

**STRATEGI PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR UNTUK
KEBERLANJUTAN BENDUNGAN WAY SEKAMPUNG PROVINSI
LAMPUNG**

(DISERTASI)

Oleh

**IKROMI FAHMI
1930011004**



**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**STRATEGI PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR UNTUK
KEBERLANJUTAN BENDUNGAN WAY SEKAMPUNG PROVINSI
LAMPUNG**

Oleh

IKROMI FAHMI

DISERTASI

**sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
DOKTOR ILMU LINGKUNGAN**

pada

**Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan
Pascasarjana Multidisiplin Universitas Lampung**



**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

STRATEGI PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR UNTUK KEBERLANJUTAN BENDUNGAN WAY SEKAMPUNG PROVINSI LAMPUNG

Oleh

IKROMI FAHMI

Catchment area Bendungan Way Sekampung merupakan salah satu wilayah penting yang mendukung kebutuhan sumber daya air dan aktivitas ekonomi masyarakat sekitarnya. Kondisi ekosistem *catchment area* Bendungan Way Sekampung saat ini menunjukkan kerentanan yang signifikan akibat tekanan aktivitas manusia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi hidrologis, tingkat erosi, dan strategi pengelolaan berkelanjutan di *catchment area* Bendungan Way Sekampung, Provinsi Lampung. Wilayah penelitian merupakan bagian hilir dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Sekampung Hulu, tepatnya setelah outlet Bendungan Batutegi, dengan tutupan hutan yang sangat rendah (sekitar 2% dari total luas). Data debit air diperoleh dari selisih antara inflow Bendungan Way Sekampung dan outflow Bendungan Batutegi untuk memperoleh estimasi debit aktual pada wilayah penelitian. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis spasial (SIG) untuk pemetaan lahan, metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE) untuk menghitung tingkat erosi aktual, perhitungan tata air, serta analisis daya dukung daerah aliran sungai (DAS) berdasarkan Permenhut No. 61 Tahun 2014. Selain itu, analisis nilai ekonomi air dilakukan dengan perhitungan nilai ekonomi langsung dan pendekatan *Willingness to Pay* (WTP), sedangkan analisis kebijakan pengelolaan dilakukan melalui pendekatan deskriptif kualitatif berbasis empat (4) skenario konservasi (S1-S4) S-1 (*Eksisting*) menggambarkan kondisi saat ini dengan tutupan hutan 2%, S-2 (Hutan 30%) mensimulasikan rehabilitasi hutan hingga 30% dari luas *catchment area*, S-3 (KTA Teras Bangku) mengombinasikan rehabilitasi hutan 30% dengan konservasi tanah dan air (KTA) secara mekanis melalui pembuatan teras bangku pada lereng 15–45% dan S-4 (KTA *Alley Cropping*) mengombinasikan rehabilitasi hutan 30% dengan KTA vegetatif berupa pertanian lorong (*alley cropping*). Hasil penelitian menunjukkan persentase lahan kritis mencapai 29,69%, 41,56% tergolong agak kritis, 21,91% berpotensi menjadi kritis, dan hanya 6,84% yang masih dalam kondisi tidak kritis. Tingginya tingkat erosi aktual sebesar 141,55 ton/ha/tahun, dengan kontribusi

utama dari pertanian lahan kering campuran yang menjadi salah satu indikator degradasi lingkungan di kawasan ini. Selain itu, dominasi pertanian lahan kering campuran (89,6%) sebagai bentuk utama penggunaan lahan, serta terbatasnya vegetasi alami seperti hutan sekunder (hanya 1,85%), semakin mengurangi kemampuan DAS dalam menjaga stabilitas ekologis dan mengelola air. Koefisien aliran tahunan (KAT) sebesar 0,59 pada tahun 2022 dan 0,64 pada tahun 2023 ini menunjukkan potensi pengelolaan air yang perlu dioptimalkan, dan muatan sedimen sebesar 12,03 ton berpotensi mengganggu fungsi tata air. Analisis daya dukung DAS menunjukkan kategori buruk dengan nilai 129,25 yang mencerminkan tekanan berat akibat aktivitas manusia dan rendahnya penutupan vegetasi. Nilai ekonomi air dari Bendungan Way Sekampung mencapai Rp 264,5 miliar per tahun, dengan kontribusi terbesar dari irigasi pertanian (71,8%), diikuti PLTA (25%) , PDAM (3%), dan pariwisata (0,2 %) setelah mempertimbangkan WTP. Strategi pengelolaan berkelanjutan untuk *catchment area* Bendungan Way Sekampung melibatkan berbagai skenario rehabilitasi. S-1 menunjukkan tingkat erosi rata-rata 141,55 ton/ha/tahun. S-2 mampu menurunkan erosi menjadi 69,73 ton/ha/tahun melalui rehabilitasi intensif, sedangkan S-3, yang berfokus pada konservasi tanah dan air, menurunkan erosi menjadi 26,79 ton/ha/tahun. S-4 memberikan hasil terbaik dengan tingkat erosi hanya 19,9 ton/ha/tahun. Pendekatan kebijakan yang direkomendasikan berdasarkan penelitian ini adalah Skenario 4, dengan dukungan pendanaan berkelanjutan melalui mekanisme *Payment for Ecosystem Services* (PES), CSR, dan pajak lingkungan lokal. Kebijakan ini tidak hanya memperbaiki kondisi ekologi tetapi juga meningkatkan keterlibatan masyarakat dan sektor swasta dalam pengelolaan *catchment area* Bendungan Way Sekampung yang berkelanjutan.

Kata kunci: *Catchment area* Bendungan Way Sekampung, Erosi, Konservasi tanah, Nilai ekonomi air, Pengelolaan berkelanjutan.

ABSTRACT

WATER RESOURCE DEVELOPMENT STRATEGY FOR THE SUSTAINABILITY OF THE WAY SEKAMPUNG DAM, LAMPUNG PROVINCE

By

IKROMI FAHMI

The Way Sekampung Dam catchment area is an important area that supports the water resources needs and economic activities of the surrounding community. The current condition of the Way Sekampung Dam catchment area ecosystem shows significant vulnerability due to the pressure of human activities. This study aims to analyze the hydrological conditions, erosion levels, and sustainable management strategies in the Way Sekampung Dam catchment area, Lampung Province. The study area is the downstream part of the Sekampung Hulu Watershed, precisely after the Batutegi Dam outlet, with very low forest cover (approximately 2% of the total area). Water discharge data is obtained from the difference between the Way Sekampung Dam inflow and Batutegi Dam outflow to obtain an estimate of the actual discharge in the study area. This study uses a quantitative approach with spatial analysis methods (GIS) for land mapping, the Universal Soil Loss Equation (USLE) method to calculate the actual erosion rate, water management calculations, and analysis of the carrying capacity of the watershed based on Forestry Ministerial Regulation No. 61 of 2014. In addition, the analysis of the economic value of water was carried out by calculating the direct economic value and the Willingness to Pay (WTP) approach, while the analysis of management policies was carried out through a qualitative descriptive approach based on four (4) conservation scenarios (S1–S4): S-1 (Existing) describes the current condition with 2% forest cover, S-2 (Forest 30%) simulates forest rehabilitation up to 30% of the catchment area, S-3 soil and water conservation (SWC) Bench Terrace combines 30% forest rehabilitation with mechanical SWC through the creation of bench terraces on slopes of 15–45% and S-4 (SWC Alley Cropping) combines 30% forest rehabilitation with vegetative SWC in the form of alley cropping. The results of the study showed that the percentage of critical land reached 29.69%, 41.56% was classified as somewhat critical, 21.91% had the potential to become critical, and only 6.84% was still in a non-critical condition. The high actual erosion rate of 141.55 tons/ha/year, with the main contribution from mixed dryland agriculture, is

one indicator of environmental degradation in this area. In addition, the dominance of mixed dryland agriculture (89.6%) as the main form of land use, as well as limited natural vegetation such as secondary forests (only 1.85%), further reduce the watershed's ability to maintain ecological stability and manage water. The annual runoff coefficient (ARC) of 0.59 in 2022 and 0.64 in 2023 indicates the potential for water management that needs to be optimized, and the sediment load of 12.03 tons has the potential to disrupt the water system function. The watershed carrying capacity analysis shows a very poor category with a value of 130.5, reflecting heavy pressure from human activities and low vegetation cover. The economic value of water from the Way Sekampung Dam reaches IDR 264.5 billion per year, with the largest contribution from agricultural irrigation (71.8%), followed by hydroelectric power (25%), PDAM (3%), and tourism (0.2%) after considering WTP. The sustainable management strategy for the Way Sekampung Dam catchment area involves various rehabilitation scenarios. S-1 showed an average erosion rate of 141.55 tons/ha/year. S-2 was able to reduce erosion to 69.73 tons/ha/year through intensive rehabilitation, while S-3, which focused on soil and water conservation, reduced erosion to 26.79 tons/ha/year. S-4 produced the best results with an erosion rate of only 19.9 tons/ha/year. The recommended policy approach includes soil and water conservation as in Scenario 4, while supporting sustainable funding through Payment for Ecosystem Services (PES) mechanisms, CSR, and local environmental taxes. These policies not only improve ecological conditions but also increase community and private sector involvement in the sustainable management of the Way Sekampung Dam catchment area.

Keywords: Catchment area Way Sekampung Dam, Erosion, Soil conservation, Economic value of water, Sustainable management

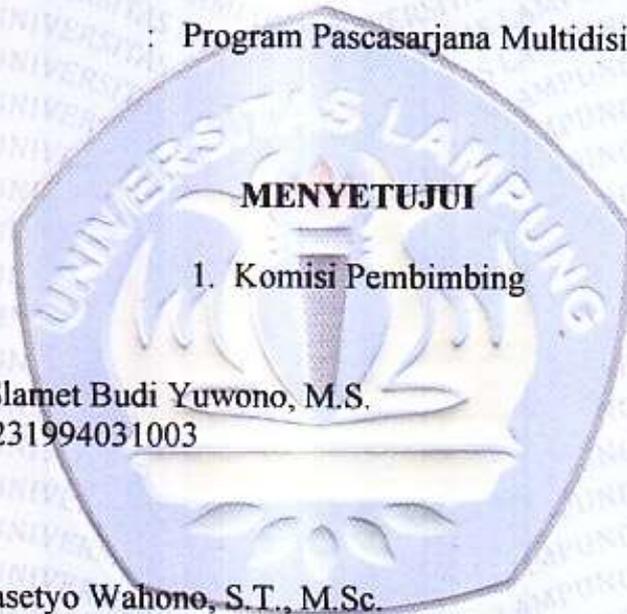
Judul Disertasi : **STRATEGI PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR UNTUK KEBERLANJUTAN BENDUNGAN WAY SEKAMPUNG PROVINSI LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Ikromi Fahmi**

Nomor Pokok Mahasiswa: 1930011004

Jurusan : Doktor Ilmu Lingkungan

Fakultas : Program Pascasarjana Multidisiplin



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

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

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

Dr. Ir. Abdullah Aman Damai, M.Si.
NIP. 196505011989021001

**2. Koordinator Studi Doktor Ilmu Lingkungan
Universitas Lampung**

Prof. Drs. Tugiyono, M.S., Ph. D
NIP. 196411191990031001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

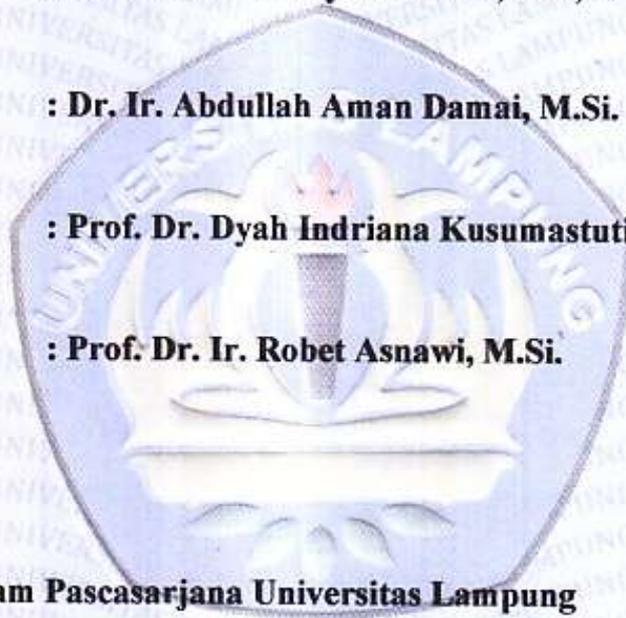
Promotor : **Prof. Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S.**

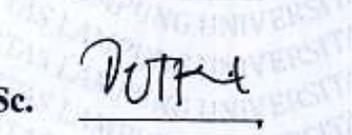
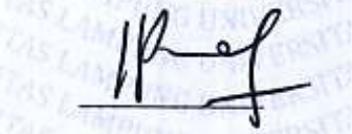
Co-Promotor 1 : **Dr. Endro Prasetyo Wahono, S.T., M.Sc.**

Co-Promotor 2 : **Dr. Ir. Abdullah Aman Damai, M.Si.**

Penguji Internal : **Prof. Dr. Dyah Indriana Kusumastuti, S.T., M.Sc.**

Penguji Eksternal : **Prof. Dr. Ir. Robet Asnawi, M.Si.**



2. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP. 196409261989021001

Tanggal Lulus Ujian Disertasi: 18 Desember 2025

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Disertasi dengan judul : **“STRATEGI PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR UNTUK KEBERLANJUTAN BENDUNGAN WAY SEKAMPUNG PROVINSI LAMPUNG”** adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya orang lain dengan cara yang tidak sesuai dengan etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarism.
2. Hak intelektual atas karya ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian 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, Desember 2025

Yang membuat pernyataan,



IKROMI FAHMI
NPM 1930011004

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Ikromi Fahmi, ST., MT., lahir di Metro pada tanggal 25 Desember 1981. Penulis merupakan anak ke-4 dari pasangan alm. Hi Ahmad Qausi Thaib dan almh. Hj. Siti Zubaidah. Penulis menikah dengan Dyah Rianita S., STP., M.Si. dan dikaruniai seorang putra bernama M. Alfarizi Saka. Dalam riwayat pendidikan formal, penulis menempuh beberapa jenjang pendidikan sebagai berikut:

1. Sekolah Dasar di SD Pertiwi Teladan Metro, lulus tahun 1994.
2. Sekolah Menengah Pertama di SLTP Negeri 1 Metro, lulus tahun 1997.
3. Sekolah Menengah Atas di SMU Negeri 1 Metro, jurusan IPA, lulus tahun 2000.
4. Pendidikan Sarjana (S-1) di Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, lulus tahun 2007.
5. Pendidikan Magister (S-2) di Program Magister Teknik Sipil, Universitas Lampung, lulus tahun 2015.

Selain pendidikan formal, penulis juga aktif mengikuti pendidikan dan pelatihan kepemimpinan, antara lain:

1. Diklat PIM IV di Badan Pengembangan SDM Daerah Provinsi Lampung, Angkatan I Tahun 2018.
2. Diklat PIM III di Pusat Pengembangan SDM Regional Bandung, Angkatan III Tahun 2022.
3. Program Profesi Insinyur di Universitas Lampung, tahun 2022.

Dalam perjalanan kariernya sebagai aparatur sipil negara, penulis telah mengabdikan diri di bidang infrastruktur, khususnya pada sektor pekerjaan umum dan penataan ruang. Sejak tahun 2010, penulis memulai karier sebagai Staf Seksi Peningkatan dan Pembangunan Jalan Jembatan, kemudian dipercaya menduduki berbagai jabatan struktural, di antaranya:

1. Kepala Seksi Energi dan Ketenagalistrikan (2014),

2. Kepala Seksi Peralatan dan Perbekalan (2016),
3. Kepala Seksi Peralatan dan Bina Teknik (2017),
4. Kepala Bidang Bina Marga (2020), dan
5. Sekretaris Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Pringsewu (sejak 2025 hingga sekarang).

Atas dedikasi dan pengabdianya, penulis menerima Tanda Kehormatan Satyalancana Karya Satya dari Lembaga Kepresidenan Republik Indonesia pada tahun 2020. Saat ini penulis menjabat sebagai Sekretaris Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Pringsewu, dengan pangkat Pembina IV/a, di lingkungan Pemerintah Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung.

SANWACANA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan disertasi dengan judul “***STRATEGI PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR UNTUK KEBERLANJUTAN BENDUNGAN WAY SEKAMPUNG PROVINSI LAMPUNG***” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor Ilmu Lingkungan di Universitas Lampung. Penulis menyadari bahwa disertasi ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terimakasih kepada.

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.IPM, ASEAN Eng., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. Candra Perbawati, S.H., M.H., selaku wakil Direktur Pascasarjana Bidang Akademik, Kemahasiswaan dan Alumni Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Fitra Dharma, S.E., M.Si. selaku Wakil Direktur Bidang Umum Universitas Lampung
5. Bapak Drs. Tugiyono, M.S., Ph. D., selaku Ketua Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana Multidisiplin Universitas Lampung yang telah memberikan masukan, saran dan kritik atas penyempurnaan penulisan Disertasi.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S, selaku Promotor utama penulis yang telah bersedia membimbing, mengarahkan, memberikan saran, masukan, waktu, serta tenaganya dalam proses menyelesaikan disertasi ini.
7. Bapak Dr. Endro Prasetyo Wahono, S.T., M.Sc., selaku Co-Promotor 1 yang telah memberikan arahan, nasihat, dukungan, serta motivasi dalam penulisan disertasi ini.

