bukit, ketika hujan jatuh pada area tersebut maka akan mengalir melalui anak sungai menuju sungai utama sampai akhirnya keluar melalui satu titik (Indarto, 2018). DAS merupakan suatu kesatuan ekosistem yang kompleks yang terdiri dari faktor abiotik (fisik), biotik dan sosial. Setiap faktor di dalamnya saling berinteraksi, peranan tiap-tiap komponen dan hubungan antar komponen sangat menentukan kualitas DAS.

DAS yang baik ditandai dengan aliran sungai yang cenderung stabil dari waktu ke waktu, bahkan perbedaan debit pada puncak musim hujan dan musim kemarau tidak terlalu besar. Sebaliknya, DAS yang sudah rusak akan terlihat perbedaan debit aliran sungai pada musim kemarau dan musim hujan sangat besar, bahkan kering saat musim kemarau dan banjir saat hujan. Selain banjir, kerusakan juga dapat dilihat dari kekeruhan air karena banyaknya sedimen terlarut akibat erosi tanah.

DAS yang baik ditandai juga oleh banyaknya tutupan vegetasi di daerah hulu. Vegetasi inilah yang berperan utama meresapkan air hujan ke dalam tanah, menghambat aliran permukaan. DAS akan menjadi buruk apabila makin banyak alihfungsi lahan dari yang bervegetasi ke bangunan dan tanah terbuka. Pertanian semusim yang tidak mematuhi kaidah konservasi juga berperan besar dalam kerusakan DAS, karena meningkatkan erosi dan mengurangi penyerapan air ke dalam tanah.

Fungsi utama DAS adalah sebagai fungsi hidrologi, fungsi tersebut sangat dipengaruhi oleh jumlah curah hujan yang diterima, geologi dan lahan. Fungsi hidrologi yang dimaksud termasuk kapasitas DAS untuk mengalirkan air, melepaskan air secara bertahap, memelihara kualitas air. Berdasarkan fungsinya, DAS dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:

1. DAS bagian hulu

DAS bagian hulu dapat diindikasikan dari kondisi tutupan vegetasi lahan DAS, kualitas air, kemampuan menyimpan air (debit), dan curah hujan. DAS bagian hulu dicirikan sebagai daerah dengan lanskap pegunungan dengan variasi topografi, mempunyai curah hujan yang tinggi dan sebagai daerah konservasi untuk mempertahankan kondisi lingkungan DAS agar tidak terdegradasi. DAS bagian hulu mempunyai arti penting terutama dari segi perlindungan fungsi tata air, karena itu setiap terjadinya kegiatan di daerah hulu akan menimbulkan dampak di daerah hilir dalam bentuk perubahan fluktuasi debit dan transport sedimen sistem aliran airnya.

2. DAS bagian tengah

DAS bagian tengah didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang antara lain dapat diindikasikan dari kuantitas air, kualitas air, kemampuan menyalurkan air, dan ketinggian muka air tanah, serta terkait pada prasarana pengairan seperti pengelolaan sungai, waduk, dan danau.

3. DAS bagian hilir

DAS bagian hilir didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang diindikasikan melalui kuantitas dan kualitas air, kemampuan menyalurkan air, ketinggian curah hujan, dan terkait untuk kebutuhan pertanian, air bersih, serta pengelolaan air limbah. Bagian hilir merupakan daerah pemanfaatan yang relatif landai dengan curah hujan yang lebih rendah.

DAS bagian hulu merupakan bagian penting karena mempunyai fungsi perlindungan terhadap seluruh bagian DAS khususnya perlindungan fungsi tata air dengan tidak mengesampingkan bagian yang lain. DAS sebagai kesatuan sistem hidrologi mempunyai karakteristik yang spesifik serta berkaitan dengan unsur utamanya seperti jenis tanah, topografi, kemiringan, panjang lereng dan penggunaan lahan. Karakteristik DAS dalam merespon curah hujan yang jatuh di wilayah DAS dapat memberikan pengaruh terhadap evapotranspirasi, infiltrasi, perkolasi, aliran permukaan, kandungan air tanah dan debit aliran sungai.

2.6 Erosi dan Sedimentasi

Erosi tanah merupakan proses atau peristiwa hilangnya lapisan permukaan tanah bagian atas yang disebabkan oleh pergerakan air maupun angin (Arsyad, 2010). Menurut (Banuwa, 2013) erosi tanah terjadi melalui beberapa proses seperti penghancuran partikel tanah oleh air hujan dan proses pengangkutan oleh aliran permukaan. Erosi tanah berpengaruh negatif terhadap produktivitas lahan karena adanya erosi akan mengurangi ketersediaan nutrisi dan bahan organik (Naharudin, 2020). Kehilangan bahan organik sangat berpengaruh terhadap tingkat kekritisian lahan (Sari & dkk, 2021).

Selama erosi tanah, sebagian besar air hilang sebagai limpasan permukaan dengan sangat cepat. Indonesia merupakan negara tropis dengan curah hujan tahunan yang cukup tinggi. Curah hujan yang tinggi menjadi penyebab utama terjadinya erosi di Indonesia. Gaya mekanis air hujan yang jatuh ke permukaan bumi dapat memecah agregat tanah, yang kemudian dilepaskan dan diangkut oleh aliran air hujan permukaan.

Di daerah beriklim tropika basah, faktor air merupakan penyebab utama terjadinya erosi tanah, sedangkan faktor angin dan salju tidak terlalu signifikan. Beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya erosi menurut (Arsyad, 2010) meliputi:

2.6.1 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Erosi

1. Iklim

Pengaruh iklim terhadap erosi bersifat langsung melalui tenaga mekanik air hujan, terutama intensitas dan diameter butiran air hujan. Pada hujan dengan intensitas tinggi dan berlangsung dalam waktu pendek, erosi yang terjadi akan lebih besar daripada hujan dengan intensitas lebih kecil dengan waktu hujan lebih lama. Besarnya curah hujan, intensitas dan distribusi hujan menentukan kekuatan dispersi hujan terhadap tanah, jumlah dan kekuatan aliran permukaan serta tingkat kerusakan erosi yang ditimbulkan.

2. Sifat-sifat tanah

Sifat-sifat tanah yang menentukan dalam erodibilitas tanah adalah sebagai berikut:

- a) Tekstur tanah, biasanya berkaitan dengan ukuran dan porsi partikel- partikel tanah dan akan membentuk tipe tanah tertentu.
- b) Unsur organik, terdiri atas sisa tanaman dan hewan sebagai hasil proses dekomposisi. Unsur organik cenderung memperbaiki struktur tanah dan bersifat meningkatkan permeabilitas tanah, kapasitas tampung air tanah, dan kesuburan tanah.
- c) Struktur tanah, adalah susunan partikel-partikel tanah yang membentuk agregat. Struktur tanah mempengaruhi kemampuan tanah dalam menyerap air tanah. Struktur tanah granular dan lepas mempunyai kemampuan besar dalam meloloskan air larian sehingga menurunkan laju air larian dan memacu pertumbuhan tanaman.
- d) Permeabilitas tanah, menunjukkan kemampuan tanah dalam meloloskan air. Tanah dengan permeabilitas tinggi menaikkan laju infiltrasi sehingga menurunkan laju air larian.