8. Bapak Dr. Ir. Abdullah Aman Damai, M.Si., selaku Co-Promotor 2 yang telah memberikan arahan, nasihat, dukungan, serta motivasi dalam penulisan disertasi ini.
9. Ibu Prof. Dr. Dyah Indriana Kusumastuti, S.T., M.Sc., selaku penguji internal yang memberikan arahan, masukan, saran membangun dalam menyempurnakan disertasi ini.
10. Bapak Prof. Dr. Ir. Robet Asnawi, M.Si., selaku penguji eksternal yang memberikan arahan, masukan, saran membangun dalam menyempurnakan disertasi ini.
11. Angkatan penulis Doktor Ilmu Lingkungan 2019.
12. Tim admin Doktor Ilmu Lingkungan dan Program Pascasarjana Universitas Lampung atas arahan, bantuan, dan segala macam keperluan penulis selama menjalani perkuliahan hingga wisuda penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan disertasi ini jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis akan menerima saran dan kritik yang bersifat membangun agar disertasi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak

Bandar Lampung, Desember 2025
Penulis

Ikromi Fahmi

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xix
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Kerangka Pemikiran	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	6
1.6. Novelty	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1. Daur Hidrologi	13
2.2. Daerah Aliran Sungai (DAS).....	14
2.2.1. Vegetasi	15
2.2.2. Tanah	16
2.2.3. Sungai	17
2.2.4. Manusia dan Seluruh Aktivitasnya	18
2.3. Monitoring dan Evaluasi Daerah Aliran Sungai (DAS) dengan Peraturan Menteri Kehutanan Nomor 61 Tahun 2014.....	19
2.4. Jasa Lingkungan Air Bendungan	21
2.5. Strategi Pengelolaan DAS Berkelanjutan	22
III. METODE PENELITIAN	25
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	26

	Halaman
3.3. Jenis, Sumber dan Kegunaan Data	27
3.4. Teknik Pengumpulan Data	29
3.5. Analisis Data	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	60
4.1. Kondisi Lahan DAS	60
4.1.1. Persentase Lahan Kritis	60
4.1.2. Penutupan Vegetasi.....	61
4.1.3. Indeks Erosi (IE).....	62
4.2. Kondisi Tata Air <i>Catchment area</i> Bendungan Way Sekampung	76
4.2.1. Koefisien Rezim Aliran (KRA)	81
4.2.2. Koefisien Aliran Tahunan (KAT).....	86
4.2.3 Muatan Sedimen (MS).....	89
4.2.4. Banjir	90
4.2.5. Indeks Penggunaan Air (IPA).....	91
4.3. Kondisi Sosial Ekonomi <i>Catchment area</i> Bendungan Way Sekampung .	97
4.3.1. Tekanan Penduduk terhadap Lalan.....	97
4.3.2. Tingkat Kesejahteraan Penduduk	99
4.3.3. Keberadaan dan Penegakkan Hukum	101
4.4. Investasi Bangunan pada <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung ..	103
4.4.1. Klasifikasi Kota	103
4.4.2. Bangunan Air.....	104
4.5. Pemanfaatan Ruang Wilayah.....	104
4.5.1. Kawasan Lindung	105
4.5.2. Kawasan Budidaya	106
4.6. Kondisi Daya Dukung <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung	107
4.7. Nilai Ekonomi Total (NET) Sumberdaya Air <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung	109
4.7.1. NAP (Nilai Air dari Pelanggan PDAM Way Sekampung).....	110
4.7.2. NAUT (Nilai Air untuk Usaha Tani, Khususnya Sawah)	112
4.7.3. NAL (Nilai Air untuk Pelanggan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)	114
4.7.4. NAW (Nilai Air untuk Wisata).....	115

4.7.5. Nilai Ekonomi Air <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung...	118
4.8. Nilai Kesiediaan Membayar (WTP) Biaya Rehabilitasi Hutan Pengguna Air <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung	120
4.8.1. Nilai Kesiediaan Membayar Biaya Rehabilitasi Hutan Konsumen Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM)	120
4.8.2. Nilai Kesiediaan Membayar Biaya Rehabilitasi Hutan Petani Padi sawah.....	121
4.8.3. Nilai Kesiediaan Membayar Biaya Rehabilitasi pengunjung Wisata.....	125
4.9. Nilai Ekonomi Total Sumberdaya Air <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung	127
4.10. Strategi Pengembangan Sumber Daya Air <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung	131
4.10.1. Rehabilitasi Hutan dan Lahan	132
4.10.2. Implementasi Konservasi Tanah dan Air	134
4.10.3. Pendugaan Erosi Skenario Pengembangan	136
4.10.4. Pendugaan Muatan Sedimen Skenario Pengembangan.....	140
4.10.5. Kebijakan Pengembangan Sumberdaya Air Berkelanjutan.....	142
4.10.6. Indikator Pembangunan Berkelanjutan	147
V. KESIMPULAN DAN SARAN	150
5.1. Kesimpulan	150
5.2. Saran	151
DAFTAR PUSTAKA	153
LAMPIRAN.....	160

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Aspek Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan DAS	20
2. Jenis, Sumber dan Kegunaan Data	28
3. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Lahan Kritis	32
4. Sub Kriteria, Bobot, Nilai, dan Klasifikasi Penutupan Vegetasi	33
5. Jenis Tanah dan Nilai Erodibilitas Tanah	34
6. Variasi Nilai C dan P untuk Berbagai Penutupan Lahan	36
7. Sub Kriteria, Bobot, Nilai, dan Klasifikasi Indeks Erosi	37
8. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Koefisien Rezim Aliran	38
9. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Koefisien Aliran Tahunan	39
10. Hubungan antara Luas DAS dengan Rasio Penghantaran Sedimen	41
11. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Muatan Sedimen	41
12. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Banjir	42
13. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Indeks Penggunaan Air	43
14. Sub Kriteria, Bobot, Nilai, dan Klasifikasi Tekanan Penduduk	44
15. Sub Kriteria, Bobot, Nilai, dan Klasifikasi Tingkat Kesejahteraan	45
16. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Keberadaan dan Penegakkan Aturan	45
17. Kriteria Kawasan Perkotaan berdasarkan Jumlah Penduduk	46
18. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Kota	46
19. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Nilai Bangunan Air	47
20. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi, Kawasan Lindung	48
21. Sub Kriteria, Bobot Nilai dan Klasifikasi Kawasan Budidaya	48
22. Bobot dari Nilai Parameter Tata Air untuk Analisis Kinerja DAS	50
23. Klasifikasi Kondisi Daya Dukung DAS (DDD)	51
24. Kekritisan Lahan <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung	60

	Halaman
25. Persentase Lahan Kritis <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung..	60
26. Klasifikasi Penutupan Lahan <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung	61
27. Penutupan Vegetasi DAS.....	62
28. Erosivitas Hujan.....	64
29. Jenis Tanah <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung.....	66
30. Klasifikasi Kelas Kelerengan <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung	68
31. Penutupan Lahan dan Nilai CP <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung	70
32. Erosi Aktual <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung	73
33. Tingkat Bahaya Erosi <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung.....	75
34. Data Debit <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung	79
35. Nilai KRA <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung	83
36. KAT <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung	87
37. Muatan Sedimen <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung	90
38. Frekuensi Banjir <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung.....	91
39. Rincian Kebutuhan Air	93
40. Ketersediaan Air	94
41. Indeks Penggunaan Air DAS	95
42. Indeks Tekanan Penduduk <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung.....	98
43. Kesejahteraan Penduduk <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung	99
44. Keberadaan dan Penegakkan Aturan di <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung	101
45. Kriteria Kawasan Perkotaan berdasarkan Jumlah Penduduk.....	103
46. Klasifikasi Kota <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung	103
47. Klasifikasi Nilai Bangunan Air <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung	104
48. Klasifikasi Kawasan Lindung (KL) <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung.....	105
49. Klasifikasi Kawasan Budidaya (KB) <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung.....	106

50. Kondisi Daya Dukung <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung ...	107
51. Nilai Ekonomi Air Pelanggan PDAM Bendungan Way Sekampung.....	111
52. Nilai Ekonomi Air Irigasi DI Sekampung	112
53. Nilai Ekonomi Air Irigasi Bendungan Way Sekampung	114
54. Nilai Air untuk PLTA	114
55. Nilai Ekonomi Air untuk Wisata	116
56. Nilai Ekonomi Air <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung.....	118
57. Nilai Kesiediaan Membayar Biaya Rehabilitasi Hutan Konsumen Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM)	120
58. Nilai Kesiediaan Membayar Biaya Rehabilitasi Hutan Petani Padi Sawah	122
59. Total WTP Pengguna Air Irigasi Bendungan Way Sekampung.....	123
60. Nilai Kesiediaan Membayar Biaya Rehabilitasi Hutan Pengunjung Wisata.	125
61. Nilai Ekonomi Total <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung.....	128
62. Penggunaan Lahan DAS Kondisi Eksisting dan Skenario RHL.	133
63. Implementasi Tindakan Konservasi Tanah dan Air (KTA)	135
64. Pendugaan Erosi Berdasarkan Skenario Pengembangan	137
65. Tingkat Bahaya Erosi Skenario Pengembangan Pada <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung.....	139
66. Muatan Sedimen berdasarkan Skenario Pengembangan	141
67. Rincian Pembiayaan	143
68. Implementasi Skenario Pengembangan Pengelolaan DAS	143
69. Progres Tindakan KTA	145
70. Rekomendasi Kebijakan dan Mekanisme Pendanaan.....	146

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pemikiran	5
2. <i>Network Visualization</i>	7
3. <i>Overlay Visualization</i>	8
4. <i>Density Visualization</i>	9
5. <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung.....	25
6. Peta Erosivitas Hujan <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung.	63
7. Peta Erodibilitas Tanah <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung ..	66
8. Peta Kelas Kelerengan <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung ...	69
9. Peta Penutupan Lahan <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung....	71
10. Peta Erosi Kondisi Eksisting <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung	75
11. Debit rata-rata harian <i>Catchment Area</i> Bendungan Way Sekampung.....	77
12. Debit Minimum dan Maksimum Bulanan	81
13. Tingkat Bahaya Erosi Skenario Pengembangan	138

I. PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Upaya adaptasi dan mitigasi perencanaan sumber daya air merupakan salah satu bentuk konservasi sumber daya air agar ketersediaan air dapat dimanfaatkan secara optimal dan berkelanjutan dengan tujuan mencegah bencana banjir, kekeringan, erosi, sedimentasi, serta kerusakan Daerah Aliran Sungai (DAS) sehingga pada akhirnya mampu memberikan kesejahteraan bagi masyarakat. Konsep ini sejalan dengan prinsip konservasi air, yaitu pemanfaatan air hujan yang jatuh ke permukaan tanah secara seefisien mungkin dengan pengaturan waktu aliran yang tepat sehingga tidak menimbulkan banjir pada musim hujan dan tetap tersedia cukup air pada musim kemarau (Arsyad, 2000). Dalam konteks global, pengelolaan sumber daya air yang adaptif dan mitigatif juga menjadi bagian penting dari agenda pembangunan berkelanjutan melalui *Sustainable Development Goals* (SDGs), terutama SDG 6 (*Clean Water and Sanitation*) yang menekankan pengelolaan air terpadu dan perlindungan ekosistem perairan, SDG 13 (*Climate Action*) terkait pengurangan risiko hidrometeorologi, serta SDG 15 (*Life on Land*) yang menekankan konservasi tanah dan pemulihan degradasi lahan.

Dari sisi kebijakan nasional, pengelolaan sumber daya air telah diatur dalam Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, yang menegaskan bahwa air merupakan hak rakyat dan dikuasai oleh negara untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat melalui asas keberlanjutan, konservasi, keseimbangan, dan pelestarian fungsi lingkungan. UU tersebut juga menekankan pentingnya pengelolaan sumber daya air secara terpadu mulai dari perencanaan, pemanfaatan, pengendalian daya rusak air, konservasi, hingga pendanaan pengelolaannya. Oleh karena itu, keberadaan bendungan sebagai infrastruktur penyedia air menjadi instrumen strategis dalam mendukung amanat UU tersebut

sekaligus berkontribusi terhadap pencapaian beberapa target SDGs, khususnya terkait ketahanan air, energi bersih (*clean energy*), dan pembangunan wilayah berkelanjutan.

Bendungan adalah salah satu wujud nyata konservasi sumber daya air yang memiliki fleksibilitas pengelolaan terutama pada wilayah hulu DAS, karena daerah tersebut merupakan kawasan penerima, penampung, dan penyalur utama aliran air bagi wilayah hilir. Bendungan Way Sekampung yang memiliki kapasitas tampungan ± 46 juta m^3 berlokasi di Pekon Bumi Ratu, Kecamatan Pagelaran, Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung, telah diselesaikan pembangunannya dan diresmikan pada tahun 2021 dengan total investasi sekitar Rp 1,78 triliun selama enam tahun pembangunan. Bendungan ini berada di antara Bendungan Batu Tegi dan Bendung Argoguruh dengan jarak 30 km dari hilir Bendungan Batu Tegi, dan memiliki luas genangan sekitar 800 hektar sepanjang 22 km dengan kedalaman 40 m serta elevasi normal 120 m. Keberadaannya berfungsi mendukung mitigasi bencana lingkungan sekaligus menjamin ketersediaan air untuk Daerah Irigasi Sekampung seluas ± 56.000 ha (BBWS-MS, 2010), pengembangan DI Rumbia ± 17.334 ha, penyediaan air baku PDAM Metro 200 l/det, PDAM Bandar Lampung 2000 l/det, PDAM Branti 50 l/det, pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTM) 5,4 MW, serta pariwisata air. Dalam kerangka SDGs, fungsi multipurpose tersebut mendukung SDG 2 (*Zero Hunger*) melalui ketahanan pangan berbasis irigasi, dan SDG 7 (*Affordable and Clean Energy*) melalui suplai energi terbarukan dari PLTM.

Namun, pembangunan Bendungan Way Sekampung juga memicu perubahan tata guna lahan pada DAS sekitarnya, dari perkebunan campuran menjadi pemukiman dan pusat wisata air. Perubahan ini meningkatkan interaksi masyarakat terhadap sumber daya bendungan, yang berdampak pada penurunan kualitas ekosistem DAS, terutama penurunan kemampuan tanah dalam melakukan infiltrasi. Kondisi tersebut meningkatkan limpasan permukaan yang berpotensi menyebabkan erosi, peningkatan sedimen, serta banjir pada saat curah hujan tinggi. Semakin rusaknya penutupan lahan menyebabkan sebagian besar air hujan berubah menjadi limpasan permukaan (Pratama & Yuwono, 2016), yang pada akhirnya meningkatkan sedimentasi pada tampungan bendungan. Permasalahan tersebut

dapat menghambat pencapaian target SDGs, khususnya SDG 15 terkait degradasi lahan dan SDG 13 terkait peningkatan risiko bencana iklim.

Gejala seperti erosi, sedimentasi, penurunan vegetasi DAS, dan degradasi lahan pada *catchment area* jika dibiarkan terus berlangsung, maka fungsi dan manfaat Bendungan Way Sekampung dalam jangka panjang akan terancam. Oleh karena itu diperlukan pendekatan analitis untuk menilai perubahan kondisi daya dukung DAS terhadap keberlanjutan bendungan, sesuai dengan Permenhut No. 61/Menhut-II/2014 tentang Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, yang mencakup penilaian aspek biofisik, sosial-ekonomi, dan lingkungan. Hasil evaluasi kemudian digunakan untuk menentukan model strategi pengelolaan DAS melalui pemetaan, analisis dinamika DAS, hingga pengambilan keputusan kebijakan berbasis sistem pendukung keputusan dan pemodelan GIS. Pendekatan ini juga mendukung implementasi *Integrated Water Resources Management* (IWRM) yang menjadi salah satu indikator utama pencapaian SDG 6.5.

Selain aspek teknis, keberlanjutan fungsi bendungan membutuhkan dukungan pendanaan yang memadai baik dari pemerintah maupun pemanfaat jasa lingkungan. Masyarakat yang memperoleh manfaat dari jasa air, seperti air baku, irigasi, energi listrik, dan pariwisata, dapat berkontribusi melalui mekanisme imbal jasa lingkungan (*PES/Payment for Environmental Services*). Dana tersebut dapat digunakan untuk pemeliharaan, perlindungan kawasan tangkapan air, dan penguatan tata kelola sumber daya air secara berkelanjutan sesuai amanat UU No. 17 Tahun 2019, sekaligus memperkuat pencapaian target SDGs, khususnya melalui skema kolaboratif pendanaan lingkungan yang menekankan prinsip keberlanjutan dan keadilan.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang ada, maka dapat dirumuskan beberapa hal sebagai berikut.

1. Bagaimanakah kondisi lingkungan daerah tangkapan (*catchment area*) Bendungan Way Sekampung.
2. Bagaimana manfaat ekonomi dari keberadaan Bendungan Way Sekampung melalui jasa lingkungan.
3. Bagaimana strategi menjaga keberlanjutan Bendungan Way Sekampung.

1.3 Tujuan Penelitian

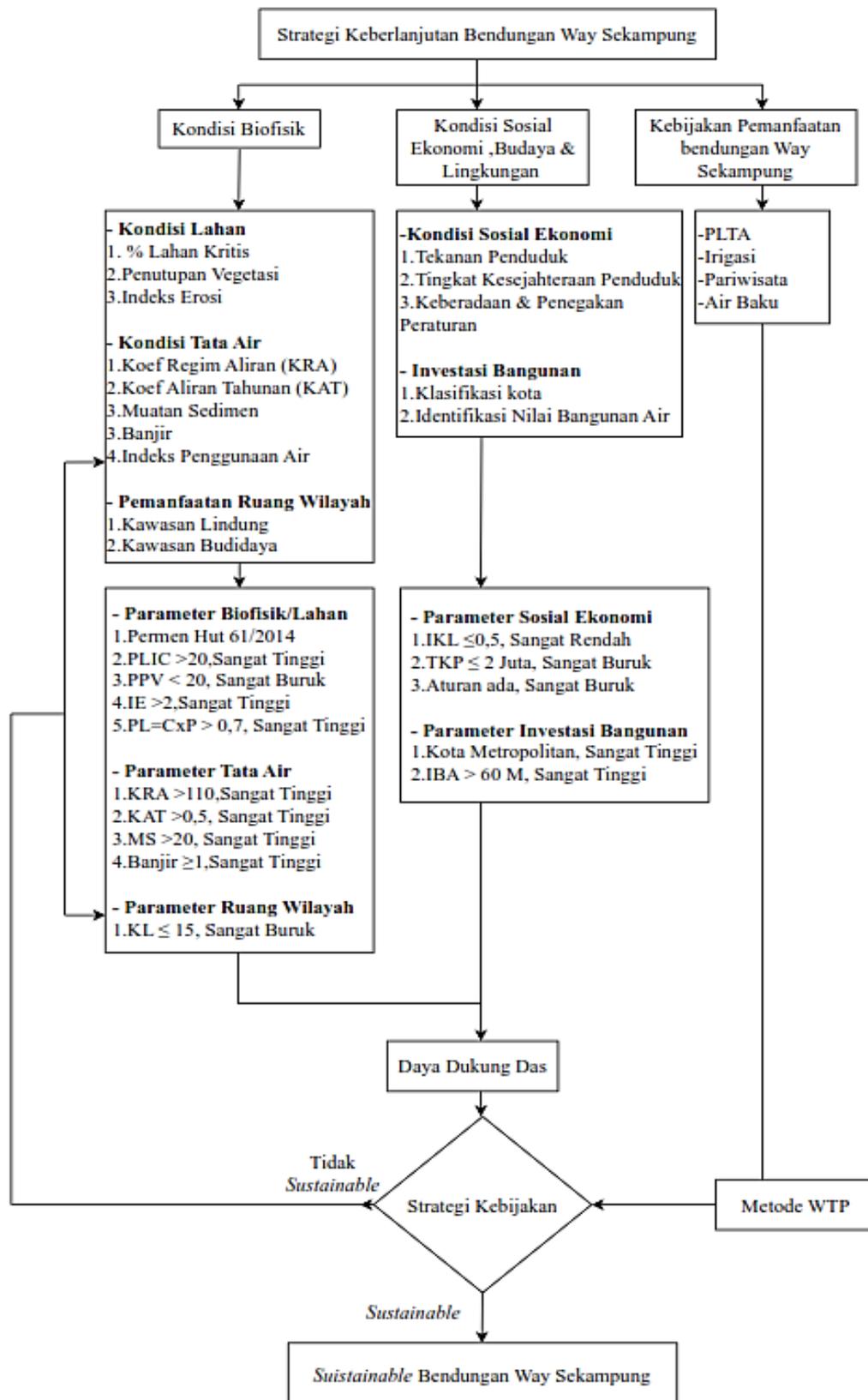
Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Identifikasi kondisi biofisik, kondisi sosial ekonomi dan budaya *catchment area* Bendungan Way Sekampung.
2. Menganalisis dan menghitung nilai ekonomi jasa lingkungan dari Bendungan Way Sekampung.
3. Menyusun strategi kebijakan pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) agar Bendungan Way Sekampung *sustainable*.

1.4 Kerangka Pemikiran

Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Bendungan Way Sekampung dilakukan dengan memadukan kepentingan konservasi tanah dan air dengan pemanfaatan fungsi bendungan melalui sistem jasa lingkungan. Konservasi air dan tanah yang diharapkan dapat membuat keberlanjutan bendungan dalam DAS dapat termanfaatkan bagi masyarakat yang menerima dampaknya, maka diperlukan perencanaan dan pembangunan DAS secara cermat dan seksama. Hal ini dapat dilaksanakan dengan beberapa langkah tahapan strategi perencanaan penataan lahan yang mempertimbangkan evaluasi faktor – faktor parameter yang berkaitan dengan kondisi daya dukung DAS Bendungan Way Sekampung dengan pemanfaatan air tampungan bendungan untuk kepentingan masyarakat dengan dengan mekanisme jasa lingkungan.

Dengan penerapan strategi tersebut di atas diharapkan dapat menjamin keberlanjutan bendungan dalam suatu daerah aliran sungai.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran.

1.5 Manfaat Penelitian

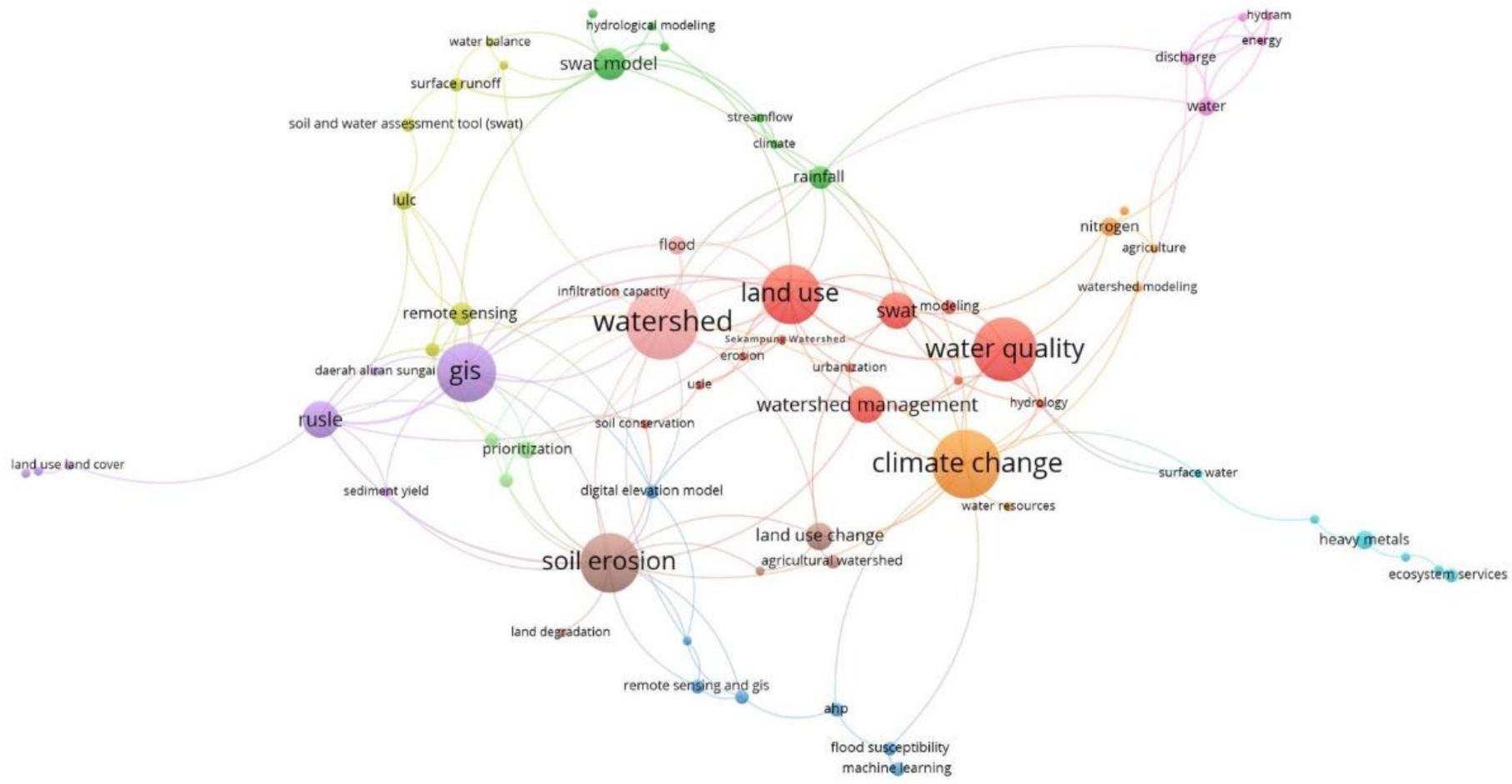
Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1 Sebagai bahan kajian untuk membantu Balai Besar Wilayahh Mesuji Sekampung dalam mengambil kebijakan keberlanjutan pemanfaatan Bendungan Way Sekampung
- 2 Pedoman bagi pemerintah daerah dalam mengambil kebijakan publik dalam mengatur pemanfaatan dan pengembangan kawasan Bendungan Way Sekampung agar memberi kesejahteraan bagi masyarakat sekitarnya.
- 3 Memberikan manfaat langsung bagi petani dan masyarakat pengguna air, berupa informasi berbasis ilmiah mengenai kondisi sumber daya air dan daerah tangkapan, sehingga dapat mendorong penguatan praktik pertanian berkelanjutan, peningkatan produktivitas lahan irigasi, dan perlindungan sumber mata air untuk keberlanjutan penghidupan masyarakat secara jangka panjang.

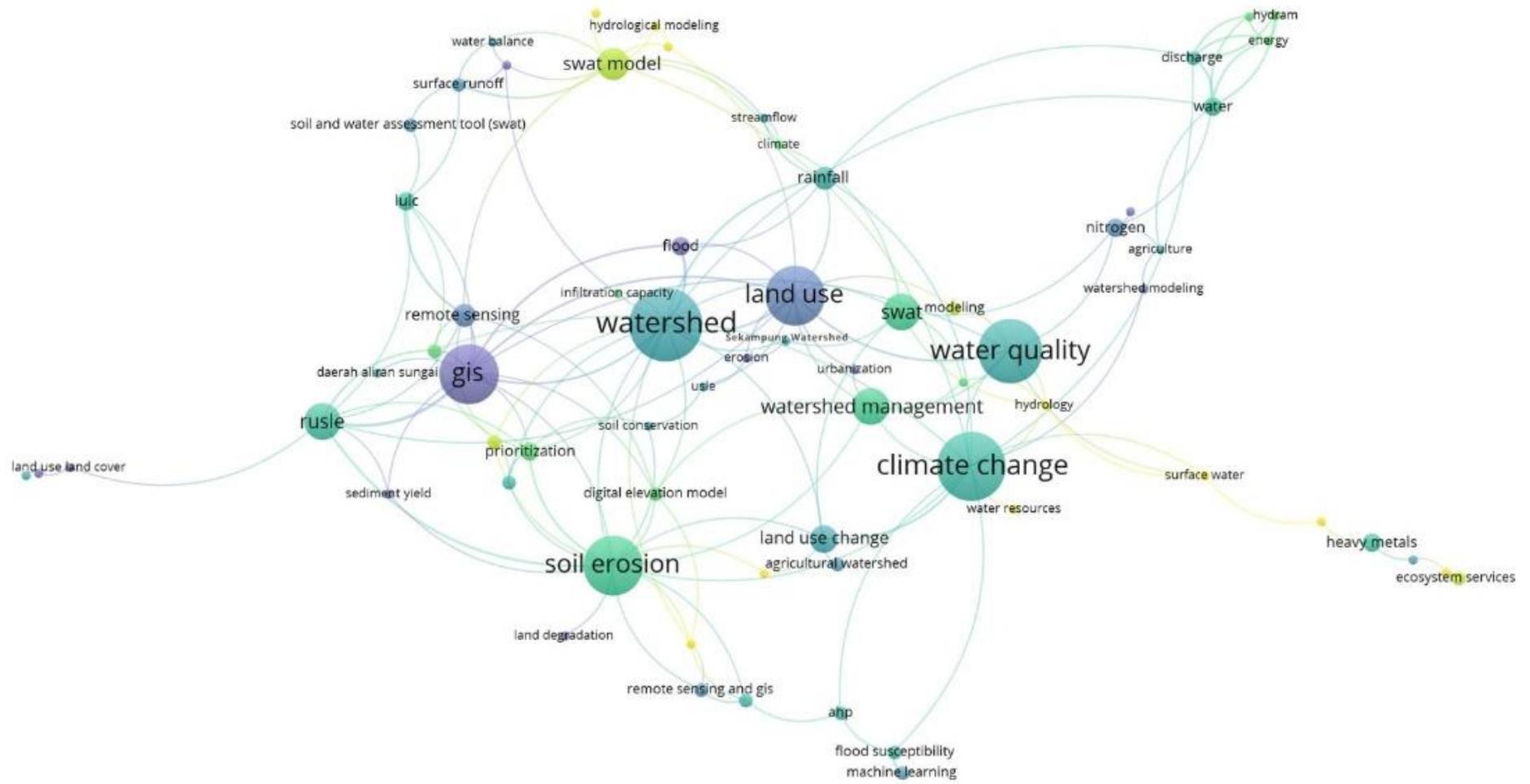
1.6 Novelty

Penelitian ini menawarkan pendekatan yang komprehensif dan multidisipliner dalam merumuskan strategi pengembangan sumber daya air untuk keberlanjutan Bendungan Way Sekampung di Provinsi Lampung, yang belum pernah dilakukan secara menyeluruh sebelumnya. Fokus utama penelitian ini adalah pada tiga pilar strategis yang saling terintegrasi: (1) analisis daya dukung daerah aliran sungai (DAS), (2) valuasi ekonomi air, dan (3) penyusunan strategi kebijakan pengelolaan DAS berbasis keberlanjutan.

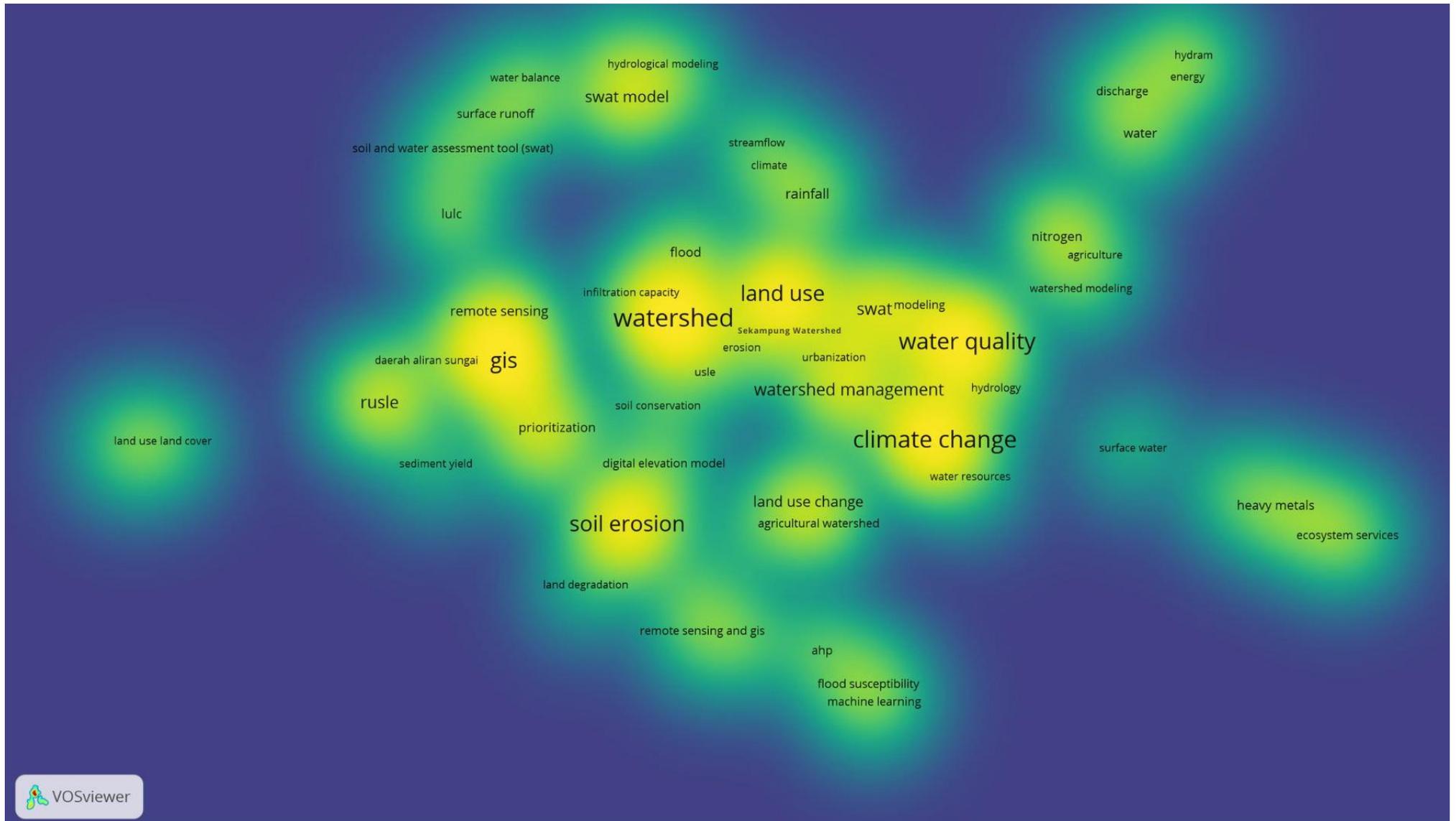
Pada penelitian ini novelty berdasarkan analisis bibliometrik menggunakan VOSviewer sebagai berikut



Gambar 2. Network Visualization.



Gambar 3. *Overlay Visualization.*



Gambar 4. *Density Visualization.*

Berdasarkan visualisasi bibliometrik yang dilampirkan (dari VOSviewer), dapat ditarik beberapa poin kebaruan (*novelty*) untuk mendukung penelitian dengan judul "Strategi Pengembangan Sumber Daya Air untuk Keberlanjutan Bendungan Way Sekampung Provinsi Lampung", khususnya dalam konteks analisis kondisi daya dukung DAS, nilai ekonomi air, dan kebijakan pengembangan *catchment area*.

1. Integrasi Pendekatan Multidisipliner dalam Pengelolaan DAS

Visual menunjukkan keterkaitan erat antara watershed, land use, climate change, dan water quality. Penelitian Anda menawarkan pendekatan yang menggabungkan analisis biofisik (seperti erosi, kualitas air, dan penggunaan lahan) dengan aspek ekonomi dan kebijakan, yang belum banyak dilakukan secara terpadu dalam studi-studi sebelumnya.

2. Penekanan pada Nilai Ekonomi Air sebagai Variabel Strategis

Dalam jaringan kata kunci, aspek *economic valuation of water* tampak tidak dominan. Hal ini menunjukkan peluang kebaruan: pendekatan Anda yang memasukkan nilai ekonomi air dalam konteks keberlanjutan bendungan dapat mengisi gap riset ini.

3. Fokus Lokal yang Spesifik: Bendungan Way Sekampung

Penelitian yang menggabungkan remote sensing, GIS, dan model-model seperti SWAT atau USLE umumnya bersifat global atau nasional. Fokus pada bendungan spesifik di Provinsi Lampung dengan konteks sosial-ekonomi lokal menambah kontribusi keilmuan berbasis lokasi (*place-based approach*).

4. Kebijakan Pengembangan *catchment area* yang Berkelanjutan

Kata kunci seperti watershed management dan prioritization cukup kuat dalam jaringan, tetapi belum banyak yang mengaitkan dengan policy integration. Penelitian Anda menambahkan nilai dengan menyusun strategi kebijakan berbasis data ilmiah dan kondisi aktual di lapangan.

5. Pendekatan Evaluatif terhadap Daya Dukung DAS

Penelitian Anda menekankan evaluasi daya dukung biofisik dan ekonomi DAS yang mendukung keberlanjutan bendungan. Ini belum banyak ditemukan dalam kombinasi langsung, terutama yang memadukan *soil erosion risk*, *land*

degradation, dan *hydrological modeling* sebagai dasar pengambilan keputusan strategis.

Sejauh ini, berbagai studi tentang pengelolaan bendungan di Indonesia telah dilakukan, namun sebagian besar bersifat parsial dan tidak mencakup pendekatan terpadu sebagaimana ditawarkan dalam penelitian ini. Misalnya, studi oleh Winarso *et al.* (2020) di Bendungan Jatigede hanya menyoroti dampak sosial-ekonomi pembangunan bendungan tanpa menelaah aspek ekologis DAS secara menyeluruh. Sementara itu, penelitian oleh Hidayat *et al.* (2021) pada Bendungan Wonogiri lebih menekankan pada sedimentasi dan degradasi kualitas air, tanpa mengintegrasikan penilaian ekonomi air maupun formulasi kebijakan jangka menengah yang berbasis skenario keberlanjutan. Penelitian lain oleh Suprayogi (2019) di DAS Citarum lebih fokus pada pemetaan erosi dan degradasi lahan, tanpa mengaitkannya secara langsung dengan keberlanjutan fungsi bendungan hilirnya.

Hingga saat ini, belum ditemukan satupun penelitian yang secara spesifik mengkaji daya dukung lingkungan DAS Sekampung Hulu (khususnya *catchment area* Bendungan Way Sekampung) secara terukur, baik dari sisi biofisik (jenis tanah, kemiringan lereng, curah hujan, erodibilitas) maupun dari sisi tekanan antropogenik seperti alih fungsi lahan dan degradasi vegetasi penyangga. Padahal, DAS ini merupakan elemen kunci dalam keberlanjutan operasional Bendungan Way Sekampung yang berfungsi strategis sebagai penyedia air irigasi, air baku, dan pengendali banjir bagi wilayah Lampung Tengah, Pringsewu, dan sekitarnya.

Selain itu, belum ada penelitian yang menghitung nilai ekonomi air (*water economic valuation*) di Bendungan Way Sekampung dengan mempertimbangkan berbagai fungsi air, baik langsung (irigasi, air minum, PLTA) maupun tidak langsung (jasa ekosistem, stabilisasi iklim mikro, perlindungan keanekaragaman hayati). Padahal pendekatan ini telah banyak digunakan di luar negeri sebagai dasar perencanaan konservasi dan investasi jangka panjang (misalnya oleh UNESCO-IHE dan FAO), dan di Indonesia mulai diterapkan secara terbatas, seperti di Danau Toba (Simanjuntak *et al.*, 2020) dan Waduk Gajah Mungkur (Setyowati *et al.*, 2021), namun belum pernah dilakukan di Way Sekampung.

Lebih penting lagi, belum ditemukan adanya kajian kebijakan pengelolaan DAS Sekampung Hulu yang bersifat strategis dan berbasis data ilmiah untuk

mendukung keberlanjutan Bendungan Way Sekampung. Rencana strategis yang ada selama ini masih bersifat administratif dan tidak berbasis pada kajian kapasitas dukung ekologis maupun efisiensi ekonomi pemanfaatan air. Hal ini menjadikan penelitian ini sangat penting dilakukan, karena dapat memberikan kontribusi ilmiah dan praktis yang baru dalam penyusunan kebijakan pengelolaan DAS secara adaptif dan berkelanjutan, khususnya untuk mendukung daya tahan dan fungsi jangka panjang Bendungan Way Sekampung sebagai infrastruktur vital sumber daya air di Provinsi Lampung.

Dengan demikian, penelitian ini menjadi studi pertama yang secara sistematis mengintegrasikan kajian daya dukung lingkungan, valuasi ekonomi air, dan strategi kebijakan adaptif berbasis keberlanjutan untuk konteks DAS Sekampung Hulu dan Bendungan Way Sekampung. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam perencanaan pengelolaan sumber daya air dan DAS yang lebih bijaksana dan berorientasi jangka panjang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daur Hidrologi

Menurut Asdak (2010) menjelaskan bahwa dalam siklus hidrologi, energi panas matahari bersama faktor iklim lain memicu proses penguapan pada permukaan vegetasi, tanah, laut, maupun badan air lainnya. Uap air hasil evaporasi kemudian terbawa angin melewati wilayah pegunungan maupun dataran, dan jika kondisi atmosfer mendukung, sebagian uap tersebut mengalami kondensasi dan turun sebagai hujan. Sebelum mencapai tanah, air hujan sebagian tertahan oleh kanopi vegetasi. Siklus hidrologi juga dapat dipahami lebih luas dengan memasukkan pergerakan sedimen, unsur hara, serta biota terlarut, sehingga konsep ini dapat dimanfaatkan sebagai kerangka analisis dalam perencanaan dan evaluasi pengelolaan DAS. Hujan yang masuk ke sistem hidrologi sampai ke permukaan tanah melalui beberapa jalur, yaitu air lolos (*throughfall*), aliran batang, maupun hujan langsung. Selanjutnya, air terbagi menjadi limpasan, evaporasi, dan infiltrasi. Proses gabungan penguapan langsung dan intersepsi dikenal sebagai evapotranspirasi. Sementara itu, air resapan dan drainase yang mencapai sungai akan membentuk aliran (debit). Dengan demikian, siklus hidrologi merepresentasikan sirkulasi air dari atmosfer ke bumi dan kembali lagi ke atmosfer.

Sejalan dengan itu, Tchakerian (2015) menegaskan bahwa inti dari ilmu hidrologi adalah siklus hidrologi yang berlangsung pada berbagai skala ruang dan waktu. Secara global, siklus ini merupakan proses berkesinambungan yang menghubungkan air di atmosfer, daratan, dan lautan. Perpindahan air terjadi melalui tiga fase utama: fase gas berupa evaporasi dan kondensasi, fase cair berupa hujan, serta fase padat berupa salju.