3. Topografi

Kemiringan dan panjang lereng merupakan dua variabel topografi yang paling berpengaruh dalam analisis erosi dan aliran permukaan. Kedua faktor tersebut penting untuk terjadinya erosi karena faktor tersebut menentukan besarnya kecepatan dan volume air. Kecepatan air ditentukan oleh kemiringan lereng dan panjang kelerengan yang terkonsentrasi pada saluran-saluran sempit yang mempunyai potensi besar untuk terjadinya erosi alur maupun erosi parit.

4. Vegetasi penutup lahan

Pengaruh vegetasi penutup tanah terhadap erosi adalah sebagai berikut :

- a) Melindungi permukaan tanah dari tumpukan air hujan
- b) Menurunkan kecepatan dan volume aliran permukaan
- c) Menahan partikel-partikel tanah pada tempatnya melalui sistem perakaran dan seresah yang dihasilkan
- d) Mempertahankan kapasitas infiltrasi tanah dalam menyerap air

2.6.2 Jenis Sedimentasi

Secara umum erosi dan sedimentasi proses terjadinya perlepasan butiran tanah dari induknya di suatu tempat dan terangkutnya material tersebut oleh gerakan air dan angin kemudian diikuti dengan proses pengendapan pada tempat yang lain (Suripin, 2001). Besarnya erosi dinyatakan dengan jumlah tanah yang hilang dalam suatu luasan lahan per satuan waktu.

Sedimentasi adalah proses pengendapan material yang terangkut oleh aliran dari bagian hulu akibat dari erosi. Sungai-sungai membawa sedimen dalam setiap alirannya. Sedimen dapat berada di berbagai lokasi dalam aliran, tergantung pada keseimbangan antara kecepatan ke atas pada partikel (gaya tarik dan gaya angkat) dan kecepatan pengendapan partikel (Asdak, C, 2004).

Ada 3 (tiga) macam pergerakan angkutan sedimen yaitu:

1. *Bed load transport*

Partikel kasar yang bergerak di sepanjang dasar sungai secara keseluruhan disebut dengan *bed load*. Adanya *bed load* ditunjukkan oleh gerakan partikel di dasar sungai yang ukurannya besar, gerakan itu dapat bergeser, menggelinding atau meloncat-loncat, akan tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai.

2. *Wash load transport*

Wash load adalah angkutan partikel halus yang dapat berupa lempung (*silt*) dan debu (*dust*), yang terbawa oleh aliran sungai. Partikel ini akan terbawa aliran sampai ke laut, atau dapat juga mengendap pada aliran yang tenang atau pada air yang tergenang.

3. *Suspended load transport*

Suspended load adalah material dasar sungai (*bed material*) yang melayang di dalam aliran dan terutama terdiri dari butir pasir halus yang senantiasa mengambang di atas dasar sungai, karena selalu didorong oleh turbulensi aliran. Suspended load itu sendiri umumnya bergantung pada kecepatan jatuh atau lebih dikenal dengan *fall velocity*.

2.7 Pemodelan Erosi

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

Metode MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) Merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menduga sedimentasi yang merupakan metode yang dikembangkan dari metode yang sudah ada sebelumnya yakni metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*). Metode MUSLE dapat menduga sedimentasi dengan cukup baik. MUSLE tidak menggunakan faktor energi hujan sebagai trigger penyebab terjadinya erosi melainkan dengan mengganti faktor R/ faktor erosivitas hujan dengan faktor aliran. Sehingga MUSLE tidak memerlukan faktor *sediment delivery ratio* (SDR). Faktor limpasan permukaan mewakili energi yang digunakan untuk penghancuran dan pengangkutan sedimen. Besarnya sedimen yang terjadi sudah menggambarkan erosi yang terjadi.

Data limpasan yang digunakan sebagai input dalam metode MUSLE diperoleh dari hasil optimasi aplikasi model tangki. MUSLE merupakan modifikasi dari model penduga erosi *Universal Soil Loss Equation* (USLE) yang merupakan model empiris yang dikembangkan di Pusat Data Aliran Permukaan dan Erosi Nasional, Dinas Penelitian Pertanian, Departemen Penelitian Amerika Serikat (USDA) bekerja sama dengan Universitas Purdue pada tahun 1954.

Data yang dibutuhkan pada perhitungan Metode MUSLE tidak jauh berbeda dengan Metode USLE yaitu Faktor erosivitas hujan, faktor erodibilitas tanah, faktor kelerengan, faktor kemiringan lereng, faktor penggunaan lahan, dan faktor konservasi tanah. Namun dalam Metode MUSLE diperhitungkan penggunaan faktor energi hujan sebagai pemacu penyebab terjadinya erosi.

Persamaan MUSLE (Williams, 1995):

$$Sed = 11,8.(Q_{surf} \cdot q_{peak} \cdot area_{hru})^{0,56} \cdot K_{USLE} \cdot C_{USLE} \cdot P_{USLE} \cdot LS_{USLE} \cdot CFRG \quad (III.3)$$

Keterangan:

Sed	= Sedimentasi (ton)
Q_{surf}	= volume aliran permukaan (mmH ₂ O/ha)
q_{peak}	= Debit Puncak Limpasan (m ³ /s)
$Area_{HRu}$	= Luas Area dari HRu (ha)
K_{USLE}	= faktor erodibilitas tanah USLE
C_{USLE}	= faktor penutupan dan manajemen lahan USLE
P_{USLE}	= faktor konservasi lahan USLE
LS_{USLE}	= faktor topografi USLE
CFRG	= faktor pecahan batuan Kasar (Coarse Fragment)

2.7.2 Erodibilitas Tanah (K_{USLE})

Erodibilitas tanah adalah daya tahan tanah terhadap pelepasan dan pengangkutan yang tergantung pada sifat-sifat tanah, antara lain tekstur, stabilitas agregat, kekuatan geser, kapasitas infiltrasi, kandungan bahan organik dan kimiawi. Faktor

erodibilitas tanah juga dipengaruhi oleh posisi topografi dan kemiringan lereng serta aktivitas manusia (Suripin, 2004).