2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai adalah daratan yang dipisahkan secara topografik wilayah dengan punggung gunung yang berfungsi menampung dan menyimpan air hujan yang selanjutnya disalurkan melalui sungai utama menuju ke laut. (UU No 17 tahun 2019 tentang SDA). DAS mengalami perubahan meliputi kerusakan dan degradasi lahan seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk yang tinggal didalamnya dalam memenuhi kebutuhan hidup akan air dan lahan untuk peningkatan kondisi sosial ekonomi. Perubahan ini nampak terlihat pada aspek biofisik ataupun kerusakan air. Tanda adanya kerusakan DAS dapat terlihat dengan penyusutan wilayah hutan dan kerusakan lahan terutama Kawasan lindung di sekitar DAS, termasuk peningkatan erosi lahan (Banuwa, 2019). Kerusakan ini menyebabkan permasalahan banjir di musim hujan dan kekeringan di musim kemarau sehingga terjadi fluktuasi debit, erosi dan sedimentasi yang membutuhkan upaya adaptasi dan mitigasi perencanaan sumber daya air melalui pengelolaan DAS secara berkelanjutan.

Pengelolaan DAS secara berkelanjutan merupakan langkah kita manusia dalam bertindak mengatur hubungan 2 arah antara sumberdaya alam dengan manusia di dalam DAS sehingga terjaga kelestarian ekosistem untuk menghasilkan barang dan jasa yang cukup berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan masa kini dan generasi masa depan (Edward, 2015). Sumberdaya tanah dan air adalah komponen penting dalam pengelolaan DAS, selain dari iklim, vegetasi, relief dan manusia yang diperlukan untuk mengatur hubungan timbal balik antara sumber daya alam yang terdapat di dalam DAS dan manusia.

Saat mempelajari ekosistem Daerah Aliran Sungai (DAS), DAS biasanya dibagi menjadi hulu, tengah, dan hilir. Secara biogeofisik, bagian hulu DAS dicirikan : merupakan daerah tampungan, dengan kerapatan pengaliran yang lebih tinggi, daerah dengan kemiringan yang tinggi (lebih dari 15%), tidak ada dataran banjir, penggunaan air ditentukan oleh pola pengaliran, dan jenis vegetasi adalah hutan. Jika daerah hilir DAS terdiri dari: daerah pemanfaatan, frekuensi pengaliran lebih rendah, daerah dengan kemiringan kecil atau sangat rendah (kurang dari 8%), di beberapa tempat ada daerah banjir (banjir), pengaturan tata guna air ditentukan oleh bangunan irigasi berdasarkan vegetasi dan tanaman yang dominan, kecuali

daerah muara yang didominasi oleh mangrove/gambut. Bagian tengah DAS adalah daerah transisi

Selain merupakan kawasan lanskap dengan batas topografi dan kesatuan kawasan ekosistem, Kawasan DAS juga merupakan kawasan satuan hidrologi. Sistem DAS merupakan respon aliran langsung dan aliran dasar, sedangkan saluran keluarnya disebut air limpasan yang dihasilkan dari presipitasi yang salah satunya adalah air hujan. DAS juga berfungsi sebagai daerah penyangga (*buffer*) air tanah dalam wilayah tersebut (Viaud *et al.*, 2004). Asdak (2010) menyatakan bahwa komponen-komponen daerah aliran sungai terdiri dari vegetasi, tanah, sungai dan manusia dengan segala aktivitasnya.

2.2.1 Vegetasi

Vegetasi berperan sebagai lapisan pelindung sekaligus penyangga antara atmosfer dan tanah. Penutupan vegetasi yang baik, seperti padang rumput rapat atau hutan lebat, mampu mengurangi pengaruh langsung hujan terhadap tanah sehingga menekan risiko erosi. Namun, karena kebutuhan manusia akan pangan, sandang, dan papan, tidak seluruh lahan dapat dipertahankan dalam bentuk hutan maupun padang rumput (Arsyad, 2010). Menurut Styczen dan Morgan (1995) dalam Arsyad (2010), vegetasi mempengaruhi siklus hidrologi melalui interaksinya dengan energi panas bumi, tanah, serta air hujan yang jatuh di permukaan bumi. Dengan demikian, vegetasi turut menentukan jumlah air yang mengalir ke sungai dan danau, meresap ke dalam tanah, maupun yang masuk ke cadangan air bawah tanah.

Komponen vegetasi di atas tanah, seperti daun dan batang, berfungsi meredam energi kinetik hujan sehingga dampaknya terhadap permukaan tanah berkurang. Sementara itu, bagian vegetasi di bawah tanah berupa sistem perakaran memperkuat stabilitas tanah secara mekanis. Secara lebih rinci, pengaruh vegetasi terhadap limpasan permukaan dan erosi mencakup: (1) intersepsi air hujan, (2) pengurangan kecepatan limpasan dan daya rusak air, (3) kontribusi akar serta sisa tanaman yang menambah bahan organik dan meningkatkan stabilitas pori tanah, serta (4) transpirasi yang menurunkan kandungan air tanah (Arsyad, 2010).

Kondisi apabila fungsi daerah aliran sungai (DAS) terganggu, maka keseimbangan hidrologi juga terpengaruh, yang ditandai dengan menurunnya kemampuan lahan dalam menampung, meresapkan, dan menyimpan air hujan, sehingga menghasilkan limpasan yang lebih tinggi. Vegetasi dan pola penggunaan lahan menjadi faktor penting yang mempengaruhi aliran sungai; perubahan tutupan lahan dapat menyebabkan fluktuasi debit sungai yang ekstrem, terutama saat musim hujan. Kondisi ini mencerminkan terganggunya fungsi DAS. Indikator kerusakan DAS umumnya tampak melalui perubahan perilaku hidrologi, seperti meningkatnya frekuensi banjir (peak flow), intensitas erosi dan sedimentasi yang lebih tinggi, serta menurunnya kualitas air (Mawardi, 2010).

2.2.2 Tanah

Tanah merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat penting bagi keberlanjutan kehidupan di bumi. Secara alami, tanah bersifat heterogen karena tersusun atas tiga komponen utama, yaitu padatan (mineral dan bahan organik), cairan (air), dan gas (udara), yang membentuk suatu sistem dinamis dengan sifat fisik, kimia, dan biologi yang saling berinteraksi. Dalam perspektif ilmu tanah, terdapat dua konsep mendasar yang menjadi titik kajian. Pertama, tanah dipandang sebagai hasil pelapukan atau penguraian bahan induk yang berlangsung melalui proses biofisik dan kimiawi yang kompleks. Kedua, tanah berfungsi sebagai media atau habitat utama bagi pertumbuhan tanaman, karena menyediakan unsur hara, air, dan ruang bagi perakaran (Arsyad, 2010).

Setiap jenis tanah memiliki tingkat kerentanan yang berbeda terhadap erosi. Tingkat kerentanan ini, atau yang dikenal sebagai erodibilitas tanah, dipengaruhi oleh interaksi antara sifat fisik dan kimia tanah. Secara umum, ada dua kelompok sifat tanah yang berpengaruh besar terhadap erosi. Pertama adalah sifat-sifat yang berkaitan dengan kemampuan tanah dalam menyerap, menahan, dan meloloskan air, yang mencakup infiltrasi, permeabilitas, serta kapasitas menahan air. Kedua adalah sifat-sifat yang menentukan kekuatan struktur tanah dalam menahan disintegrasi akibat pukulan butir hujan maupun aliran permukaan. Tanah dengan struktur yang lemah atau tekstur halus cenderung lebih mudah tererosi, sedangkan

tanah dengan kandungan bahan organik yang tinggi dan struktur remah biasanya lebih tahan terhadap erosi (Arsyad, 2010).

Secara fisik, tanah tersusun atas partikel mineral seperti pasir, debu, dan liat yang bercampur dengan bahan organik dalam berbagai proporsi. Partikel-partikel ini membentuk suatu matriks dengan pori-pori yang pada kondisi ideal sekitar 50% diisi oleh air dan udara. Pori-pori tanah tersebut berfungsi sebagai ruang untuk pergerakan air dan udara, yang sangat penting bagi kehidupan mikroorganisme serta pertumbuhan akar tanaman. Variasi ukuran pori tanah juga mempengaruhi kemampuan tanah dalam menahan air, mengalirkannya, serta menentukan seberapa cepat tanah mengering setelah hujan.

Struktur tanah menentukan kekuatan agregat tanah dalam menahan pukulan hujan, tekstur tanah menentukan kemampuan infiltrasi serta kapasitas menahan air, sedangkan kandungan bahan organik berfungsi meningkatkan agregasi tanah sekaligus memperbaiki porositasnya. Kombinasi dari faktor-faktor ini menentukan tingkat kerentanan tanah terhadap erosi (Suripin, 2004).

Tekstur tanah adalah satu-satunya sifat fisik tanah yang tetap dan tidak berubah oleh tangan manusia. Struktur tanah dikelompokkan ke dalam kategori yang berbeda berdasarkan perbandingan pasir, debu dan tanah liat. Erosi dapat menyebabkan perubahan struktur tanah karena pengikisan tanah lapisan atas atau pengendapan tanah yang tererosi dari tempat lain yang lebih tinggi sehingga terjadi perbedaan kemiringan lereng juga memungkinkan adanya perbedaan struktur tanah, dimana pada lereng yang curam fraksi lempung mulai berkurang, karena sebagian dibawa menuruni lereng oleh aliran permukaan pada saat hujan. Batang, cabang dan tajuk pohon yang rapat mencegah dampak langsung air hujan pada permukaan tanah dan dengan demikian mencegah kerusakan agregat tanah. Rimpangnya mengikat atau secara fisik menahan partikel tanah, sedangkan bagian atasnya menyaring sedimen dari limpasan tanah (Hardiyatmo, 2002).

2.2.3 Sungai

Fungsi sungai adalah menampung air hujan dari suatu daerah tertentu dan mengalirkannya ke laut. Sungai juga dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti pembangkit listrik, perkapalan, pariwisata, perikanan dan lainnya. Dalam

bidang pertanian, sungai merupakan sumber air irigasi yang penting. Air sungai berasal dari hujan yang jatuh ke sungai dan membentuk arus permukaan, arus bawah air, air tanah, dan tetesan air. hujan yang jatuh langsung di permukaan sungai. Debit aliran sungai meningkat ketika curah hujan cukup dan menurun kembali setelah hujan berakhir (Arsyad, 2010). Sungai merupakan aliran air alami yang memiliki berbagai fungsi penting baik dari sisi ekologi maupun manusia. Menurut Petts dan Gurnell (2015), sungai berperan sebagai jalur migrasi untuk biota air tawar serta menyediakan konektivitas dalam lanskap ekologis. Aliran air sungai bergantung pada berbagai faktor seperti iklim, struktur geologi, dan kondisi hidrologi (Thoms & Parsons, 2014).

Secara ekologis, sungai berfungsi sebagai habitat bagi flora dan fauna air tawar, tempat berkembang biak, dan jalur migrasi berbagai spesies. Studi dari Palmer dan Ruhi (2014) menyatakan bahwa keberadaan sungai dan kualitas airnya sangat penting bagi keberlanjutan ekosistem perairan. Sungai juga berkontribusi pada siklus karbon global melalui proses peluruhan dan pengendapan bahan organik. Secara ekonomi sungai berfungsi sebagai sumber daya ekonomi bagi manusia. Dalam penelitian oleh Voskamp dan Van de Ven (2015), ditemukan bahwa sungai di kawasan perkotaan memiliki nilai ekonomi yang signifikan, baik untuk transportasi, sumber air minum, maupun pariwisata. Sungai menjadi infrastruktur alami yang mendukung berbagai aktivitas manusia, seperti irigasi pertanian dan energi air.

2.2.4 Manusia dan Seluruh Aktivitasnya

Pertumbuhan manusia yang cepat menyebabkan ketidakseimbangan antara jumlah penduduk dan lahan subur. Hal ini mengakibatkan kepemilikan tanah menjadi semakin sempit. Peluang kerja yang terbatas dan keterampilan profesional yang terbatas telah mengakibatkan pendapatan yang rendah bagi petani kecil. Keadaan ini seringkali mendorong sebagian petani untuk mengeksploitasi hutan dan lahan tidak produktif lainnya sebagai lahan pertanian (Asdak 2010). Pemanfaatan hutan untuk kegiatan pertanian meningkatkan koefisien limpasan, yaitu. meningkatkan jumlah air hujan yang menjadi limpasan dan dengan demikian meningkatkan aliran sungai. Perambahan hutan juga mengakibatkan hilangnya

serasah dan humus yang dapat menyerap air hujan. Dalam skala besar, efek dari peristiwa ini adalah mengganggu perilaku aliran sungai. Saat musim hujan debit air sungai meningkat tajam, namun saat musim kemarau debit air sangat kecil. Akibatnya, risiko banjir meningkat pada musim hujan dan risiko kekeringan meningkat pada musim kemarau (Asdak 2010).

2.3 Monitoring dan Evaluasi Daerah Aliran Sungai (DAS) dengan Peraturan Menteri Kehutanan Nomor 61 Tahun 2014

DAS sebagai ekosistem alami menerapkan proses biofisik hidrologi di dalamnya, dimana proses tersebut merupakan bagian dari siklus hidrologi, atau siklus air. Jika ekosistem DAS dipandang sebagai suatu sistem pengelolaan, maka komponen DAS dapat dibagi menjadi faktor input, pengolah, dan output. Setiap input pada ekosistem DAS dapat diprediksi proses yang telah terjadi, sedang terjadi, dan akan terjadi dengan memantau dan mengevaluasi keluaran (outcome) dan DAS. Masukan bagi suatu DAS dapat berupa curah hujan dan pengelolaan alam, yaitu bentuk aktivitas manusia terhadap sumber daya alam, seperti teknologi yang diorganisasikan ke dalam struktur sosial ekonomi dan kelembagaan.

Demikian pula DAS yang dapat menyerupai pengolah memiliki karakteristik yang terdiri dari faktor alam: 1) yang tidak mudah dikendalikan, seperti geologi, morfometri, makrorelief, dan beberapa fitur tanah, dan 2) yang mudah dikendalikan. Untuk mengelola, seperti vegetasi, mikrorelief dan beberapa sifat tanah. Keluaran ekosistem DAS eksternal (eksternal) berupa aliran sungai (limpasan), sedimen aliran, banjir dan kekeringan; sedangkan output in situ (lokal) meliputi produktivitas lahan, erosi dan tanah longsor.

Pemantauan dan evaluasi yang dilakukan menurut Peraturan Tata Kelola Daerah Aliran Sungai No. 37 Tahun 2012 Dewan Negara adalah pemantauan dan evaluasi terhadap indikator kinerja DAS yaitu. sistem monitoring dan evaluasi yang dilaksanakan secara periodik, untuk mendapatkan informasi terkait bidang tersebut. fungsi DAS. Untuk memperoleh informasi dan informasi mengenai gambaran umum perkembangan kinerja badan air khususnya mengenai pengelolaan DAS secara berkelanjutan, perlu dilakukan kegiatan pemantauan dan evaluasi badan air

yang menekankan pada aspek pengelolaan lahan, air dan masyarakat. Nilai investasi bangunan dan pemanfaatan ruang wilayah dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Aspek Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan DAS

No	Kriteria	Sub Kriteria	Parameter
A.	Lahan	Persentase Lahan Kritis (PLK)	$PLK = \frac{\text{Luas Lahan Kritis}}{\text{Luas DAS}} \times 100\%$
		Persentase Penutupan Vegetasi (PPV)	$PPV = \frac{\text{Luas Penutupan Vegetasi}}{\text{Luas DAS}} \times 100\%$
		Indeks Erosi (IE)	$IE = \frac{\text{Erosi Aktual}}{\text{Erosi yang Ditoleransi}}$
B.	Kualitas dan Kuantitas dan Kontinuitas (Tata Air)	Koefisien Regim Aliran (KRA)	$KRA = \frac{Q_{max}}{Q_{min}}$
		Koefisien Aliran Tahunan	$KAT = \frac{Q \text{ Tahunan}}{P \text{ Tahunan}}$
		Muatan Sedimen (MS)	$MS = A \times SDR$
		Banjir	Frekuensi Kejadian Banjir
		Indeks Penggunaan Air (IPA)	Atau $IPA = \frac{\text{Kebutuhan Air}}{\text{Persediaan Air}}$
			Atau $IPA = \frac{\text{Kebutuhan Air}}{Qa}$
	Atau $IPA = \frac{\text{Jumlah Air (Q)}}{\text{Jumlah Penduduk}}$		
C.	Sosial Ekonomi	Tekanan Penduduk	$IKL = \frac{\text{Luas lahan pertanian}}{\text{Jumlah KK petani}}$
		Tingkat Kesejahteraan Penduduk (TKP)	% KK miskin $TKP = \frac{\text{Jumlah KK miskin}}{\text{Jumlah KK Total}} \times 100\%$
			Rata-rata pendapatan $TKP = \frac{\text{Total Pendapatan}}{\text{Jumlah Penduduk}}$
D.	Investasi Bangunan	Klasifikasi Kota	Keberadaan dan Status Kota
		Nilai Bangunan Air	Nilai terkini investasi bangunan air (waduk, dam, bendungan, saluran irigasi) dalam rupiah

No	Kriteria	Sub Kriteria	Parameter
E	Pemanfaatan Ruang Wilayah	Kawasan Lindung (KL)	$KL = \frac{\text{Luas liputan vegetasi}}{\text{Luas Kawasan Lindung dalam DAS}} \times 100\%$
		Kawasan Budidaya (KB)	$KB = \frac{\text{Luas lahan dg lereng } 0 - 25\%}{\text{Luas Kawasan budidaya dalam DAS}} \times 100\%$

Sumber : Permenhut No. 61 Tahun 2014

2.4 Jasa Lingkungan Air Bendungan

Orang mendapat manfaat dari berbagai sumber daya yang disediakan oleh ekosistem alami, atau yang disebut jasa lingkungan. Ketersediaan jasa lingkungan sangat bervariasi dari waktu ke waktu. Salah satu penyedia jasa lingkungan adalah bendungan yang menghasilkan manfaat langsung berupa PLTA, irigasi, pariwisata dan air baku. Namun, jasa lingkungan ini semakin terancam oleh tekanan dari perubahan biofisik lingkungan dan eksploitasi sumber daya alam. Meskipun masyarakat, industri, dan pembuat keputusan pada umumnya sangat membutuhkan nya bagi kesejahteraan dan aktivitas ekonomi, mereka jarang peduli dengan keberlanjutan jasa ekosistem ini. Kondisi ini akan meningkat di masa depan seiring dengan meningkatnya kebutuhan manusia akan air. Oleh karena itu keberadaan bendungan serta optimalisasi dan keberlanjutan pemanfaatannya sangat diperlukan melalui konservasi biofisik lingkungan DAS pada Daerah Tampung Air (*catchment area*) Bendungan.

Tindakan konservasi membutuhkan dana atau pembiayaan untuk melaksanakannya di lapangan. Pembiayaan tindakan konservasi dapat dilakukan dengan memperkenalkan pembayaran jasa lingkungan (PJL).

Wunder (2005) membagi produk jasa lingkungan menjadi empat kategori, yaitu penyerapan dan penyimpanan karbon, konservasi keanekaragaman hayati, perlindungan daerah aliran sungai, dan keindahan alam. Hal ini sesuai dengan fungsi fisik utama bendungan sebagai sumber air yang bermanfaat bagi PLTA, air baku, irigasi, dan fungsi sosialnya untuk rekreasi air (pariwisata) dan tempat silaturahmi antar warga.

Penilaian Ekosistem Milenium PBB pada tahun 2005 mengidentifikasi dan menilai 24 jenis jasa ekosistem. Tiga diantaranya telah menerima perhatian dan

pendanaan internasional yang signifikan: mitigasi perubahan iklim, layanan daerah aliran sungai (DAS), dan konservasi keanekaragaman hayati. Ekosistem di kawasan tersebut masuk dalam kategori buatan, antara lain ekosistem danau, bendungan dan bantaran sungai, serta ruang terbuka hijau. Jasa lingkungan adalah manfaat yang diberikan kepada manusia melalui transformasi sumber daya (tanah dan air).

Jasa lingkungan adalah kegiatan pemanfaatan sumber daya alam tanpa melemahkan atau merusak lingkungan hidup dan fungsi dasarnya (PP No. 3 Tahun 2008). Fauzi (2006) menyatakan bahwa sumber daya alam dapat secara langsung atau tidak langsung menghasilkan barang dan jasa serta manfaat jasa lainnya berupa kemudahan termasuk keindahan, hiburan, dan lain-lain.

Saat ini pemerintah jarang memperhatikan jasa lingkungan sumber daya alam buatan yaitu bendungan yang ada di kabupaten karena menganggap jasa lingkungan tidak dapat memberikan nilai tambah bagi kabupaten. Beukering *et al* (2007), potensi nilai ekonomi maksimum dari jasa lingkungan yaitu air, ekowisata dan cadangan karbon sangat memadai minimal untuk kemandirian penerima jasa lingkungan untuk menjaga ekosistem lingkungannya.. Pembayaran jasa lingkungan antara penerima manfaat dan penyedia mendorong masyarakat untuk bersedia menerapkan tindakan konservasi tanah dan air (Dasrizal *et al*, 2012). Dengan menerapkan pembayaran jasa lingkungan, Pemerintah kabupaten dapat mempunyai sumber pendanaan alternatif selain dari APBD atau APBN dalam melaksanakan konservasi biofisik lingkungan DAS pada wilayah daerah tampungan air bendungan sehingga keberadaan bendungan dapat terjaga dan manfaatnya dapat berkelanjutan.

2.5 Strategi Pengelolaan DAS Berkelanjutan

Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) memerlukan strategi berupa beberapa langkah penggunaan sumber daya alam yang efisien dan perlindungan lingkungan hidup dalam DAS. Adapun sumber daya alam dalam DAS terdiri sumberdaya air, sumberdaya lahan, sumberdaya hutan, sumberdaya sosekbud yang merupakan sistem terpadu dalam suatu DAS. Pengelolaan DAS yang baik akan menghasilkan sumber daya alam yang baik pula.

Pengelolaan DAS harus dipandang sebagai satu kesatuan antar wilayah hulu yang ditutupi vegetasi hutan dan hilir yang menerima sumber air dari hulu, apabila rusak hutan di hulu maka fungsi hidrologis DAS dipastikan rusak, maka pengelolaan hulu adalah pengelolaan hutan (Banuwa, 2008). Karena fungsi dan karakteristik DAS bagian hulu, maka pengelolaan DAS bagian hulu lebih terlihat pada pengelolaan hutan.

Pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) menghadapi berbagai persoalan kompleks seperti erosi, sedimentasi, banjir, kekeringan, pencemaran air, lemahnya koordinasi, kelembagaan yang belum mantap, serta konflik antar sektor, yang menyebabkan kerusakan DAS terus meningkat meski upaya pengelolaan dilakukan (Banuwa, 2008). Permasalahan ini memerlukan strategi terpadu dengan prinsip “satu sungai, satu rencana, satu pendekatan” agar pengelolaan lebih efektif

Menurut Sinukaban (1994), tujuan pengelolaan air adalah keberlanjutan, yang diukur melalui pendapatan, produksi, penerapan teknologi, dan tingkat erosi. Teknologi yang dimaksud adalah teknologi sederhana, sesuai kondisi sosial budaya, serta dapat diterapkan dan ditiru oleh petani secara mandiri. Salah satu upaya pemanfaatan sumber daya lahan secara berkelanjutan adalah penerapan sistem pertanian konservasi. Sistem pertanian konservasi yang dimaksud adalah sistem pertanian yang menggabungkan teknik konservasi tanah dan air sebagai bagian dari sistem pertanian dengan tujuan utama meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan petani dengan mengurangi resiko erosi. Erosi yang diakibatkannya harus lebih kecil atau sama dengan kehilangan tanah yang dapat ditoleransi agar sistem pertanian dapat dilaksanakan secara terus menerus dan tanpa batas waktu. Selain itu, Sinukaban (1994) mengklaim bahwa sistem perlindungan alam dicirikan oleh

- a. Produksi pertanian tinggi sehingga petani tetap bergairah melanjutkan usahanya.
- b. Pendapatan petani cukup tinggi sehingga petani dapat merancang/mendesain masa depan keluarganya dari hasil pendapatan usahatani yang dilakukan.
- c. Teknologi yang diterapkan sesuai dengan kemampuan petani setempat (*acceptable dan replicable*).

- d. Komoditas pertanian yang diusahakan beragam dan sesuai dengan kondisi biofisik daerah, dapat diterima petani, dan laku di pasar.
- e. Laju erosi lebih kecil dari erosi yang dapat ditoleransikan, sehingga produksi yang cukup tinggi tetap dapat dipertahankan/ditingkatkan secara lestari, dan fungsi hidrologis terpelihara dengan baik.
- f. Sistem penguasaan dan pemilikan lahan dapat menjamin keamanan investasi jangka panjang (*long term investment security*) dan menggairahkan petani untuk terus berusaha tani.

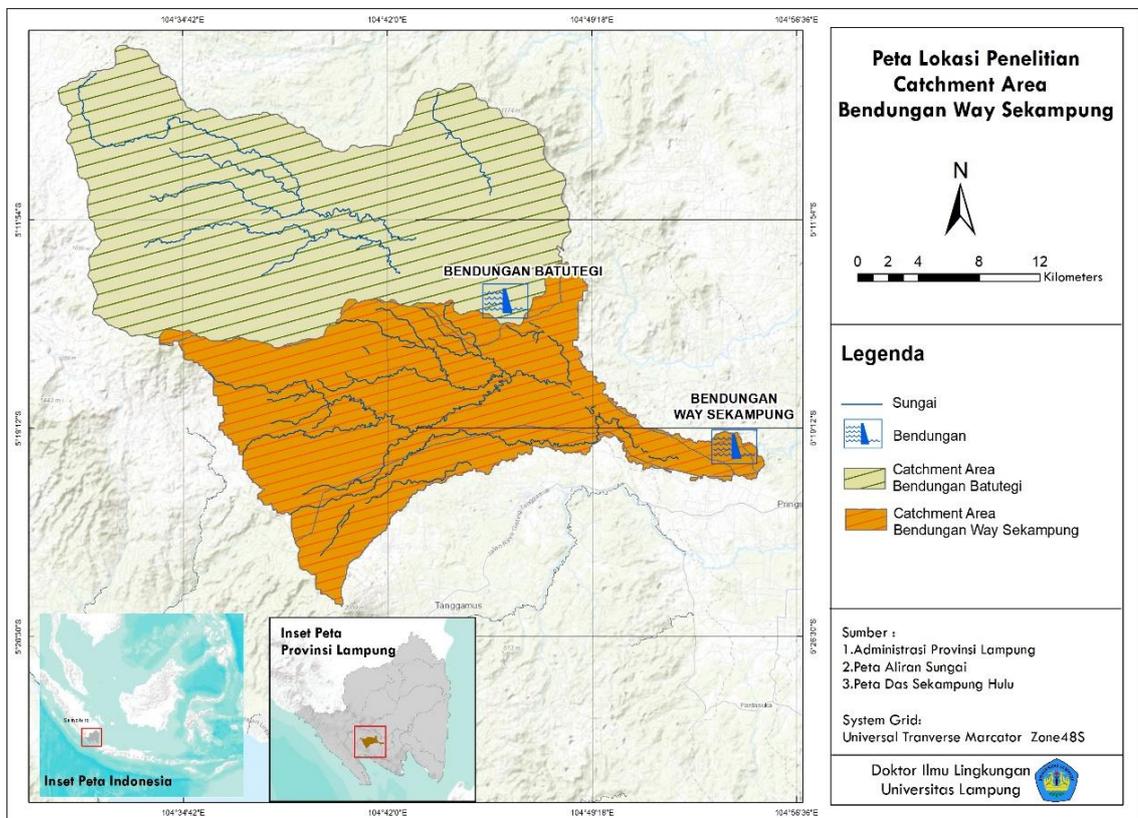
Sistem pertanian konservasi pada dasarnya merupakan sistem pertanian yang bersifat spesifik lokasi, sehingga tidak dapat dipaksakan untuk diterapkan di wilayah lain apabila tidak sesuai dengan kondisi setempat. Pemilihan metode pengelolaan lahan harus mempertimbangkan berbagai faktor, termasuk data tanah, iklim, bentang alam, serta kondisi lingkungan fisik lainnya. Hal ini penting karena persyaratan penggunaan lahan dan kebutuhan tumbuh tanaman harus selaras dengan daya dukung lahan agar kegiatan budidaya dapat berlangsung secara berkelanjutan. Sinukaban (1994) menekankan bahwa perencanaan daerah aliran sungai (DAS) yang baik seharusnya mampu meningkatkan produktivitas lahan tanpa mengabaikan kelestarian lingkungan, daya dukung ekosistem, serta optimalisasi pemanfaatan sumber daya yang tersedia sesuai dengan karakteristik lahan.

Pengelolaan DAS harus mengedepankan prinsip konservasi tanah dan air. Hal ini dapat diwujudkan melalui pengembangan sistem pertanian yang sudah ada dan secara bertahap memperkenalkan teknologi baru yang sesuai dengan kondisi sosial budaya masyarakat setempat. Dengan pendekatan tersebut, model pertanian konservasi yang diterapkan tidak hanya diharapkan mampu meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan petani, tetapi juga dapat menekan tingkat erosi hingga berada pada batas toleransi (*tolerable soil loss*), yaitu tingkat erosi yang masih dapat ditanggung oleh sistem pertanian secara berkelanjutan tanpa n produktivitas lahan dalam jangka panjang.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di daerah DAS Sekampung Hulu yaitu *catchment area* Bendungan Way Sekampung. Secara administrasi bagian hilir berada di Kabupaten Pringsewu Provinsi Lampung dan bagian hulunya, masuk dalam wilayah Kabupaten Tanggamus yang dilaksanakan pada bulan Februari - Agustus 2024. *Catchment area* Bendungan Way Sekampung secara geografis terletak pada $104^{\circ} 55' 12,25''$ BT dan $5^{\circ} 20' 2,82''$ yang memiliki luas 32.333,85 Ha.



Gambar 5. *Catchment area* Bendungan Way Sekampung.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat dan Bahan Analisis Penggunaan Lahan

1. Peta tematik (peta penutupan lahan, peta penggunaan lahan, peta pengelolaan lahan kawasan hutan, peta kemiringan lahan, peta bentuk lahan, peta geologi, peta jenis tanah), Rencana Tata Ruang Wilayah dan sebaran hujan/erosivitas.
2. Citra Satelit
3. Perangkat SIG
4. Blanko pengamatan (tanah, penutupan lahan aktual, pengelolaan lahan, morfologi, fisiografi lahan, geologi).

3.2.2 Alat dan Bahan Analisis Tata Air

1. Peta jaringan sungai dan Peta topografi
2. Perlengkapan untuk peralatan ARR dan AWLR (kertas pias dan tinta).
3. Blanko pengamatan hujan (P), TMA, debit air (Q), dan debit suspensi (Qs).
4. Stasiun Penakar Hujan (SPH, unit penakar hujan – tipe manual/ombrometer dan atau otomatis/*Automatic Rainfall Recorder=RR*).
5. Stasiun Pengamat Arus Sungai (unit SPAS – tipe peilskal/*Automatic Water Level Recorder=AWLR*).
6. Suspended sample (pengambil contoh air – muatan sediment & kualitas air).
7. *Current meter* (alat pengukur kecepatan aliran sungai).
8. Alat ukur waktu dan meteran.

3.2.3 Alat dan Bahan Analisis Sosial Ekonomi

1. Peta DAS serta peta administrasi, penggunaan lahan, kependudukan, dan budaya.
2. Buku data/laporan terkait aspek sosial (kepedulian individu, partisipasi, dan tekanan penduduk/TP).
3. Buku data/laporan terkait aspek ekonomi (ketergantungan penduduk, tingkat pendapatan, produktivitas lahan, jasa lingkungan)
4. Blanko pengamatan (aspek sosial ekonomi)

3.2.4 Alat dan Bahan Analisis Jasa Lingkungan

Blanko kuesioner yang berisi pertanyaan untuk pemanfaat air tampungan Bendungan Way Sekampung untuk air baku, air irigasi, PLTA dan pengunjung tempat wisata sekitar Bendungan Way Sekampung.

3.3 Jenis, Sumber dan Kegunaan Data

3.3.1. Data yang dikumpulkan dalam penelitian

Data primer dan data sekunder, yang meliputi data biofisik dan data sosial ekonomi (nilai ekonomi/manfaat air). Data sekunder berupa data demografi, data pengguna air (pemanfaat) dan destinasi best view wisata air. Data sekunder lain yang juga dikumpulkan adalah berbagai peta yang digunakan untuk membentuk satuan lahan. Kemudian ditentukan satuan lahan acuan dan lokasi pengambilan sampel tanah dari satuan lahan tersebut.

3.3.2. Data Biofisik

Data biofisik yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data tipe penggunaan lahan, data topografi, data jenis tanah, data aliran dan data iklim yang digunakan untuk menggambarkan karakteristik biofisik *catchment area* Bendungan Way Sekampung. Data tanah, penggunaan lahan dan iklim juga digunakan untuk menganalisis/memprediksi limpasan tanah dan erosi serta menentukan teknologi konservasi/pertanian. Data tanah yang dikumpulkan berisi informasi tentang sifat fisik dan kimia tanah yang relevan dengan penilaian erosi.

3.3.3. Data Iklim

Data iklim yang diperlukan dalam pekerjaan ini adalah data curah hujan, yang diperlukan untuk menentukan laju erosi hujan dalam perhitungan prakiraan erosi. Data iklim diperoleh dari stasiun-stasiun yang berada di sekitar lokasi penelitian.

3.3.4. Data sosial ekonomi

Data sosial ekonomi yang dikumpulkan meliputi data demografi kepemilikan tanah, jumlah anggota rumah tangga, tingkat pendapatan dan tingkat pendidikan. Selain itu, rumus digunakan untuk menghitung nilai ekonomi

penggunaan sumber daya air. Tujuan pengumpulan data ini adalah untuk mengetahui dan menilai kondisi sosial dan ekonomi penduduk yang tinggal di DAS Way Sekampung.

3.3.5. Pengumpulan Data

Tahapan penelitian ini melibatkan pengumpulan data primer dan sekunder berupa penggunaan lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng, yang kemudian ditumpangkan sehingga menghasilkan satuan lahan. Selain itu, besarnya erosi dan limpasan tanah pada satuan lahan ini akan dinilai untuk menentukan teknologi pertanian yang tepat. Penilaian manfaat ekonomi atas air tampungan Bendungan Way Sekampung akan digunakan untuk menyelidiki tindakan yang mungkin dilakukan untuk merehabilitasi lahan

Tabel 2. Jenis, Sumber dan Kegunaan Data

No	Jenis Data	Sumber Data	Kegunaan Data
A.Data Primer			
1.	Jumlah rumah tangga pelanggan PDAM Pringsewu	PDAM Kabupaten Pringsewu Hasil Wawancara	Untuk mengetahui Konsumsi air rata-rata rumah tangga pelanggan PDAM
3.	Luas Lahan Sawah dihilu Bendungan Way Sekampung 3 Pekon (Podosari, Bumi Arum, Bumi Ayu)	Sampel Petani	Untuk Mengetahui Biaya pengadaan air untuk usaha tani sawah
4.	Jumlah Produksi PLTA di Bendungan Way Sekampung	Sampel Unit Pengelola Bendungan Way Sekampung	Jumlah Konsumsi Listrik di Bendungan Way Sekampung
5.	Jumlah Pengunjung ke lokasi wisata air yang memanfaatkan Best View Bendungan Way Sekampung	Sampel Tempat wisata	Untuk Mengetahui Jumlah Pengunjung tempat wisata
6.	Sifat fisik kimia tanah yang berkaitan dengan	Sampel Tanah	Untuk Menduga erosi Tanah

No	Jenis Data	Sumber Data	Kegunaan Data
	penentuan erodibilitas tanah		
7.	Jenis dan Kondisi penutupan vegetasi	Citra Landsat, peta Landcover, Ground Check	Untuk menduga Aliran Permukaan dan erosi tanah
B.Data Skunder			
1.	Peta-Peta a.Citra Landsat b.Peta Penutupan Lahan c.Peta Topografi d.Peta Jenis Tanah e.Peta Batas Kawasan Hutan	BPDAS (2011,2016,2021)	Untuk Menyusun satuan lahan,yang selanjutnya digunakan dalam pendugaan aliran permukaan dan erosi
2	Data Debit Bendungan Way Sekampung	BBWS (Balai Besar Wilayah Sungai) Sekampung	Untuk melihat perubahan debit aliran Way Sekampung akibat Perubahan Penutupan Lahan
3	Data Iklim	BMG Branti, (2013 – 2023)	Untuk menduga pola hujan dan erosivitas hujan
4	Data Petani	Dinas Kehutanan dan Peternakan Kabupaten Pringsewu (2023)	Untuk mengetahui Jumlah petani pemanfaat air bendungan
5	Data Penunjang Lainnya	Berbagai Pustaka	Referensi,menambah acuan dalam pembahasan

3.4 Teknik Pengumpulan Data

3.4.1 Tujuan Pertama

Kondisi Penggunaan Lahan. Data penggunaan lahan diperoleh dari peta tutupan lahan yang terdapat luas lahan kritis dan luas lahan bervegetasi permanen yang diterbitkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Dengan data ini dapat diketahui perbandingan antara luas lahan kritis dan bervegetasi permanen di DAS dengan Luas DAS tersebut. Vegetasi yang didata adalah jenis hutan, semak, belukar dan kebun. Data penggunaan lahan yang dianalisis adalah data penggunaan lahan 15 tahun terakhir (2011, 2016 dan 2021) di *catchment area* Bendungan Way Sekampung.

Erosi Aktual. Data erosi aktual didapatkan melalui perhitungan metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE) yang dipergunakan untuk mengetahui perbandingan erosi aktual dengan erosi yang diperkenankan.

Kondisi Tata Air. Aspek tata air memerlukan beberapa data. Adapun data dasar yang dihitung dengan menggunakan program komputer SPSS yaitu data curah hujan dan debit. Data curah hujan dari stasiun klimatologi terdekat (Panutan) selama 10 tahun terakhir (2012 -2021). Data debit inflow outflow Bendungan Way Sekampung 2 tahun terakhir (2022-2023) dan Bendungan Batu Tegi selama 2 tahun terakhir (2022-2023) . Data yang teranalisis dapat memberikan gambaran data dan fakta tentang kondisi tata air DAS sesuai Peraturan Menteri Kehutanan No. P.61/Menhut-II/2014 tentang Monitoring dan Evaluasi DAS.

Kondisi Sosial dan Ekonomi. Data yang dikumpulkan untuk monitoring dan evaluasi sosial ekonomi masyarakat sebelum, selama dan sesudah kegiatan pengelolaan DAS meliputi data peta administrasi, peta penggunaan lahan, luas lahan pertanian, jumlah keluarga petani, rata – rata tingkat pendapatan penduduk per-kapita per-tahun, norma masyarakat berkaitan konservasi air dan tanah termasuk pelaksanaannya. Data- data tersebut didapat dari BPS dan laporan instansi terkait lainnya. Dengan data data tersebut maka dapat diketahui tingkat pengetahuan, kemauan dan kemampuan masyarakat dalam melestarikan sumber daya alam DAS.

Analisis investasi bangunan dibutuhkan untuk mengetahui sumber daya buatan yang perlu dilindungi dari degradasi DAS adalah informasi klasifikasi kota berdasarkan jumlah penduduk, nilai bangunan air (waduk, dam, bendungan dan saluran irigasi) di DAS. Data - data sekunder ini diperoleh dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Dinas PU Kabupaten Tanggamus dan Dinas PU Kabupaten Pringsewu.

Pemanfaatan Ruang Wilayah. Data pemanfaatan ruang wilayah diperoleh dari peta penggunaan lahan, Setelah dianalisis dapat diketahui kondisi DAS. Kondisi baik dan buruknya DAS berjalan selaras dengan fungsi kawasan.

3.4.2 Tujuan Kedua

Nilai Ekonomi Jasa Lingkungan Air Tampungan Bendungan Way Sekampung. Untuk memperoleh data penilaian pemanfaatan air tampungan Bendungan Way Sekampung dilakukan dengan berbagai langkah :

1. Wawancara menggunakan kuesioner sehingga diperoleh informasi .
2. Observasi lapangan kepada pengguna air.
3. Pengumpulan data sekunder dari instansi yang terkait dengan pemanfaatan air dari bendungan Way Sekampung.
4. Studi literatur untuk memperoleh data sekunder yang dapat menunjang hasil penelitian.