Faktor erodibilitas tanah (KUSLE) merupakan resistensi partikel tanah terhadap pengelupasan dan transportasi partikel-partikel tanah tersebut oleh adanya energi kinetik air hujan. Besarnya erodinilitas tanah seperti tekstur tanah juga ditentukan oleh karakteristik tanah seperti tekstur tanah, stabilitas agregat tanah, kapasitas infiltrasi, dan kandungan organik serta kimia tanah. Karakteristik tanah tersebut bersifat dinamis, selalu berubah, oleh karenanya, karakteristik tanah dapat berubah seiring dengan perubahan waktu dan tata guna lahan atau sistem pertanaman. Dengan demikian, angka erodibilitas tanah yang signifikan berlangsung ketika terjadi hujan karena pada waktu tersebut partikel- partikel tanah mengalami perubahan orientasi dan karakteristik bahan kimia dan fisika tanah.

Perhitungan faktor erodibilitas tanah dihitung dengan menggunakan persamaan hubungan antara besarnya erodibilitas suatu jenis tanah dengan karakteristik tanah yang bersangkutan. Persamaan tersebut seperti dibawah ini (Wischmeier, 1971).

$$K_{USLE} = \frac{0.00021.M^{1.14} \cdot (12-OM) + 3.25 \cdot c_{soilstr} - 2 + 2.5(c_{perm} - 3)}{100}$$

Keterangan:

K_{USLE} = Faktor Erodibilitas Tanah

M = Parameter Ukuran Partikel

OM = Persentase Bahan Organik (%), $OM = 1,72 \cdot OrgC$

Dimana OrgC = persentase bahan karbon organik pada layer (%)

$c_{soilstr}$ = Kode Klasifikasi Struktur Tanah (*Granular, Platy, Massive*, dll.)

c_{perm} = Permeabilitas Tanah

Adapun parameter ukuran partikel (M) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$M = (m_{silt} + m_{vsf}) \cdot (100 - m_c)$$

Keterangan:

M = Parameter Ukuran Partikel

M_{silt} = Persentase tanah lanau (%), partikel diameter ukuran 0,002-0,05 mm

M_{vfs} = Persentase tanah pasir (%), partikel diameter ukuran 0,05-0,1 mm

M_c = Persentase tanah liat (%), partikel diameter ukuran $< 0,002$ mm

2.7.3 Tutupan Lahan

Tutupan lahan (C) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya erosi. Jika keadaan suatu daerah tutupan lahannya masih baik maka daya erosi tanahnya akan semakin baik, namun apabila daerah tersebut tutupan lahannya kurang baik atau gersang maka semakin besar pula daya erosi tanahnya. Nilai tutupan lahan CUSLE, seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 1 Nilai Tutupan Lahan (C_{USLE})

No.	Tutupan Lahan	Nilai C
1	Hutan Primer	0.001
2	Hutan Sekunder	0.005
3	Kebun Campuran	0.136
4	Perkebunan	0.027
5	Tegalan/Ladang	0.245
6	Padi Sawah	0.010
7	Tanaman Sayuran/tegalan	0.700
8	Perkebunan Campuran-Tegalan sayuran	0.364
9	Permukiman	0.180
10	Rawa	0.010

Sumber : JICA, 2011

2.7.4 Faktor Topografi

Faktor indeks topografi L dan S masing-masing mewakili pengaruh panjang dan kemiringan lereng terhadap besarnya erosi. Panjang lereng mengacu pada aliran permukaan, yaitu lokasi berlangsungnya erosi dan kemungkinan terjadinya distribusi sedimen. Pada umumnya, kemiringan lereng diperlakukan sebagai faktor yang seragam. Perhitungan faktor topografi dapat digunakan rumus empiris.

Perhitungan dengan menggunakan rumus empiris seperti dalam persamaan di bawah ini (ma, 2001).

$$LS_{USLE} = \left(\frac{L_{hill}}{22.1}\right)^m \cdot (65.41 \cdot \sin^2(\alpha_{hill}) + 4.56 \cdot \sin \alpha_{hill} + 0.065)$$

Keterangan :

L_{hill} = panjang lereng (m)
 α_{hill} = sudut dari lereng
 m = $0.6(1-\exp[-35.835 \cdot slp])$

Dimana :

slp = lereng dari HRu dinyatakan dengan tinggi per panjang (m/m)

dan hubungan slp α_{hill} adalah :

slp = $\tan \alpha_{hill}$

2.7.5 Faktor Pecahan Batuan Kasar

Faktor pecahan batuan kasar (CFRG) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$CFRG = \exp(-0.053 \cdot rock)$$

Keterangan :

$Rock$ = persentase batuan kasar di layer tanah pertama (%)

dalam hal ini kami menggunakan *default mode* dari SWAT (karena keterbatasan data).

2.8 Soil and Water Assessment Tool (SWAT)

SWAT adalah model yang dikembangkan oleh Dr. Jeff Arnold pada awal tahun 1990-an untuk pengembangan *Agricultural Research Service* (ARS) dari USDA. Model tersebut dikembangkan untuk melakukan prediksi dampak dari manajemen lahan pertanian terhadap air, sedimentasi, dan jumlah bahan kimia, pada suatu area DAS yang kompleks dengan mempertimbangkan variasi jenis tanahnya, tata guna lahan, serta kondisi manajemen suatu DAS setelah melalui periode yang lama. SWAT merupakan hasil gabungan dari beberapa model, diantaranya adalah

Simulator for Water Resources in Rural Basin (SWWRRB), Chemical, Runoff and Erosion from Agricultural Management System (CREAMS), Groundwater Loading Effect an Agricultural Management System (GREAMS), dan Erosion Productivity Impact Calculator (EPIC) (Neitsch et al 2004).

Dalam mengestimasi aliran permukaan (Q_{surf}), SWAT menggunakan dua buah metode, yaitu *SCS curve number (CN)* dan infiltrasi *Green and Ampt*. Berdasarkan volume aliran permukaan dan puncaknya, dilakukan simulasi pada setiap HRU (*Hydrology Response Units*). SCS curve number merupakan fungsi dari permeabilitas tanah, tata guna lahan, dan kondisi air tanah. Persamaan SCS curve number disajikan pada persamaan (2) (Neitsch et al 2004).

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - 0.2S)^2}{(R_{day} + 0.8S)}$$

Keterangan :

R_{day} = curah hujan per hari (mm)

S = *retention parameter* (mm)

$$S = 25.4 \left(\frac{100}{CN} - 10 \right)$$

Keterangan :

CN = bilangan kurva air larian, bervariasi dari 0 s/d 100

$$q_{peak} = \frac{\alpha_{tc} \cdot Q_{surf} \cdot Area}{3.6 \cdot t_{conc}}$$

Keterangan:

q_{peak} = debit puncak limpasan (*peak runoff rate*)(m^3/s)

α_{tc} = fraksi curah hujan harian yang terjadi selama waktu konsentrasinya

Area = luas wilayah sub-DAS (km^2)

t_{conc} = waktu konsentrasi di subbasin (jam)

Metode dasar yang digunakan SWAT adalah *SCS Curve Number*, dimana jenis tanah (*Hydrologic Soil Group*) terbagi menjadi 4 bagian: A, B, C dan D.