Penetapan Sampel Responden. Responden untuk penilaian pemanfaatan air Bendungan Way Sekampung antara lain adalah

1. Masyarakat pelanggan PDAM Pringsewu.
2. Petani yang menggunakan air untuk usaha tani sawah.
3. Pengunjung best view pemandangan Bendungan Way Sekampung.

Penyebaran sampel responden masing-masing pengguna/pemanfaat air tampungan Bendungan Way Sekampung disesuaikan dengan populasi masing-masing. Pelaksanaan penyebaran sampel responden masing – masing pemanfaat air disesuaikan (proporsional) dengan populasi masing – masing jenis pengguna dengan metode slovin.

3.4.3 Tujuan Ketiga

Rencana Strategi Kebijakan. Rencana strategi kebijakan untuk mencapai tujuan ketiga pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan di DAS Sekampung Hulu harus melibatkan pendekatan yang holistik, terintegrasi, dan berbasis pada data serta ilmu pengetahuan terbaru. Tujuan ketiga ini berfokus pada optimalisasi pengelolaan DAS yang berkelanjutan, dengan memperhatikan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Mengevaluasi perkiraan besarnya erosi dan

besarnya muatan sedimen yang terjadi sebagai dasar dalam penyusunan skenario alternatif pengembangan.

3.5 Analisis Data

3.5.1 Tujuan Pertama

Kinerja Daya Dukung *catchment area* Bendungan Way Sekampung. Untuk melihat parameter perubahan gambaran kondisi dari kinerja daya dukung DAS terhadap Bendungan Way Sekampung, Penilaian parameter sesuai Permenhut No. 61/Menhut-II/2014 tentang monitoring dan evaluasi pengelolaan daerah aliran sungai, baik kondisi biofisik, kondisi sosial dan ekonomi serta kondisi lingkungan.

3.5.1.1 Lahan Kritis

Analisis lahan kritis digunakan untuk mengetahui hubungan antara luas lahan kritis pada DAS dengan luas DAS. Data lahan kritis diperoleh dari peta lahan kritis yang diterbitkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Klasifikasi Tabel 3 digunakan untuk menghitung persentase lahan kritis:

Tabel 3. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Lahan Kritis

Sub Kriteria	Bobot	Parameter	Nilai	Kelas	Skor
Persentase Lahan Kritis (PLK)	20	$PLK = \frac{Luas\ LK}{Luas\ DAS} \times 100\%$	$PLK \leq 5$	Sangat rendah	0,5
			$5 < PLK \leq 10$	Rendah	0,75
			$10 < PLK \leq 15$	Sedang	1
			$15 < PLK \leq 20$	Tinggi	1,25
			$PLK > 20$	Sangat Tinggi	1,5

*LK: Lahan Kritis

Sumber : Permenhut No. 61 Tahun 2014.

3.5.1.1.1 Penutupan Vegetasi (PPV)

Analisis vegetasi digunakan untuk menentukan rasio luas lahan yang ditanami secara permanen terhadap daerah tangkapan air. Data tutupan lahan vegetasi permanen diperoleh dari data sekunder yang diperoleh dari interpretasi

citra resolusi tinggi. Vegetasi dianalisis dalam hal hutan, semak, dan kebun. Saat menghitung persentase luas vegetasi, klasifikasi nilai digunakan sesuai Tabel 4.

Tabel 4. Sub Kriteria, Bobot, Nilai, dan Klasifikasi Penutupan Vegetasi

Sub Kriteria	Bobot	Parameter	Nilai (%)	Kelas	Skor
Persentase Penutupan Vegetasi (PPV)	10	$PPV = \frac{LVP}{Luas\ DAS} \times 100\%$	PPV > 80	Sangat baik	0,5
			60 < PPV ≤ 80	Baik	0,75
			40 < PPV ≤ 60	Sedang	1
			20 < PPV ≤ 40	Buruk	1,25
			PPV ≤ 20	Sangat Buruk	1,5

*LVP : Luas Vegetasi Permanen

Sumber : Permenhut No. 61 Tahun 2014.

3.5.1.1.2 Indeks Erosi (IE)

Analisis indeks erosi dilakukan untuk menentukan rasio erosi aktual terhadap erosi yang diizinkan. Data erosi aktual diperoleh dari perhitungan erosi dengan menggunakan metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE). Di antara beberapa metode untuk memperkirakan besarnya erosi permukaan, metode USLE yang dikembangkan oleh Wischmeir dan Smith (1978) adalah:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Keterangan :

A = Jumlah tanah hilang maksimum (t/ha/tahun)

R = Faktor erosivitas hujan

K = Faktor erodibilitas tanah

LS = Faktor indeks panjang dan kemiringan lereng

C = Faktor indeks pengelolaan tanaman

P = Faktor indeks konservasi tanah

A. Faktor Erosivitas Hujan

Nilai erosi curah hujan diperoleh dari data curah hujan bulanan Stasiun Pengamat Aliran Sungai (SPAS) yang ditentukan dengan rumus yang dikemukakan oleh Bols (1978) dalam Asdak (2010), yaitu:

$$R = 6,119 \times (\text{Rain})^{1,21} \times (\text{Days})^{-0,47} \times (\text{Max P})^{0,53}$$

Keterangan :

R = Rata-rata indeks erosivitas hujan (unit/bulan)

(Rain) = Rata-rata jumlah hujan bulanan (cm/bulan)

(Days) = Rata-rata hujan maksimum per hari (cm)

(Max P) = Rata-rata jumlah hari hujan per hujan

B. Faktor Erodibilitas Tanah

Koefisien erosi tanah ditentukan untuk setiap tanah homogen, yang meliputi analisis permeabilitas, tekstur, struktur, dan bahan organik. Literatur kemudian dikonvergensi pada nilai-nilai yang diberikan dalam studi Banuwa (2008) dengan peta *catchment area* Bendungan Way Sekampung seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 5. Jenis Tanah dan Nilai Erodibilitas Tanah

No.	Jenis Tanah	Nilai K
1	Inseptisol	0,29
2	Andisol	0,29
3	Ultisol	0,29

Sumber : Banuwa (2008)

C. Faktor indeks panjang dan kemiringan lereng

Nilai faktor panjang dan kemiringan diperoleh dengan mengalikan faktor panjang lereng dengan faktor kemiringan. Menurut Eyles (1968), faktor panjang lereng diberikan oleh persamaan berikut:

$$L = (L_0/22)^{0.5}$$

Keterangan :

L = Faktor panjang lereng
 L₀ = Panjang lereng (m)

Untuk menghitung faktor kemiringan lereng menurut Anasiru (2015) diperoleh dari nilai persamaan sebagai berikut :

$$S = (s/9)^{1.4}$$

Keterangan :

S = Faktor kemiringan lereng
 s = Kemiringan lereng dalam persen

D. Faktor Pengelolaan Tanaman (C) dan Indeks Pengelolaan dan Konservasi Tanah (P)

Faktor tutupan vegetasi/vegetasi (C) dan penggunaan lahan (P) mengacu pada hasil analisis peta tutupan lahan dan peta *catchment area* Bendungan Way Sekampung. Hasil analisis tutupan lahan kemudian dicocokkan dengan indeks CP masing-masing tutupan lahan.

Skor indikator pengelolaan lahan (PL) adalah tingkat pengelolaan lahan dan vegetasi di DAS, yang merupakan faktor praktik tutupan lahan/vegetasi (C) dan konservasi tanah/pengelolaan lahan (P).

$$PL = C \times P$$

$$C \times P = \sum (A_i \times C_{pi})/A$$

Keterangan :

CP = Nilai tertimbang pengelolaan lahan dan tanaman pada DAS tertentu
 C_{pi} = Nilai pengelolaan lahan dan tanaman pada unit lahan ke i
 A_i = Luas unit lahan ke i (ha) pada DAS tertentu
 A = Luas DAS (ha)

Penentuan nilai faktor C dan P sebagai indikator pengelolaan lahan dilakukan dengan cara yang sama seperti menentukan nilai faktor C dan P pada persamaan USLE yaitu menentukan tipe tutupan lahan dan cara pengelolaan (pola dan sistem batas) dari peta tutupan lahan aktual DAS/Sub-DAS. Peta tutupan lahan dan

bagaimana pengelolaannya (C dan P) yang diperoleh dari interpretasi citra satelit resolusi menengah.

Untuk mendapatkan akurasi nilai tutupan lahan dan penggunaan lahan yang lebih baik, inspeksi lapangan harus dilakukan di area yang dianalisis untuk meningkatkan akurasi. Nilai faktor C dan P atau CP untuk tutupan lahan dan perlakuan yang berbeda diberikan pada Tabel 8. Klasifikasi nilai tutupan lahan (PL) atau CP diberikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Variasi Nilai C dan P untuk Berbagai Penutupan Lahan

No.	Jenis Perkalian	Nilai CP
1.	Teras Bangku	0,37
	a. Konstruksi bagus	0,04
	b. Konstruksi sedang	0,15
	c. Konstruksi jelek	0,35
2.	Teras Tradisional	0,40
3.	Teras koluvial pada strip rumput atau bambu	0,50
	a. Konstruksi bagus	0,04
	b. Konstruksi jelek	0,40
4.	Hillside ditch atau field pits	0,30
5.	Rotasi <i>Crotalaria</i> sp (legume)	0,60
6.	Mulsa (sersah atau jerami 6 ton/ha/th)	0,30
	a. Mulsa (sersah atau jerami 3 ton/ha/th)	0,50
	b. Mulsa (sersah atau jerami 1 ton/ha/th)	0,80
7.	Kontur cropping, kemiringan <8 %	0,50
	a. Kontur cropping, kemiringan 9-20 %	0,75
	b. Kontur cropping, kemiringan > 20 %	0,90
8.	Teras bangku dengan tanaman kacang tanah	0,009
9.	Teras bangku dengan tanaman maize dan mulsa jerami 4 ton/ha	0,006
10.	Teras bangku dengan tanaman sorgum-sorgum	0,012
11.	Teras bangku dengan tanaman maize	0,048
12.	Teras bangku dengan tanaman kacang tanah	0,053
13.	Strip rumput Bahia (3tahun) pada tanaman <i>Citronella</i>	0,00
14.	Strip rumput <i>Brachiaria</i> (3tahun)	0,00
15.	Strip rumput Bahia (1tahun) pada tanaman Kedele	0,02
16.	Strip <i>crotalaria</i> pada tanaman kedele	0,111
17.	Strip <i>crotalaria</i> pada tanaman padi gogo	0,34
18.	Strip <i>crotalaria</i> pada tanaman kacang tanah	0,398
19.	Strip maize dan kacang tanah, mulsa dari sersah	0,05
20.	Teras gulud dengan penguat teras	0,50
21.	Teras gulud dengan tanaman bergilir padi dan maize	0,013
22.	Teras gulud, sorgum-sorgum	0,041
23.	Teras gulud, singkong	0,063

Tabel 6. (Lanjutan).

No.	Jenis Perkalian	Nilai CP
24	Teras gulud, maize- kacang tanah	0,006
25	Teras gulud, pergiliran kacang tanah- kedele	0,105
26	Teras gulud, padi- maize	0,012
27	Teras bangku, sorgum-sorgum	0,056
28	Teras bangku	0,024
29	Teras bangku, kacang tanah	0,009
30	Teras bangku, tanpa tanaman	0,039
31	Strip Crotalaria pada tanaman sorgum-sorgum	0,624
32	Strip Crotalaria pada tanaman kacang tanah/singkong	0,405
33	Strip Crotalaria pada tanaman padi gogo/singkong	0,193
34	Strip rumput pada tanaman padi gogo	0,841
35	Alang-alang permanen	0,02
36	Semak belukar	0,01
37	Hutan reboisasi tahun ke 2	0,1
38	Hutan sekunder	0,1
39	Hutan primer sedikit sersah	0,005
40	Hutan primer banyak sersah	0,001

Tabel 7. Sub Kriteria, Bobot, Nilai, dan Klasifikasi Indeks Erosi

Sub Kriteria	Bobot	Parameter	Nilai	Kelas	Skor
Indeks Erosi (IE)	10	$IE \frac{\text{Erosi aktual}}{\text{Erosi yg ditoleransi}}$	$IE \leq 0,5$	Sangat Rendah	0,5
			$0,5 < IE \leq 1,0$	Rendah	0,75
			$1,0 < IE \leq 1,5$	Sedang	1
			$1,5 < IE \leq 2,0$	Tinggi	1,25
			$IE > 2,0$	Sangat tinggi	1,5

Sumber : Permenhut No. 61 Tahun 2014.

Pada penelitian ini, nilai erosi yang dapat ditoleransi (TSL) mengacu pada hasil penelitian Banuwa (2008), yang menyatakan bahwa nilai TSL untuk pendugaan erosi di DAS Sekampung Hulu adalah sebesar 38,7 ton/ha/tahun. Nilai tersebut digunakan sebagai dasar dalam menghitung perbandingan antara erosi aktual dan batas toleransinya, sehingga diperoleh nilai indeks erosi (IE) yang mencerminkan tingkat bahaya erosi pada masing-masing satuan lahan dalam wilayah penelitian.

3.5.1.2 Tata Air

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan informasi dan fakta tentang gambaran keadaan badan air. Peraturan Menteri Kehutanan no. P.61/Menhut-II/2014 tentang pemantauan dan evaluasi DAS, yaitu

3.5.1.2.1 Koefisien Rezim Aliran (KRA)

KRA merupakan perbandingan debit maksimum (Q_{max}) dan debit minimum (Q_{min}) DAS. Data debit diperoleh dari data primer dan sekunder dari stasiun pengamatan air sungai (SPAS). Debit sungai digunakan untuk menentukan jumlah air sungai pada periode tertentu yaitu musim hujan dan musim kemarau.

Nilai KRA yang tinggi menunjukkan kisaran nilai debit pada musim hujan (air banjir) besar, sedangkan pada musim kemarau debit air sangat rendah atau mengindikasikan kekeringan. Secara tidak langsung kondisi ini menunjukkan bahwa daya resapan daerah tangkapan air tidak dapat menahan dan menyimpan air hujan yang jatuh, dan sebagian besar air limpasan diangkut lebih jauh ke sungai dan menuju laut, sehingga tersedia air di cekungan selama periode kering rendah. Klasifikasi nilai yang diberikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Koefisien Rezim Aliran

Sub Kriteria	Bobot	Parameter	Nilai	Kelas	Skor
Koefisien Rezim Aliran (KRA)	5	Daerah basah: $KRA \frac{Q_{max}}{Q_{min}}$	$KRA \leq 20$	Sangat Rendah	0,5
			$20 < KRA \leq 50$	Rendah	0,75
			$50 < KRA \leq 80$	Sedang	1
			$80 < KRA \leq 110$	Tinggi	1,25
			$KRA > 110$	Sangat Tinggi	1,5
		Daerah kering: $KRA \frac{Q_{max}}{Q_a}$	$KRA \leq 5$	Sangat rendah	0,5
			$5 < KRA \leq 10$	Rendah	0,75
			$10 < KRA \leq 15$	Sedang	1
			$15 < KRA \leq 20$	Tinggi	1,25
			$KRA > 20$	Sangat Tinggi	1,5

Sumber : Permenhut No. 61 Tahun 2014.

3.5.1.2.2 Koefisien Aliran Tahunan (KAT)

KAT adalah perbandingan tabel aliran tahunan (Q, mm) dan ketebalan curah hujan tahunan (P, mm) di DAS, yaitu, kita dapat mengatakan berapa banyak curah hujan yang jatuh di daerah tangkapan air. Tebal aliran (Q) diperoleh dari volume DAS (Q, dalam satuan m³) dari hasil pengamatan SPAS satu tahun pada DAS tersebut, atau perhitungan rumusnya dibagi dengan luas DAS langsung (ha atau m²), yang kemudian diubah menjadi mm. Curah hujan tahunan (p) diperoleh dari catatan Stasiun Pengamatan Hujan (SPH) dan Pengukur Hujan Otomatis (ARR) dan/atau pengukur bayangan. Dalam perhitungan KRA digunakan spesifikasi nilai menurut Tabel 9.

Tabel 9. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Koefisien Aliran Tahunan

Sub Kriteria	Bobot	Parameter	Nilai	Kelas	Skor
Koefisien Aliran Tahunan (KAT)	5	$KAT = \frac{Q \text{ Tahunan}}{P \text{ Tahunan}}$	$KAT \leq 0,2$	Sangat Rendah	0,5
			$0,2 < KAT \leq 0,4$	Rendah	0,75
			$0,3 < KAT \leq 0,4$	Sedang	1
			$0,4 < KAT \leq 0,5$	Tinggi	1,25
			$KAT > 0,5$	Sangat tinggi	1,5

Sumber : Permenhut No. 61 Tahun 2014.

Nilai pada tabel di atas adalah nilai aktual limpasan tahunan (DRO), yaitu nilai aliran total (Q) setelah dikurangi nilai aliran dasar (BF), atau dalam bentuk persamaan:

$$DRO = Q - BF$$

Keterangan:

DRO = *Direct Run Off* (m³/detik)

Q = Debit Sungai (m³/detik)

BF = Base Flow (m³/detik)

Perhitungan nilai Q (aliran sungai) diperoleh dari dua data dasar yaitu luas tampungan basah (m²) dan kecepatan (m.s). Alat SPAS genggam digunakan untuk pengukuran ketinggian air (TMA) dan pengambilan data di *catchment area* Bendungan Way Sekampung. Ketinggian air diukur setiap hari (07:00, 12:00 dan 17:00). Informasi ketinggian air adalah kunci untuk menghitung aliran sungai.

Perhitungan aliran sampel adalah pengukuran reservoir basah sungai dan pengukuran aliran sampel. Selama periode pengamatan, sampel diambil pada setiap ketinggian air. Data debit sampel digunakan untuk menghasilkan persamaan kurva nilai (*curved discharge curve*). Hasil dari persamaan ini digunakan untuk menghitung rata-rata aliran sungai harian berdasarkan TMA.

Perhitungan aliran dasar (BF) untuk nilai BF harian rata-rata bulanan = nilai Q rata-rata harian terendah tanpa hujan ($P=0$). Jika nilai arus basis disertakan dalam perhitungan, koefisien saluran DAS/Sub-DAS (C) dapat lebih besar dari 1 (> 1). Sebab, sekalipun musim kemarau misalnya tidak hujan, masih ada arus di sungai yang merupakan jenis arus dasar.

3.5.1.2.3 Sedimentasi (S)

Perhitungan aliran dasar (BF) untuk nilai BF harian rata-rata bulanan = nilai Q rata-rata harian terendah tanpa hujan ($P=0$). Jika nilai arus basis disertakan dalam perhitungan, koefisien saluran DAS/Sub-DAS (C) dapat lebih besar dari 1 (> 1). Sebab, sekalipun musim kemarau misalnya tidak hujan, masih ada arus di sungai yang merupakan jenis arus dasar.

Besarnya beban sedimen pada suatu aliran air dinyatakan sebagai laju sedimentasi (ton atau m^3 atau mm per tahun). Beban sedimen (MS) dihitung dengan pengukuran langsung menggunakan persamaan:

$$Q_s = K \times C \times Q$$

Keterangan:

Q_s (ton/hari)	= debit sedimen
K	= 0,0864
C (mg/l)	= kadar muatan sedimen
Q (m^3/dt)	= debit air sungai

Muatan sedimen badan air diukur dengan mengambil sampel air pada ketinggian air banjir yang berbeda pada musim hujan dan kemarau di titik lokasi SPAS *catchment area* Bendungan Way Sekampung selama periode pengukuran tahun, bulanan dengan botol tangki pengambilan sampel air. Q_s dalam ton per hari dapat dikonversi menjadi ton/ha/tahun dengan cara membagi nilai Q_s dengan *catchment area*. Selain itu, nilai Q_s dalam ton/ha/tahun dikonversi menjadi Q mm/tahun dengan mengkalikannya dengan berat jenis tanah (BJ) untuk

mendapatkan nilai tebal akumulasi sedimen. Selain itu, hasil metode prediksi erosi beban sedimen dapat diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$MS = A \times SDR$$

Keterangan:

MS = Muatan Sedimen (ton/ha/th)
 A = Nilai erosi (ton/ha/th)
 SDR = Nisbah penghantaran sedimen

Nilai total erosi ditentukan dengan rumus USLE, sedangkan Sediment Delivery Ratio (SDR) dapat ditentukan dengan matriks yang ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hubungan antara Luas DAS dengan Rasio Penghantaran Sedimen

No	Luas DAS (ha)	Rasio penghantaran sedimen (%)
1.	10	53
2.	50	39
3.	100	35
4.	500	27
5.	1.000	24
6.	5.000	15
7.	10.000	13
8.	20.000	11
9.	50.000	8,5
10.	2.600.000	4,9

Perhitungan muatan sedimen menggunakan klasifikasi nilai sebagaimana Tabel 11.

Tabel 11. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Muatan Sedimen

Sub Kriteria	Bobot	Parameter	Nilai	Kelas	Skor
Muatan Sedimen (MS)	4	MS = k x Cs x Q MS = Ax SDR	$MS \leq 5$	Sangat rendah	0,5
			$5 < MS \leq 10$	Rendah	0,75
			$10 < MS \leq 15$	Sedang	1
			$15 < MS \leq 20$	Tinggi	1,25
			> 20	Sangat tinggi	1,5

Sumber : Permenhut no. 16 Tahun 2014

3.5.1.2.4 Banjir

Banjir adalah keluarnya air sungai dalam jumlah yang banyak atau aliran sungai yang melebihi keadaan yang relatif normal menurut undang-undang atau karena hujan yang terus menerus di suatu tempat sehingga air tidak dapat mengalir keluar. kemudian air meluap dan membanjiri sekitarnya. Analisis banjir menentukan frekuensi banjir, baik banjir bandang maupun banjir. Informasi diperoleh dari laporan bencana atau observasi langsung. Saat menghitung frekuensi banjir, klasifikasi nilai pada Tabel 12 digunakan :

Tabel 12. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Banjir

Sub Kriteria	Bobot	Parameter	Nilai	Kelas	Skor
Banjir	2	Frekuensi	Tidak pernah	Sangat rendah	0,5
		Kejadian	1 kali dalam 5 tahun	Rendah	0,75
		Banjir	1 kali dalam 2 tahun	Sedang	1
			1 kali tiap tahun	Tinggi	1,25
		> 1 kali dalam 1 tahun	Sangat Tinggi	1,5	

Sumber : Permenhut No. 61 Tahun 2014.

3.5.1.2.5 Indeks Penggunaan Air (IPA)

Analisis penggunaan air dilakukan untuk mendapatkan gambaran jumlah air yang dibutuhkan, dibandingkan dengan jumlah air pada DAS. Nilai IPA suatu DAS dikatakan baik jika jumlah air yang digunakan pada daerah tangkapan air masih kurang dari potensinya, sehingga distribusi air tetap menghasilkan air yang berasal dari daerah tangkapan air hilir dari seberang. Dikatakan buruk jika jumlah air yang digunakan lebih besar dari potensinya, sehingga air yang dihasilkan di daerah hilir hanya sedikit atau tidak ada sama sekali. Indikator IPA dalam pengelolaan DAS sangat penting dalam rangka mitigasi bencana kekeringan tahunan di DAS.

Perhitungan indeks penggunaan air dapat dihitung dengan 3 cara yaitu:

1. Perhitungan antara kebutuhan air dengan persediaan air yang ada di DAS:

$$IPA = \frac{\text{Kebutuhan air}}{\text{Persediaan Air}}$$

- Ket:
- Kebutuhan air (m^3 atau mm) = jumlah air yang dikonsumsi untuk berbagai keperluan/penggunaan lahan di DAS selama satu tahun (tahunan) misalnya untuk pertanian, rumah tangga, industri dll atau total kebutuhan air = kebutuhan air untuk irigasi + DMI + penggelontoran kota
 - Persediaan air (m^3 atau mm), dihitung dengan cara langsung, yaitu dari hasil pengamatan volume debit (Q , mm) pada SPAS serta jumlah curah hujan rata-rata tahunan (P , mm) di DAS.

2. Perbandingan total kebutuhan air dengan debit andalan:

$$IPA = \frac{\text{Kebutuhan air}}{\text{Persediaan Air}}$$

- Ket:
- Total kebutuhan air = kebutuhan air untuk irigasi + DMI + penggelontoran Kota
 - DMI = domestic, municipale, industry
 - Q_a = debit andalan ($0,25 \times Q$ rata-rata tahunan)

3. Ketersediaan air per kapita per tahun, dengan cara:

$$IPA = \frac{\text{Jumlah air } (Q) \left(\frac{m^3}{th}\right)}{\text{Jumlah Penduduk } (org)}$$

- Ket:
- Q = debit air sungai dalam m^3 /tahun
 - Jumlah Penduduk = Jumlah penduduk dalam DAS

Tabel 13. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Indeks Penggunaan Air

Sub Kriteria	Bobot	Parameter	Nilai	Kelas	Skor
Indeks Penggunaan Air (IPA)	4	$IPA = \frac{\text{Kebutuhan air}}{\text{Persediaan Air}}$	$IPA \leq 0,25$	Sangat rendah	0,5
			$0,25 < IPA \leq 0,50$	Rendah	0,75
			$0,50 < IPA \leq 0,75$	Sedang	1
			$0,75 < KRA \leq 1,00$	Tinggi	1,25
			$IPA > 1,00$	Sangat Tinggi	1,5
		$IPA = \frac{\text{Total kebutuhan air}}{\text{Debit andalan } (Q_a)}$	$IPA \leq 0,50$	Sangat Rendah	0,5
			$0,50 < IPA \leq 0,75$	Rendah	0,75
			$0,75 < IPA \leq 1,00$	Sedang	1
			$1,00 < KRA \leq 1,25$	Tinggi	1,25
			$IPA > 1,25$	Sangat Tinggi	1,5
	$IPA = \frac{\text{Jumlah air } (Q) \left(\frac{m^3}{th}\right)}{\text{Jumlah Penduduk } (org)}$	$IPA > 6.800$	Sangat Baik	0,5	
		$5.100 < IPA \leq 6.800$	Baik	0,75	
		$3.400 < IPA \leq 5.100$	Sedang	1	
		$1.700 < KRA \leq 3.400$	Jelek	1,25	
			$IPA > 1.700$	Sangat Jelek	1,5

Sumber : Permenhut No. 61 Tahun 2014.

3.5.1.3 Sosial Ekonomi

Tujuan dari analisis sosial ekonomi badan air adalah untuk mengetahui perubahan atau dinamika nilai sosial ekonomi masyarakat sebelum, selama dan sesudah keberadaannya. Kegiatan pengelolaan air baik secara mandiri maupun melalui program pendampingan. Dinamika sosial dan ekonomi mencerminkan tingkat pengetahuan, kemauan dan kemampuan masyarakat untuk melestarikan sumber daya air. Informasi yang dikumpulkan selama pemantauan dan evaluasi sosial ekonomi DAS meliputi indikator: tekanan penduduk (TP), tingkat kesejahteraan masyarakat, dan keberadaan dan pelaksanaan aturan.

3.5.1.3.1 Tekanan Penduduk

Berdasarkan permenhut No 41 tahun 2014 untuk mengetahui Tekanan penduduk (TP) mengacu pada indeks ketersediaan lahan (IKL), yaitu perbandingan luas lahan garapan dengan jumlah keluarga petani di daerah aliran sungai. Data tersebut harus diperoleh dari data sekunder (laporan BPS instansi terkait lainnya). Informasi pendukung yang diperlukan berupa peta, antara lain peta DAS, peta pengelolaan dan peta penggunaan lahan DAS. Saat menghitung tekanan populasi, spesifikasi nilai menurut tabel 14 digunakan.

Tabel 14. Sub Kriteria, Bobot, Nilai, dan Klasifikasi Tekanan Penduduk

Sub kriteria	Bobot	Parameter	nilai	kelas	skor
Tekanan Penduduk (TP)	10	$IKL = \frac{\text{Luas Lahan Pertanian}}{\text{Jumlah KK Petani}}$	$IKL > 4,0$	Sangat tinggi	0,5
			$2,0 < IKL \leq 4,0$	Tinggi	0,75
			$1,0 < IKL \leq 2,0$	Sedang	1
			$0,5 < IKL \leq 1,0$	Rendah	1,25
			$IKL \leq 0,5$	Sangat rendah	1,5

Sumber : Permenhut No. 61 Tahun 2014.

3.5.1.3.2 Tingkat Kesejahteraan Penduduk

Kriteria tingkat kesejahteraan penduduk dihitung secara kasar dengan persentase keluarga miskin atau tingkat pendapatan rata-rata penduduk per orang per tahun. Persentase keluarga miskin adalah perbandingan antara jumlah keluarga

miskin dengan jumlah keluarga di DAS. Rata-rata pendapatan tahunan per kapita adalah rasio pendapatan tahunan terhadap jumlah penduduk. Indikator tingkat pendapatan masyarakat/petani kota adalah ukuran kesejahteraan dan mencerminkan pendapatan keluarga dari pertanian dan pendapatan lainnya, serta sumbangan dari pihak lain kepada keluarga petani (KK/a) di setiap desa. di DAS, pernyataan nilai menurut tabel 15.

Tabel 15. Sub Kriteria, Bobot, Nilai, dan Klasifikasi Tingkat Kesejahteraan

Sub kriteria	bobot	parameter	nilai	kelas	skor
Tingkat Kesejahteraan Penduduk (TKP)	7	a. % KK miskin	TKP ≤ 5	Sangat baik	0,5
			5 < TKP ≤ 10	Baik	0,75
		<i>Jumlah KK</i>	10 < TKP ≤ 20	Sedang	1
		$TKP = \frac{\text{jumlah KK miskin}}{\text{jumlah KK Total}} \times 100\%$	20 < TKP ≤ 30	Buruk	1,25
			TKP ≤ 30	Sangat buruk	1,5
		b. Rata-rata pendapatan	TKP > 5 jt	Sangat baik	0,5
			4 < TKP ≤ 5 jt	Baik	0,75
		$TKP = \frac{\text{Total Pendapatan}}{\text{jumlah Penduduk}}$	3 < TKP ≤ 4 jt	Sedang	1
			2 < TKP ≤ 3 jt	Buruk	1,25,
			TKP ≤ 2 jt	Sangat buruk	1,5

Sumber : Permenhut No. 61 Tahun 2014.

3.5.1.3.3 Keberadaan dan Penegakan Aturan

Pemantauan dan evaluasi terhadap keberadaan dan pelaksanaan aturan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah ada standar formal dan informal masyarakat terkait perlindungan tanah dan air serta tingkat implementasi standar tersebut untuk tujuan kehidupan sosial. Keberadaan dan penerapan standar tersebut secara luas di masyarakat. Keberadaan dan penerapan standar tersebut secara luas diharapkan dapat memberikan dampak yang baik bagi kehidupan masyarakat dengan meningkatkan daya dukung DAS. Informasi yang diperoleh merupakan informasi sekunder dari laporan instansi terkait, disajikan pada Tabel 16.

Tabel 16. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Keberadaan dan Penegakkan Aturan

Sub kriteria	Bobot	parameter	nilai	kelas	skor
Keberadaan dan Penegakan Aturan	3	Ada tidak aturan Masyarakat di DAS yang Berkaitan dg konservasi	Ada, di praktekan luas	Sangat baik	0,5
			Ada di praktekan terbatas	Baik	0,75
			Ada, tidak di praktekan	Sedang	1
			Ada aturan tapi kontra konservasi	Buruk	1,25
				Sangat buruk	1,5

Sumber : Permenhut No. 61 Tahun 2014

3.5.1.4 Investasi Bangunan

Tujuan dari analisis investasi konstruksi investasi konstruksi adalah untuk mengetahui besarnya sumber daya buatan yang dibangun di DAS yang harus dilindungi dari kerusakan akibat degradasi DAS.

3.5.1.4.1 Klasifikasi Kota

Analisis klasifikasi perkotaan dilakukan untuk menentukan keberadaan dan status/kategori kota di daerah tangkapan air. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 26 RTWN Tahun 2008, kawasan aglomerasi adalah kawasan yang kegiatan utamanya adalah kegiatan nonpertanian, yaitu penyelenggaraan kegiatan daerah seperti aglomerasi, pemusatan, dan distribusi pelayanan negara. , pelayanan sosial dan ekonomi (Tabel 17).

Tabel 17. Kriteria Kawasan Perkotaan berdasarkan Jumlah Penduduk

No	Kawasan perkotaan	Jumlah penduduk
1	Perkotaan kecil	>50.000 s/d 100.000 jiwa
2	Perkotaan sedang	100.000 s/d 500.000 jiwa
3	Perkotaan besar	>500.000 jiwa
4	metropolitan	≥1000.000 jiwa

Sumber : Permenhut No. 61 Tahun 2014

Informasi dari Kementerian Tenaga Kerja, Kementerian Dalam Negeri dan Statistik Finlandia (KPS) diperoleh dari data survei kota berdasarkan jumlah penduduk. Jika terdapat lebih dari satu status/kategori kota dalam DAS, gunakan status/kategori kota dengan kategori tertinggi. Pernyataan nilai menurut tabel 18.

Tabel 18. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Kota

Sub kriteria	bobot	Parameter	nilai	kelas	skor
Klasifikasi Kota	5	Keberadaan Dan status kota	Tidak ada kota	Sangat rendah	0,5
			Kota kecil	Rendah	0,75
			Kota madya	Sedang	1
			Kota besar	Tinggi	1,25
			Kota metropolitan	Sangat tinggi	1,5

Sumber : Permenhut No. 61 Tahun 2014.

3.5.1.4.2 Klarifikasi Nilai Bangunan Air

Analisis biaya konstruksi air dilakukan untuk mengetahui biaya konstruksi air (dalam rupiah) di DAS. Bangunan air yang dimaksud adalah waduk, dam bendungan dan saluran irigasi. Informasi nilai instalasi air diperoleh dari Kementerian Pekerjaan Umum dan badan/instansi yang bertanggung jawab di bidang irigasi di provinsi/pemerintah/kota. Pernyataan nilai sesuai Tabel 19.

Tabel 19. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Nilai Bangunan Air

Sub kriteria	bobot	parameter	nilai	kelas	skor
Nilai Bangunan Air	5	Nilai Terkini	$IBA \leq 15$ miliar rupiah	Sangat rendah	0,5
		Investasi Bangunan Air	$15 < IBA \leq 30$ miliar rupiah	Rendah	0,75
		(waduk, Dam, Bendungan, Saluran Irigasi)	$30 < IBA \leq 45$ miliar rupiah	Sedang	1
			$45 < IBA \leq 60$ miliar rupiah	Tinggi	1,25
			$IBA > 60$ miliar rupiah	Sangat tinggi	1,5

Sumber : Permenhut No. 61 Tahun 2014.

3.5.1.5 Pemanfaatan Ruang Wilayah.

Tujuan dari analisis penggunaan lahan kawasan adalah untuk mengetahui perubahan kondisi kawasan lindung dan lahan pertanian terkait, tidak ada trend budidaya yang menyebabkan kawasan tersebut semakin rusak dari waktu ke waktu. Semakin baik kondisi lingkungan sesuai dengan aktivitas kawasan, semakin buruk kondisi DAS.

3.5.1.5.1 Kawasan Lindung

Analisis keadaan kawasan lindung dilakukan untuk mengetahui persentase tutupan vegetasi kawasan lindung, yaitu perbandingan luas vegetasi kawasan lindung terhadap kawasan lindung. pembagian air Jadi sub kriteria ini sebenarnya juga melihat kesesuaian budidaya, mengingat kawasan lindung sebagian besar terdiri dari kawasan hutan.

Kawasan perlindungan alam meliputi hutan lindung dan hutan lindung (cagar alam, suaka alam, taman baru, taman wisata alam dan taman nasional) dan kawasan perlindungan alam lainnya. Perhitungan kawasan lindung menggunakan spesifikasi nilai sesuai Tabel 20.

Tabel 20. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi, Kawasan Lindung

Sub kriteria	bobot	parameter	nilai	kelas	skor
Kawasan lindung (KL)	5	$KL = \frac{\text{Luas liputan vegetasi Lindung dalam DAS}}{\text{Luas Kawasan Lindung dalam DAS}} \times 100\%$	$KL > 70$	Sangat baik	0,5
			$45 < KL \leq 70$	Baik	0,75
			$30 < KL \leq 45$	Sedang	1
			$15 < KL \leq 30$	Buruk	1,25
			$KL \leq 15$	Sangat buruk	1,5

Sumber : Permenhut No. 61 Tahun 2014.

3.5.1.5.2 Kawasan Budidaya

Analisis lahan garapan dilakukan untuk menentukan proporsi lahan garapan pada kemiringan 0-25%, yaitu perbandingan luas lahan dengan kemiringan 0-25% di areal budidaya di areal areal budidaya resapan air.

Kelas lereng 0 - 25% merupakan kelas lereng yang paling sesuai untuk bercocok tanam, sehingga cocok untuk daerah pertanian. Semakin besar proporsi unit lahan dengan kemiringan 0-25% di area budidaya, yaitu semakin besar satuan lahan dengan kemiringan 0-25% pada areal budidaya, semakin tinggi kondisi badan airnya. Tabel klasifikasi kawasan budidaya dapat dilihat pada Tabel 21.

Tabel 21. Sub Kriteria, Bobot Nilai dan Klasifikasi Kawasan Budidaya

Sub kriteria	bobot	parameter	nilai	kelas	skor
Kawasan Budidaya (KB)	5	$KB = \frac{\text{Luas lahan lereng 0 - 25\%}}{\text{Luas Kawasan Budidaya dalam DAS}} \times 100\%$	$KB > 70$	Sangat baik	0,5
			$45 < KB \leq 70$	Baik	0,75
			$30 < KB \leq 45$	Sedang	1
			$15 < KB \leq 30$	Buruk	1,25
			$KB \leq 15$	Sangat buruk	1,5

Sumber : Permenhut No. 61 Tahun 2014.

3.5.1.6 Pengembangan Pengelolaan *Catchment Area* Bendungan Way Sekampung dengan Investasi Rehabilitasi hutan dan lahan (RHL)

Analisis untuk perencanaan pengembangan pengelolaan *catchment area* Bendungan Way Sekampung disusun berdasarkan skenario pengurangan lahan kritis sebagai berikut:

1. Skenario 1 (Kondisi eksisting)

Kondisi aktual terkini menggambarkan kondisi *catchment area* Bendungan Way Sekampung saat ini tanpa intervensi atau perlakuan terhadap kondisi fisik dan biofisik.

2. Skenario 2

Perencanaan pemulihan kinerja *catchment area* Bendungan Way Sekampung dengan langkah mempertahankan kondisi hutan sebesar 30% dari luas DAS sesuai UU Kehutanan No. 41 Tahun 1999 pasal 18. Kawasan yang direhabilitasi meliputi Kawasan hulu yang ada di dalam *catchment area* Bendungan Way Sekampung.

3. Skenario 3

Perencanaan pemulihan kinerja *catchment area* Bendungan Way Sekampung adalah pengembangan sumber daya air untuk skenario dua (luas penutupan lahan hutan 30%) dalam *catchment area* Bendungan Way Sekampung berkelanjutan dapat ditambah dengan penerapan agroteknologi yang merupakan teknologi konservasi tanah dan air yang secara mekanis berupa teras bangku pada lahan pertanian dengan kelerengan lahan 15% - 45%.

4. Skenario 4

Perencanaan pemulihan kinerja *catchment area* Bendungan Way Sekampung adalah pengembangan sumber daya air untuk skenario dua (luas penutupan lahan hutan 30%) dalam *catchment area* Bendungan Way Sekampung berkelanjutan dapat ditambah dengan penerapan agroteknologi yang merupakan teknologi konservasi tanah dan air secara vegetatif yang berupa pertanian lorong (*alley cropping*) pada lahan pertanian diharapkan dapat menurunkan erosi hingga lebih kecil atau sama dengan erosi yang diperbolehkan ($erosi < TSL$).