HSG	Komposisi Utama	Infiltrasi	Run-off
A	Sandy	High	Low
B	Loam		
C	Silt		
D	Clay	Low	High

Gambar 4 Klasifikasi Hydrological Soil Group.

Overlay dari *Soil Type* dan *Landcover* yang sama didefinisikan sebagai *Hydrologic Response Unit* (HRU) yang memiliki satu nilai CN. Nilai *CN default* tersedia dalam database SWAT untuk initial running.

Tabel 2 *RunOff Curve Number* untuk Pengolahan Tanah Agricultural

<i>Land Use</i>	<i>Treatment or Practice</i>	<i>Hydrologic Condition</i>	<i>Hydrologic Soil Group</i>			
			A	B	C	D
<i>Fallow</i>	<i>Bare soil</i>	-	77	86	91	94
	<i>Crop residue cover*</i>	<i>Poor</i>	76	85	90	93
		<i>Good</i>	74	83	88	90
<i>Row crops</i>	<i>Straight row</i>	<i>Poor</i>	72	81	88	91
		<i>Good</i>	67	78	85	89
	<i>Straight row w/ residue</i>	<i>Poor</i>	71	80	87	90
		<i>Good</i>	64	75	82	85
	<i>Contoured</i>	<i>Poor</i>	70	79	84	88
		<i>Good</i>	65	75	82	86

Sumber : *Tabel Curve Number dalam SWAT database* (Neitsch, Arnold, Kiniry, & Williams, 2005)

Tabel 3 *RunOff Curve Number* untuk Area Perkotaan

<i>Cover Type</i>	<i>Cover</i>		<i>Hydrologic Soil Group</i>			
	<i>Hydrologic Condition</i>	<i>Average % Impervious Area</i>	A	B	C	D
<i>Fully developed urban areas</i>	<i>Poor</i>		68	79	86	89
	<i>Fair</i>		49	69	79	84
	<i>Good</i>		39	61	74	80
<i>Impervious areas</i>						

<i>Cover Type</i>	<i>Cover</i>		<i>Hydrologic Soil Group</i>			
	<i>Hydrologic Condition</i>	<i>Average % Impervious Area</i>	A	B	C	D
<i>Paved parking lots, roofs, driveways, etc. (excluding right-of-way)</i>	-		98	98	98	98
<i>Paved streets and roads; curbs and storm sewers (excluding right-of-way)</i>	-		98	98	98	98

Sumber : Tabel Curve Number dalam SWAT database (Neitsch, Arnold, Kiniry, & Williams, 2005)

Data input yang dibutuhkan untuk running SWAT adalah:

a. *Digital Elevation Model (DEM)*

Merupakan data topografi yang digunakan untuk mendelineasi DAS

b. *Land Cover dan Soil Type*

Digunakan untuk *overlay* HRU sehingga dapat dilakukan parameterisasi

c. *Data Cuaca Harian*

Merupakan data dari stasiun cuaca (diskrit) berupa: Curah hujan (mm), Temperatur max – Temperatur min (0C), Kecepatan Angin (m/s), Kelembaban Relatif(%) dan Radiasi Matahari (MJ/m²). Namun unsur cuaca yang paling berpengaruh adalah curah hujan dan temperatur, sedangkan data lainnya bisa disimulasikan oleh SWAT dengan hanya memasukan data rata-rata tahunannya pada database.

III. METODE PENELITIAN

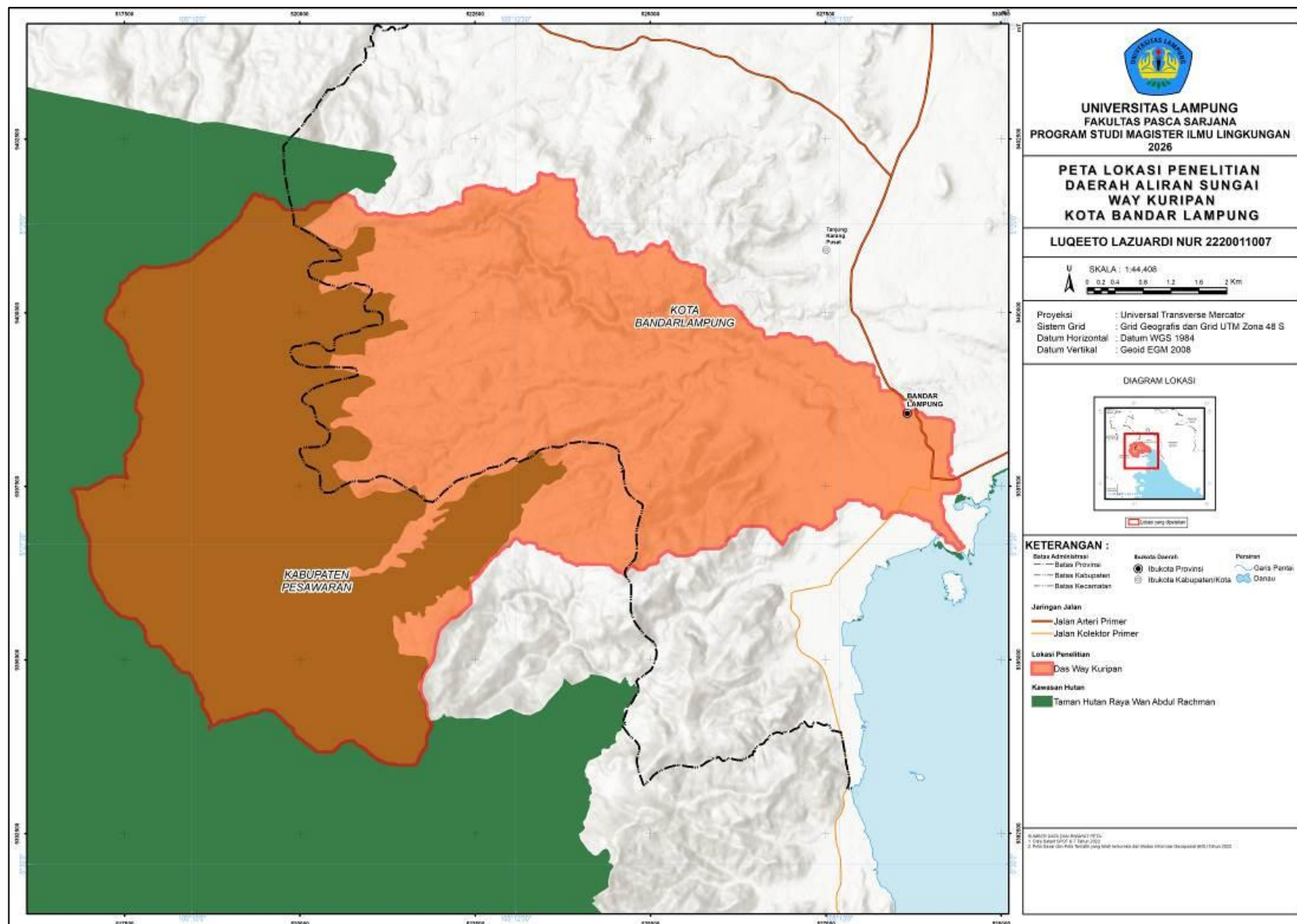
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di DAS Way Kuripan yang terletak diantara Kota Bandar dan Kabupaten Pesawaran. Pada bagian hulu berada di administrasi Kabupaten Pesawaran dengan wilayah kawasan hutan dan bagian hilirnya berada di Kota Bandar Lampung dengan wilayah permukiman perkotaan hingga pesisir. Waktu penelitian dilakukan pada tahun 2025 kemudian pengamatan untuk wilayah dimulai dari tahun 2018 – 2024 agar mengetahui perubahan yang terjadi. Untuk memudahkan dalam menganalisis wilayah DAS Way Kuripan peneliti membatasi wilayah dengan menggunakan deliniasi alami berdasarkan *watershed* dari *QSWAT+*:

Tabel 4 Luas Administrasi Kabupaten/Kota di DAS Way Kuripan

Kabupaten/Kota	Luas (Ha)	Persentase (%)
Bandar Lampung	3.022,65	50,52
Pesawaran	2.960,24	49,48
Luas Total (Ha)	5.982,89	100,00

Sumber : Hasil Analisis, 2026



Gambar 5 Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) Way Kuripan.

3.2 Bahan dan Alat dan Penelitian

a. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Peta *Digital Elevation Model* dari BIG
- Peta Tutupan Lahan dari KLHK Tahun 2018 - 2024 Skala 1: 50.000
- Peta Tutupan Lahan dari BIG Tahun 2018 - 2024 Skala 1: 50.000
- Peta Tutupan Lahan dari *Google Earth* Tahun 2018 - 2024 Skala 1: 50.000
- Peta Jenis Tanah dari BBSDLP Skala 1: 50.000
- Data Iklim dari NASA Power Tahun 2018 – 2024 Skala 1: 50.000
- Data *Digital Soil Map of the World (DSMW)* dari *Food and Agriculture Organization (FAO)*

b. Alat

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Buku, alat tulis dan kamera yang digunakan untuk dokumentasi.
- Laptop beserta perangkat lunak terdiri atas QGIS, QSWAT+, SWAT+ *Toolbox*, *Microsoft Word*, dan *Excel* yang digunakan untuk mengolah data dan membuat laporan penelitian.
- Kamera untuk mengambil gambar saat observasi lapangan.

3.3 Metode

Jenis pada penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif dan kualitatif dengan metode observasi. Pendekatan kuantitatif untuk menjelaskan fenomena atau hubungan antar fenomena yang diteliti secara sistematis tentang perubahan penggunaan lahan dan dampaknya terhadap aliran permukaan dan erosi di DAS Way Kuripan.

3.4 Jenis Data

Penelitian ini menggunakan data primer yang diperoleh dari observasi langsung di lapangan terkait penggunaan lahan yang dipilih berdasarkan aksesibilitas di lapangan. Untuk data sekunder diperoleh dari instansi/lembaga terkait.

Berikut ini adalah rincian kebutuhan data primer dan sekunder dalam penelitian ini

Tabel 5 Kebutuhan Data

No	Sasaran	Variabel	Indikator	Kebutuhan Data	Jenis Data	Unit Data	Sumber Data	Output
1	Mengevaluasi karakteristik biofisik di DAS Way Kuripan yang mempengaruhi proses erosi dan sedimentasi	Karakteristik Biofisik DAS	Topografi DAS Tutupan lahan Jenis tanah Kemiringan lereng Curah hujan Distribusi HRU	DEM Citra Landsat Peta tutupan lahan Peta jenis tanah Data curah hujan Lokasi stasiun hujan Hasil deliniasi DAS	Primer dan Sekunder	DAS dan HRU	NASA POWER, KLHK BIG, BBSDLP, Google Earth	Karakteristik biofisik DAS Way Kuripan
2	Mengevaluasi hasil pemodelan erosi di DAS Way Kuripan menggunakan QSWAT+	Erosi	Nilai erosi Tingkat Kelas Erosi	DEM Peta tutupan lahan Peta jenis tanah Peta kemiringan lereng Data curah hujan Data iklim pendukung Output QSWAT	Primer dan Sekunder	HRU dan DAS	Hasil pemodelan QSWAT	Peta dan nilai erosi serta hasil sedimen DAS Way Kuripan
3	Mengevaluasi hubungan spasial-temporal antara sedimentasi, debit sungai, dan perubahan tutupan lahan di DAS Way Kuripan	Sedimentasi, Debit Sungai, Tutupan Lahan	Nilai sediment yield (<i>sed_yield</i>) Debit sungai/aliran (<i>flo_out</i>) Perubahan tutupan lahan Perubahan luas tutupan lahan Nilai sedimentasi Nilai debit sungai Kecenderungan hubungan antar variabel	Output QSWAT bulanan Data morfologi saluran Data debit/aliran sungai bulanan	Hasil Analisis	Saluran sungai dan data bulanan	Hasil pemodelan, citra Landsat, dan hasil interpretasi	Hubungan sedimentasi dan debit sungai terhadap waktu Hubungan sedimentasi, debit sungai, dan perubahan tutupan lahan
4	Merancang arahan prioritas pengelolaan sedimentasi DAS Way Kuripan berdasarkan distribusi sedimen pada saluran sungai hasil pemodelan	Distribusi Sedimen Saluran Sungai	Nilai Distribusi Sedimen (<i>dep</i>) Segmen saluran sungai	<i>Output channel_sdmorph_mon</i> Data segmen saluran Data sedimen per saluran	Hasil Analisis	Saluran sungai	Hasil pemodelan QSWAT	Distribusi sedimen Sungai Way Kuripan

3.5 Analisis Data

Pada proses analisis data yang dilakukan terbagi menjadi beberapa tahapan, sebagai berikut :

1. Preparasi Data

a. *Digital Elevation Model (DEM)*

Data DEM merupakan input kunci dalam pemodelan SWAT+, karena memengaruhi deliniasi DAS, pembentukan jaringan sungai, kemiringan lahan, serta arah aliran air. DEM diperoleh dari DEMNAS Badan Informasi Geospasial (BIG) dengan resolusi spasial 8,23 m/px. Proses preparasi meliputi:

- Penggabungan tile DEM (*merge*)
- Penentuan sistem koordinat (*assign CRS*), *reprojection* ke EPSG:32749 (UTM Zone 48S)
- Pemotongan (*clip*) sesuai area studi.

Data DEM ini akan digunakan untuk mengekstrak batas DAS, menentukan titik outlet, serta memfasilitasi pembentukan *Hydrologic Response Unit (HRU)* untuk simulasi hidrologi yang lebih rinci. Pemrosesan ini memastikan akurasi spasial dan kesesuaian model dengan kondisi topografi nyata DAS Way Kuripan.

b. *Landuse (Tutupan Lahan)*

Data tutupan lahan diperoleh dari perpaduan data tutupan lahan BIG, KLHK, dan *GEarth*. Proses preparasi meliputi:

- Pemotongan *polygon* sesuai area studi
- Melakukan digitasi sesuai dengan interpretasi citra
- *Reclassify* ke kelas SWAT+ yang terdiri dari kategori *Plants* (tanaman) dan Urban (kawasan terbangun), serta pembuatan *lookup table* untuk HRU
- Konversi data *polygon* menjadi data *raster*

Tutupan lahan berperan penting dalam menentukan respons hidrologi terhadap curah hujan, termasuk infiltrasi, limpasan permukaan, evapotranspirasi, dan

erosi. Pemetaan tutupan lahan yang akurat memungkinkan model SWAT+ mensimulasikan pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap aliran air dan sedimentasi secara lebih realistis.

c. *Soil* (Jenis Tanah)

Data tanah diperoleh dari BBSDLP. Proses preparasi meliputi:

- Pemotongan (*clip*) data *shapefile* Jenis Tanah
- Penentuan sistem koordinat (*assign CRS*), *reprojection* ke EPSG:32749 (UTM Zone 48S)
- Konversi data *polygon* menjadi data raster
- Pembuatan *lookup table* untuk SWAT+
- Parameter tanah yang digunakan meliputi tekstur tanah, kedalaman lapisan, kapasitas infiltrasi, *bulk density*, kandungan bahan organik, serta titik layu.

Parameter ini berperan penting dalam simulasi aliran air, perkolasi, kelembaban tanah, dan erosi, sehingga menghasilkan estimasi distribusi air dan sedimentasi yang realistis dalam DAS.

d. *Climate* (Data Iklim)

Data iklim diperoleh dari *NASA POWER*, mencakup curah hujan, suhu maksimum dan minimum, kelembaban relatif, radiasi matahari, dan kecepatan angin. Data dapat dimasukkan melalui *Weather Station* (data aktual) atau *Weather Generator* (data sintetik). Data iklim memengaruhi aliran permukaan, evapotranspirasi, infiltrasi, dan dinamika *nutrien*. Penggunaan data iklim yang akurat penting untuk mereplikasi kondisi hidrologi nyata dan mendukung kalibrasi serta validasi model.

2. Pemodelan QSWAT+

a. Delineasi DAS

Delineasi DAS dilakukan menggunakan DEM dengan langkah-langkah sink filling, penentuan arah aliran (*flow direction*), akumulasi aliran (*flow accumulation*), dan penentuan titik outlet. Sub DAS ditentukan berdasarkan

akumulasi aliran untuk membagi DAS menjadi unit-unit yang lebih kecil, sehingga pembentukan HRU dapat dilakukan secara terstruktur. Proses ini sangat penting karena hasil deliniasi DAS memengaruhi perhitungan aliran permukaan, distribusi sedimen, dan transportasi nutrisi.

b. Pembentukan *Hydrologic Response Unit* (HRU)

HRU merupakan unit analisis terkecil dalam model QSWAT+, yang menggabungkan informasi *landuse*, *soil*, dan *slope bands* pada tiap sub DAS. Proses pembentukan HRU meliputi pemilihan kombinasi dominan penggunaan lahan, jenis tanah, dan kemiringan, serta filter berdasarkan luas minimum. Hal ini memastikan jumlah HRU optimal untuk simulasi, mengurangi kompleksitas model, namun tetap mempertahankan akurasi hidrologi. HRU memungkinkan analisis spasial yang lebih rinci dan prediksi dinamika aliran air serta sedimentasi yang lebih akurat.

c. Input Data Iklim

Data iklim diinput ke SWAT+ Editor melalui format *Two CSV files (Weather Generator)* atau SWAT 2012/Global Data Websites (*Weather Station*). Parameter simulasi meliputi periode simulasi, *warm-up period*, metode routing (Muskingum), dan metode *Penman-Monteith* untuk evapotranspirasi. Penentuan metode *routing* dan PET dipilih berdasarkan karakteristik DAS dan ketersediaan data meteorologi untuk memperoleh hasil simulasi yang paling akurat.

d. Output dan Visualisasi

Output model meliputi aliran sungai, sedimentasi, nutrisi, dan pertumbuhan tanaman. Visualisasi dilakukan menggunakan QSWAT+ *Visualization*, yang mencakup *static maps*, *animated maps*, *plots*, dan *post-processing*. Visualisasi ini memungkinkan analisis spasial dan temporal hasil simulasi, memudahkan interpretasi data, dan mendukung pembuatan rekomendasi pengelolaan sumber daya air serta mitigasi dampak lingkungan

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai hubungan spasial-temporal antara perubahan tutupan lahan dan akumulasi sedimen di DAS Way Kuripan menggunakan pemodelan QSWAT+, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik biofisik DAS Way Kuripan menunjukkan bahwa wilayah penelitian didominasi oleh tanah Kambisol Eutrik seluas 2.492,33 Ha atau 41,66%, diikuti Andosol Distrik sebesar 18,49% dan Kambisol Kromik sebesar 17,07%. Jenis tanah tersebut memiliki kerentanan erosi relatif tinggi, terutama apabila berada pada lereng curam dan mengalami gangguan tutupan vegetasi. Selain itu, luas wilayah dengan kemiringan curam hingga sangat curam mencapai 41,01% dari total DAS, sehingga karakteristik biofisik DAS Way Kuripan berpotensi mempercepat limpasan permukaan dan pembentukan sedimen.
2. Hasil pemodelan erosi menggunakan QSWAT+ berdasarkan Hydrological Response Unit menunjukkan bahwa tingkat bahaya erosi di DAS Way Kuripan masih didominasi oleh kelas sangat ringan, yaitu kurang dari 15 ton/ha/tahun. Pada tahun 2018, kelas erosi sangat ringan mencapai 5.291,71 ha atau 88,45% dari total DAS. Namun, luas kelas ini menurun menjadi 61,40% pada 2020, 69,55% pada 2022, dan 61,34% pada 2024. Penurunan proporsi kelas sangat ringan disertai peningkatan kelas erosi ringan dan sedang. Kondisi ini menunjukkan adanya penurunan kualitas lahan secara bertahap. Meskipun kelas erosi berat dan sangat berat memiliki luasan kecil, wilayah tersebut tetap perlu diperhatikan karena berpotensi menjadi sumber utama sedimen pada saat terjadi hujan berintensitas tinggi.
3. Hubungan spasial temporal antara sedimentasi, debit sungai, dan perubahan tutupan lahan menunjukkan bahwa sedimentasi di DAS Way Kuripan tidak hanya dikendalikan oleh debit sungai. Hasil analisis hubungan debit sungai

dan sedimentasi menghasilkan model $Q_s = 0,00207 Q_w^{0,633}$ dengan nilai R^2 sebesar 0,4094. Nilai tersebut menunjukkan hubungan yang lemah dan tidak linier. Artinya, debit sungai hanya menjelaskan sebagian variasi sedimentasi, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain seperti ketersediaan material sedimen, jenis tanah, kemiringan lereng, curah hujan, dan perubahan tutupan lahan. Data tutupan lahan menunjukkan bahwa Hutan Rimba menurun sebesar 5,08%, yaitu dari 14,20% pada 2018 menjadi 9,12% pada 2024. Sebaliknya, Perkebunan meningkat sebesar 22,39%, yaitu dari 35,30% menjadi 57,69%. Perubahan ini menunjukkan penurunan kualitas tutupan lahan yang dapat meningkatkan limpasan permukaan, erosi, dan suplai sedimen ke saluran sungai.

4. Distribusi sedimen pada saluran sungai DAS Way Kuripan menunjukkan pola yang tidak merata secara spasial dan temporal. Total distribusi sedimen kumulatif pada 37 saluran selama tahun pengamatan mencapai 685.914 ton. Tahun 2020 menjadi periode dengan distribusi sedimen tertinggi, yaitu 256.250 ton atau 37,36% dari total sedimen empat tahun pengamatan. Tahun 2022 mencatat 199.010 ton, tahun 2024 sebesar 172.929 ton, dan tahun 2018 menjadi yang terendah sebesar 57.725 ton. Secara temporal, bulan Desember menjadi periode puncak sedimentasi pada seluruh tahun pengamatan. Secara spasial, saluran cha29, cha23, cha09, dan cha16 menjadi segmen dominan yang menampung akumulasi sedimen terbesar. Oleh karena itu, arahan prioritas pengelolaan sedimentasi perlu difokuskan pada dua skala. Pada skala lahan, pengelolaan diarahkan pada konservasi tanah dan air di area dengan erosi sedang hingga sangat berat, terutama pada lahan berlereng curam, tanah Kambisol dan Andosol, serta area dengan tutupan vegetasi rendah. Pada skala saluran, penanganan diarahkan pada segmen prioritas cha29, cha23, cha09, dan cha16 melalui pengelolaan sedimen, stabilisasi tebing sungai, perlindungan sempadan sungai, dan penguatan vegetasi riparian.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian mengenai hubungan spasial-temporal antara perubahan tutupan lahan dan akumulasi sedimen di DAS Way Kuripan menggunakan pemodelan QSWAT+, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Pengelolaan DAS Way Kuripan perlu diarahkan pada area yang memiliki kerentanan erosi lebih tinggi. Prioritas utama perlu diberikan pada wilayah dengan lereng curam hingga sangat curam, jenis tanah Kambisol dan Andosol, serta tutupan vegetasi yang rendah. Area tersebut berpotensi menjadi sumber sedimen meskipun luasnya tidak selalu dominan. Oleh karena itu, pengelolaan berbasis lokasi prioritas lebih tepat dibandingkan pengelolaan yang dilakukan secara umum tanpa mempertimbangkan karakteristik biofisik DAS.
2. Pemerintah daerah dan instansi terkait perlu memperkuat penerapan konservasi tanah dan air pada wilayah hulu dan tengah DAS Way Kuripan. Upaya yang dapat dilakukan meliputi penanaman vegetasi penutup tanah, rehabilitasi lahan kritis, agroforestry, terasering pada lahan miring, pengolahan lahan mengikuti kontur, serta perlindungan sempadan sungai. Langkah tersebut penting untuk menekan limpasan permukaan, mengurangi erosi, dan menurunkan suplai sedimen ke saluran sungai.
3. Pengendalian perubahan tutupan lahan perlu dilakukan secara lebih ketat, terutama pada wilayah yang mengalami penurunan tutupan vegetasi alami. Penurunan luas Hutan Rimba dan peningkatan luas Perkebunan menunjukkan adanya perubahan kualitas tutupan lahan yang dapat memengaruhi proses erosi dan sedimentasi. Oleh karena itu, pengembangan lahan perkebunan, permukiman, dan kegiatan terbangun lainnya perlu disesuaikan dengan prinsip konservasi tanah dan tata ruang berbasis daya dukung DAS.
4. Pengelolaan sedimen pada saluran sungai perlu difokuskan pada segmen prioritas yang menunjukkan akumulasi sedimen tinggi. Segmen seperti

cha29, cha23, cha09, dan cha16 perlu menjadi perhatian utama dalam kegiatan pemantauan, normalisasi terbatas, stabilisasi tebing sungai, perlindungan vegetasi riparian, serta pengendalian material sedimen dari wilayah tangkapan di sekitarnya. Penanganan pada segmen prioritas akan lebih efektif dibandingkan pengerukan atau normalisasi sungai yang dilakukan secara merata pada seluruh saluran.

5. Sistem pemantauan debit, curah hujan, dan sedimen perlu ditingkatkan. Pengukuran sebaiknya dilakukan secara berkala, terutama pada musim hujan dan bulan puncak sedimentasi. Data debit sungai, konsentrasi sedimen tersuspensi, perubahan penampang sungai, dan kondisi tutupan lahan perlu dikumpulkan secara konsisten. Data lapangan yang lebih lengkap akan membantu meningkatkan akurasi model dan memperkuat dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan DAS Way Kuripan.
6. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan kalibrasi dan validasi model QSWAT+ menggunakan data observasi lapangan yang lebih detail. Data yang diperlukan meliputi debit harian, sedimen tersuspensi, data hujan harian, dan data perubahan tutupan lahan dengan resolusi yang lebih tinggi. Penelitian lanjutan juga dapat mengembangkan skenario perubahan tutupan lahan dan skenario konservasi untuk menilai strategi pengelolaan DAS yang paling efektif dalam menurunkan erosi dan akumulasi sedimen.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. (2010). *konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press.
- Achite, M., et al. (2025). Intercomparison of sediment transport curve and deep learning models in simulating sediment transport. *Environmental Earth Sciences*, 84, 55.
- Andualem, T. G., et al. (2024). Predicting suspended sediment transport in urbanised watersheds using sediment rating curves. *Hydrology*, 11(11), 196.
- Asdak, C. (2004). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Asdak, C. (2018). *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai (Edisi revisi)*. Gadjah Mada University Press.
- Asdak, C. (2023). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Edisi Revisi)*. Gadjah Mada University Press.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2024). *Analisis laju perubahan curah hujan tahunan di Indonesia*. BMKG.
- Bani, M. A. (2026). Pengaruh kemiringan lereng terhadap jenis tanah dan distribusi vegetasi di kebun teh Wonosari. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/400445611>.
- Banuwa, I. S. (2013). *Erosi*. Kencana Prenada Media Group. (Buku referensi utama mengenai mekanisme erosi dan sedimentasi di Indonesia oleh Guru Besar Unila).
- Banuwa, I. S. (2019). *Pengelolaan daerah aliran sungai*. Bandar Lampung: Universitas Lampung Press.
- Banuwa, I. S., Siregar, A. N., & Afandi. (2020). Evaluasi Laju Sedimentasi dan Arah Konservasi Tanah dan Air di DAS Provinsi Lampung. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 8(2), 245-258.
- Bungnaen. (2013). *Analisis Kinerja Embung Oelomin di Kabupaten Kupang*. Kupang: Universitas Nusa Cendana.
- Butler, D., & W. Davies, J. (2000). *Urban Drainage*. Spon Press.

- Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1988). *Applied Hydrology*. New York: McGraw Hill.
- Hardjowigeno, S., & Widiatmaka. (2015). *Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tata Guna Lahan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University.
- Harto, S. (1993). *Analisis Hidrologi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hidayat, R., & Ando, K. (2014). Variabilitas curah hujan Indonesia dan hubungannya dengan ENSO/IOD: Estimasi menggunakan data JRA-25/JCDAS. *Agromet*, 28(1), 1–8.
- Indarto. (2010). *Hidrologi*. Jember: Bumi Aksara.
- Indarto. (2018). *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Bumi Aksara.
- Julien, P. Y. (2010). *Erosion and sedimentation* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Kementerian PUPR. (2021). *Pedoman pengelolaan daerah aliran sungai di Indonesia*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Khankhoje, T., Boro, S., & Choudhury, P. (2025). River system sediment rating curve parameter estimation via integrated models. *International Journal of Sediment Research*.
- Khotimah, S. N. (2022). Penelusuran Banjir Pada DAS Way Kuripan Kota Bandar Lampung Menggunakan Perangkat Lunak Storm Water Management Model (SWMM). *Jurnal Profesi Insinyur (JPI)*, 96-101.
- Kiranaratri, A. H., Simamarta, N., & Hidayat, D. (2019). Analisis Potensi Bencana Banjir hilir Daerah Aliran Sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung. *Rekayasa Sipil / Vol. 13*, 147-152.
- Kusrini. (2011). Perubahan Penggunaan Lahan dan Faktor Yang Mempengaruhinya di Kecamatan Gunungpati Kota Semarang. *Majalah Geografi Indonesia*, 25-42.
- Muta'ali, L. (2012). *Daya Dukung Lingkungan Untuk Perencanaan Pengembangan Wilayah*. Yogyakarta: Badan Penerbit Fakultas Geografi (BPGF) Universitas.
- Naharuddin. (2020). *Konservasi Tanah dan Air*. Media Sains Indonesia.
- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J., & Williams, J. (2005). *SWAT Theoretical Documentation*.
- Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P., & Meusburger, K. (2025). Soil erosion risk in Europe: Impact of land cover and topography. *Journal of Environmental*

- Management, 272, 102-111.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.102152>
- Putra, S., Asdak, C., & Yusuro, M. A. (2023). Analisis Hubungan Debit Sungai dan Konsentrasi Sedimen Melalui Pendekatan Sediment Rating Curve di Wilayah Tropis. *Jurnal Hidrologi Indonesia*, 5(1), 12-25.
- Ridwan, M., Bisri, M., & Sholichin, M. (2021). Optimization of Sediment Rating Curve Parameters in Tropical Catchment Areas. *Journal of Water and Land Development*, 48(1-3), 88–95. <https://doi.org/10.24425/jwld.2021.136150>.
- Sari, P. T., & dkk. (2021). *Effect of Land Criticality on Nutrient Availability*. Jember: Earth and Environmental Science.
- Simarmata, N. (2024). Analisis kemiringan lereng dan konservasi tanah untuk mitigasi erosi di DAS Bengawan Solo. *Ejournal BRIN*, 18(2), 45-58. <https://ejournal.brin.go.id>.
- Sugandhy, A. (1999). *Penataan Ruang Dalam Penegelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Sunu, P. (2001). *Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 1400*. Jakarta: PT. Gramedia Widia Sarana Indonesia.
- Suripin. (2001). *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Syvitski, J. P. M., et al. (2022). River sediment flux and human impacts. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3, 179–194.
- Utomo, W. H. (1994). *Erosi dan Konservasi Tanah*. Malang: IKIP Malang.
- van Hamel, A., et al. (2025). Suspended sediment concentrations in Alpine rivers under extreme conditions. *EGU Sphere Preprints*.
- Van Hamel, A., et al. (2025). Suspended sediment concentrations under extreme hydrological conditions. *EGU Sphere Preprints*.
- Van Rafi'i, C. H., Kusumastuti, D. I., & Jokowinarno, D. (2013). Geospatial analysis of land use and land cover change in Way Kuripan watershed, Bandar Lampung City (Paper presented at 2nd International Conference on Engineering and Technology Development). Universitas Bandar Lampung.
- Wahyuni, S., & Syarifuddin, A. (2022). Karakteristik Angkutan Sedimen Suspensi pada Muara Sungai di Kawasan Pesisir Lampung. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 7(2), 115-128.

- Wischmeier, W., J. C., & Cross, B. (1971). A Soil Erodibility Nomograph for Farm Land and Construction Sites. Soil Water Conservation.
- Walling, D. E. (2023). The evolution of sediment transport research. *Hydrological Processes*, 37(2), e14867.
- Wheater, H., Sorooshian, S., & Sharma, K. D. (2022). *Hydrological modelling in arid and semi-arid areas*. Cambridge University Press.
- Yuwono, S. B. (2011). Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Terpadu. Universitas Lampung. (Materi fundamental mengenai degradasi biofisik DAS di wilayah tropis).
- Yuwono, S. B. (2017). Hidrologi terapan dan pengelolaan DAS. Universitas Lampung.
- Yuwono, S. B., & Banuwa, I. S. (2021). Dinamika Perubahan Penggunaan Lahan dan Dampaknya Terhadap Karakteristik Hidrologi DAS di Lampung. Prosiding Seminar Nasional Konservasi Tanah dan Air.