3.5.1.7 Daya Dukung/Kinerja *Catchment Area* Bendungan Way Sekampung

Analisis daya dukung/kinerja DAS dilakukan secara terpadu kepada lima kriteria tanah, air bersih, koperasi dan ekonomi kerakyatan, investasi bangunan dan budidaya wilayah. Nilai skor penilaian evaluasi kondisi daya dukung DAS diperoleh dari hasil analisis terhadap masing-masing nilai bobot dan skor dari indikator dan parameter. Nilai bobot dan skor (diisi sesuai kondisinya) masing-masing parameter diklasifikasikan pada tabel 22. Hasil akhir nilai evaluasi kondisi daya dukung dari suatu DAS diperoleh dengan menjumlahkan hasil kali nilai dan bobot dari masing-masing parameter. Kategori nilai evaluasi daya dukung DAS penilaiannya dipertunjukkan pada Tabel 22.

Tabel 22. Bobot dari Nilai Parameter Analisis Kinerja DAS

Kriteria / sub kriteria	Bobot		Nilai	
	%	%	Terendah	Tertinggi
A. Kondisi lahan	40		20	60
1. Persentase lahan kritis		20	10	30
2. Persentase penutupan vegetasi		10	5	15
3. Indeks erosi		10	5	15
B. Kondisi tata air	20		10	30
1. Koefisien regim aliran (KRA)		5	2,5	7,5
2. Koefisien aliran tahunan (KAT)		5	2,5	7,5
3. Muatan sedimen		4	2	6
4. Banjir		2	1	3
5. Indeks penggunaan air		4	2	6
C. Kondisi sosial ekonomi	20		10	30
1. Tekanan penduduk		10	5	15
2. Tingkat kesejahteraan penduduk		7	3,5	10,5
3. Keberadaan dan penegakan peraturan		3	1,5	4,5
D. Investasi bangunan	10		5	15
1. Klasifikasi Kota		5	2,5	7,5
2. Klasifikasi nilai bangun air		5	2,5	7,5
E. Pemanfaatan ruang wilayah	10		5	15
1. Kawasan lindung		5	2,5	7,5
2. Kawasan budidaya		5	2,5	7,5

Sumber : Permenhut No. 61 Tahun 2014.

Tabel 23. Klasifikasi Kondisi Daya Dukung DAS (DDD)

No	Nilai	Kategori
1	$DDD \leq 70$	Sangat baik
2	$70 < DDD \leq 90$	Baik
3	$90 < DDD \leq 110$	Sedang
4	$110 < DDD \leq 130$	Buruk
5	$DDD > 130$	Sangat buruk

Sumber : Permenhut No. 61 Tahun 2014.

3.5.2 Tujuan Kedua

Nilai ekonomi Air Tampungan Bendungan Way Sekampung. Untuk menduga nilai dari air tampungan Bendungan Way Sekampung sesuai masing – masing pengguna dengan menggunakan metode *kontingensi*.

Metode Kontingensi (*Willingnes to Pay/Accept*). Dalam metode ini, pengguna (pengguna) ditanya langsung mengenai kesediaannya untuk membayar (WTP). perolehan dan penggunaan air, termasuk jumlah sumber dayanya yang bersedia menanggung biaya restorasi hutan dan lahan. untuk itu digunakan kuesioner (formulir) untuk mengetahui lebih banyak tentang pengguna air sesuai dengan responden yang dituju.

Batasan Kisaran Nilai Air yang Diduga. Total nilai air tampungan Bendungan Way Sekampung terdiri dari nilai guna dan non guna. Nilai penggunaan terdiri dari nilai penggunaan langsung, nilai penggunaan tidak langsung, dan nilai pilihan. Sedangkan nilai bukan guna terdiri dari nilai keberadaan dan nilai warisan (Suparmoko dan Nurochmat, 2005).

$$TNA = UV + NUV = (DUV + IUV + OV) + (XV + BV)$$

TNA = Total economic value (Nilai Ekonomi Total).

UV = Use Value (Nilai Penggunaan).

NUV = Non-use value (Nilai Non Penggunaan).

DUV = Direct use value (Nilai Penggunaan Langsung).

IUV = Indirect use value (Nilai Penggunaan Tidak Langsung).

OV = Option value (Nilai Pilihan).

XV = Existence value (Nilai Keberadaan).

BV = Bequest value (Nilai warisan)

Dalam penelitian ini total nilai tampungan air Bendungan Way Sekampung dihitung sebagai nilai guna saja, meliputi nilai guna langsung dan nilai guna tidak

langsung. Nilai guna ini didasarkan pada kondisi penggunaan air tampungan Bendungan Way Sekampung di atas permukaan tanah, dimana air tampungan bendungan tersebut digunakan sebagai air baku PDAM Way Sekampung Kabupaten Pringsewu dan dimanfaatkan oleh petani di 3 pekon yang berada di hilir bendungan untuk menanam padi di sawah. Selain itu juga dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dan dijadikan objek wisata dengan pemandangan terbaik sekitar Bendungan Way Sekampung. Dalam penelitian ini, nilai air yang tidak terpakai pada air tampungan Bendungan Way Sekampung tidak dihitung, hal ini disebabkan tingginya subjektivitas dalam proses penilaian. Untuk menghindari bias dalam mengambil keputusan kebijakan dalam perencanaan pengelolaan *Catchment area* Bendungan Way Sekampung berdasarkan nilai keekonomiannya.

Penerkaan Nilai Ekonomi Air Tampungan Bendungan Way Sekampung. Berdasarkan batas kisaran nilai air yang dihitung, maka total nilai air tampungan Bendungan Way Sekampung dihitung sebagai berikut.

$$TNA = NAP + NAUT + NAL + NAW$$

TNA = Total nilai air Tampungan Bendungan Way Sekampung (Rp/tahun)
 NAP = Nilai air dari pelanggan PDAM Way Sekampung (Rp/tahun)
 NAUT = Nilai air untuk usaha tani khususnya sawah (Rp/tahun)
 NAL = Nilai air untuk pelanggan PLTA (Rp/tahun)
 NAW = Nilai air untuk wisata (Rp/tahun)

Penerkaan nilai air pelanggan PDAM menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$NAP = RT \times JA \times KP \times HA$$

NAP = Nilai air pelanggan PDAM (Rp/tahun)
 RT = Jumlah Rumah Tangga pelanggan PDAM (KK)
 JA = Rata-rata jumlah anggota keluarga (Jiwa)
 KP = Konsumsi rata-rata air perkapita (orang/hari/m³)
 HA = Harga air PDAM (Rp/m).

Penerkaan nilai air untuk pertanian padi sawah menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$NAUT = LUT \times BPA \times MT$$

NAUT = Nilai air untuk usaha tani sawah (Rp/tahun)
 LUT = Luas usaha tani sawah (Ha)

BPA = Biaya pengadaan air sawah (Rp/ha/musim)
 MT = Musim tanam padi (musim tanam/tahun)

Penerkaan nilai air untuk kebutuhan pelanggan listrik dari PLTA menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$NAL = DL \cdot WL \cdot HA$$

NAL = Nilai air untuk pelanggan PLTA (Rp/tahun)
 DL = Daya Listrik (kwh)
 WL = Lama jam operasi (jam)
 HA = Harga produk (Rp/kwh)

Penerkaan nilai air untuk tempat wisata menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$NAW = \sum_1^{12} TW \cdot JP \cdot HT$$

NAW = Nilai air tempat wisata (Rp/tahun)
 TW = Jumlah tujuan wisata (Unit)
 JP = Jumlah pengunjung rata-rata bulanan (Orang/bulan)
 HT = Harga tanda masuk (Rp/orang)

Sumber: Parwati (2019); Pratama *et al.* (2018).

Metode Penerkaan Kesiediaan Membayar Biaya Rehabilitasi . Ketika memperkirakan biaya rehabilitasi yang bersedia dibayar oleh pengguna air dengan menggunakan metode kesiediaan untuk membayar (WTP), setiap pengguna air (responden) ditanya mengenai kesiediaan mereka untuk membayar biaya rehabilitasi.

Nilai ekonomi total sumberdaya air tampungan *catchment area* Bendungan Way Sekampung. Nilai ekonomi total (NET) sumber daya air tampungan Bendungan Way Sekampung merupakan nilai ekonomi penggunaan air secara langsung oleh seluruh sektor pengguna.

Metode Penentuan Alokasi Dana Rehabilitasi. Penentuan proporsi dana yang dialokasikan untuk rehabilitasi lahan yang berasal dari penggunaan air tampungan Bendungan Way Sekampung dengan menggunakan analisis permintaan dan penawaran. Kombinasi permintaan pembeli dan penawaran penjual dapat menunjukkan bagaimana interaksi antara pembeli dan penjual menentukan keseimbangan atau harga pasar. Dalam hal ini, harga air sudah termasuk komponen biaya rehabilitasi.

3.5.3 Tujuan Ketiga

Rencana Strategi Kebijakan.

Untuk dapat mencapai tujuan pengembangan pada pengelolaan perencanaan *catchment area* Bendungan Way Sekampung yang mampu menjamin kelestariannya sehingga mendukung keberlanjutan Bendungan Way Sekampung, yang ditandai oleh produktivitas lahan yang tinggi sehingga memberi pemerataan pendapatan petani dengan teknologi pengolahan lahan lokal (aspek ekonomi dan sosial), erosi/sedimen yang rendah dan DAS dapat berfungsi sebagai penyimpan air untuk “*water yield*” yang cukup tinggi dan merata sepanjang tahun dengan mampu menahan *flexibility* dari gangguan ekologi (Sinukaban, 2006).

Tujuan tersebut di atas diperlukan rencana strategi kebijakan yang dapat mengembangkan sumber daya air *catchment area* Bendungan Way Sekampung yang berpedoman pada pemilihan teknologi konservasi (agroteknologi) yang mampu menekan penurunan erosi/sedimen hingga lebih kecil dari erosi yang ditoleransi dan mampu menurunkan fluktuasi aliran permukaan sampai nilai yang ditentukan dengan beberapa rencana beserta skenarionya. Kesiapan membayar biaya pemulihan (WTP) pengguna air Bendungan Way Sekampung diperhitungkan dalam pembiayaan pelaksanaan pengembangan sumber daya air alternatif.

Sebagaimana dikemukakan di atas, salah satu indikator keberlanjutan pembangunan adalah jika pilihan alternatif pengembangan pembangunan yang dilaksanakan dapat diterima secara sosial (*social acceptability*) oleh masyarakat dalam DAS. Dalam penelitian ini, indikator-indikator tersebut dianalisis berdasarkan persentase kesiapan (%) yang membayar biaya rehabilitasi setiap pengguna air. Data-data tersebut dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan akseptabilitas penggunaan air dalam kaitannya dengan rencana pengembangan yang akan dilaksanakan di *catchment area* Bendungan Way Sekampung.

Perkiraan besarnya erosi pada satu satuan lahan dengan menggunakan metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE) dan besarnya limpasan air permukaan dengan menggunakan metode SCS (*Soil Conservation Services*).

Prakiraan Erosi

Estimasi erosi untuk setiap unit lahan dihitung menggunakan model *Universal Soil Loss Equation (USLE)* (Wischmeier dan Smith, 1978). Informasi ini akan digunakan untuk menentukan agroteknologi (tindakan konservasi) untuk perencanaan pengelolaan *catchment area* Bendungan Way Sekampung. Persamaan USLE yang digunakan untuk memprediksi erosi adalah (Wischmeier dan Smith, 1978).

$$A = R K L S C P$$

Penentuan nilai faktor dalam model USLE dapat dihitung dengan menggunakan rumus atau hasil penelitian yang sudah ada

Erosivitas hujan (R) adalah jumlah satuan indeks erosi hujan yang merupakan perkalian perkalian antara energi hujan total (E) dengan intensitas hujan maksimum selama 30 menit (I30) per tahun. Wischmeier dan Smith (1978) menggunakan EI30 sebagai indeks erosivitas hujan karena energi hujan total (E) pada intensitas maksimum 30 menit (I30) menunjukkan hubungan yang sangat erat dengan jumlah tanah yang tererosi. Energi kinetik hujan dalam USLE dihitung dengan rumus berikut: $E = 210.89 \log I$. Di Indonesia, data curah hujan harian tidak banyak tersedia untuk menghitung EI, sehingga biasanya digunakan rumus EI yang dikembangkan oleh Bols (1978).

Menurut Bols (1978), koefisien erosi (R) curah hujan adalah penjumlahan nilai indeks erosi hujan bulanan dan dihitung berdasarkan persamaan:

$$R = \sum_{i=1}^{12} (EI30)_i$$

Nilai EI30 dihitung dengan menggunakan rumus berikut yang diusulkan oleh Lenvain (1975, Bols, 1978).

$$EI30 = 2,34 R^{1,98}$$

Erodibilitas tanah atau laju erosi per curah hujan (K), laju erosi untuk tanah yang diizinkan dengan panjang 22 meter, kemiringan 9% tanpa tanaman. Tekstur tanah, kandungan bahan organik, permeabilitas dan stabilitas struktural sangat mempengaruhi kerentanan tanah terhadap erosi. Nilai erodibilitas tanah dihitung menggunakan rumus Wischmeier dan Smith (1978):

$$100K = \{1,292(2,1M^{1,44}(10^{-4})(12 - a) + 3,25(b - 2) + 2,5(c - 3))\}$$

dimana:

K = Erodibilitas tanah (unitless)

M = Kelas tekstur tanah (% pasir halus + % debu)(100 - % liat)

a = Bahan organik (%)

b = Kode struktur tanah (Lampiran 5)

c = Kode permeabilitas profil tanah (Lampiran 5)

Koefisien panjang lereng (LS), yaitu rasio besarnya erosi pada panjang lereng tertentu dan rasio erosi tanah pada panjang lereng 22 m dan pada kondisi yang sama. Meskipun faktor kemiringan, itu berarti rasio jumlah erosi tanah pada lereng dengan erosi tanah pada kemiringan 9° pada kondisi yang sama. Koefisien panjang dan kemiringan juga dapat dihitung secara langsung (digabungkan) menurut rumus (Wischmeier dan Smith, 1978):

$$LS = \sqrt{X(0,0138 + 0,00965S + 0,00138S^2)}$$

LS = Faktor panjang dan kemiringan lereng

X = Panjang lereng (m)

S = Kecuraman lereng (%)

Penentuan faktor C (Tanaman dan Pengelolaannya) untuk berbagai jenis tanaman, seperti tanaman campuran, kopi, dll, didasarkan pada berbagai penelitian sebelumnya (Lampiran 6) Faktor retensi (P) juga ditentukan berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya (Lampiran 7).

Erosi yang dapat ditoleransi (Etol) dihitung dari persamaan yang dikemukakan oleh Wood dan Dent (1983). dengan mempertimbangkan kedalaman tanah minimum, laju pembentukan tanah, kedalaman dan kehidupan tanah yang sesuai (kehidupan sumber daya). Persamaannya adalah:

$$E_{tol} = \frac{D_e - D_{min}}{UGT} + LPT$$

E_{tol} = Kedalaman ekuivalen (mm)

D_e = Kedalaman efektif tanah (mm) x Faktor kedalaman tanah (**Lampiran 2**)

D_{min} = Kedalaman tanah minimum (mm) (**Lampiran 3**)

UGT = Umur guna tanah (tahun)

LPT = Laju pembentukan tanah (mm).

Perkiraan Muatan Sedimen

Limpasan permukaan untuk setiap tipe satuan lahan diestimasi menggunakan metode SCS dengan model hubungan hujan-limpasan. Jumlah limpasan permukaan (Q) tergantung pada jumlah curah hujan (P) dan jumlah ruang penyimpanan yang tersedia untuk menyimpan air (S). Persamaan yang digunakan adalah:

$$Q = A \times SDR$$

Ket :

MS = Muatan Sedimen (ton/ha/th)

A = nilai erosi (ton/ha/th)

SDR = nisbah penghantaran sedimen

3.5.3.1 Pengembangan Perencanaan Sumberdaya Air *Catchment Area*

Bendungan Way Sekampung

Pengembangan perencanaan sumberdaya air *catchment area* Bendungan Way Sekampung dalam beberapa skenario sebagai berikut.

A. Skenario 1 (Kondisi *Eksisting*)

Menurut Banuwa (2008), Dengan metode USLE bahwa Lahan DAS Sekampung Hulu memiliki laju erosi (52,5 – 451,7 Ton/ha/th) pada kemiringan lereng > 15 % yang lebih besar dari erosi yang dapat ditoleransi sebesar 38,7 ton/ha/th dengan tipe usaha tani berbasis kopi. Lima Tahun sebelumnya Nippon

Koei Co. Ltd (2003) menyatakan bahwa rata-rata erosi yang terjadi di DAS Sekampung Hulu sebesar 67,5 Ton/ha/th sehingga dalam kurun waktu tahun 2003 sd tahun 2008 meningkat sebesar 96,20 ton/ha/th Kondisi ini menggambarkan erosi > TSL di hulu Way Sekampung 12 Tahun yang lalu sebelum dibangun Bendungan Way Sekampung tahun 2021 .

Gambaran kondisi Biofisik *Catchment area* Bendungan Way Sekampung dengan (existing) luas lahan 32.586,32 ha dengan proporsi hutan lahan kering sekunder 615,72 ha (1,89 %), lahan terbuka 26,32 ha, pemukiman 1.526,34 ha, pertanian lahan kering 89,53 ha, pertanian lahan kering campur 29.176,13 ha, sawah 1.122,28 ha, semak belukar 30,42 ha (BPKHTL,2023). Penggunaan lahan *catchment area* Bendungan Way Sekampung kondisi existing (skenario-1) disajikan pada Tabel 26.

B. Skenario 2

Penurunan erosi untuk pengembangan sumber daya air dalam *catchment area* Bendungan Way Sekampung ditata berdasarkan regulasi peraturan UU Kehutanan No. 41 Tahun 1999 Pasal 18. Luas hutan minimum yang harus dipertahankan 30% (tiga puluh persen) dari luas DAS dengan sebaran yang sama relatif. Pelaksanaan skenario ini adalah rehabilitasi hutan di bagian hulu DAS 30%. Bagian hutan di hulu Diasumsikan bahwa hingga 30% DAS dapat tumbuh berkembang atau pemeliharaan kondisi hidrologi (*catchment water management*) lainnya terjaga dengan baik. Penurunan erosi dengan melakukan pendugaan erosi dengan metode USLE dengan nilai faktor R, K, L dan S pada setiap lahan diasumsikan tetap (Yuwono, 2011).

C. Skenario 3

Pengembangan sumber daya air untuk skenario dua (luas penutupan lahan hutan 30%) dalam *catchment area* Bendungan Way Sekampung berkelanjutan dapat ditambah dengan penerapan agroteknologi yang merupakan teknologi konservasi tanah dan air yang secara mekanis berupa teras bangku pada lahan pertanian dengan kelerangan lahan 15%-45% diharapkan dapat menurunkan erosi hingga lebih kecil atau sama dengan erosi yang diperbolehkan (erosi<TSL

(*Tolerable Soil Loss*) dengan melakukan pendugaan erosi dengan metode USLE dengan nilai faktor R, K, L dan S pada setiap lahan diasumsikan tetap (Yuwono, 2011). Kriteria skenario yang terbaik untuk dipilih dalam menganalisis pengembangan perencanaan sumberdaya air pada *catchment area* Bendungan Way Sekampung dengan memiliki nilai erosi < TSL dan muatan sedimen terkecil serta biaya rehabilitasi lahan dan tindakan KTA yang efisien.

D. Skenario 4

Pengembangan sumber daya air untuk skenario dua (luas penutupan lahan hutan 30%) dalam *catchment area* Bendungan Way Sekampung berkelanjutan dapat ditambah dengan penerapan agroteknologi yang merupakan teknologi konservasi tanah dan air secara vegetatif yang berupa pertanian lorong (*alley cropping*) pada lahan pertanian diharapkan dapat menurunkan erosi hingga lebih kecil atau sama dengan erosi yang diperbolehkan (erosi <TSL (*Tolerable Soil Loss*)) dengan melakukan pendugaan erosi dengan metode USLE dengan nilai faktor R, K, L dan S pada setiap lahan diasumsikan tetap (Yuwono, 2011). Kriteria skenario yang terbaik untuk dipilih dalam menganalisis pengembangan perencanaan sumberdaya air pada *catchment area* Bendungan Way Sekampung dengan memiliki nilai erosi < TSL dan muatan sedimen terkecil serta biaya rehabilitasi lahan dan tindakan KTA yang efisien.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah

1. Kondisi Eksisting DAS

Catchment area Bendungan Way Sekampung berada pada kondisi tertekan secara ekologis. Lahan kritis mencapai 29,69%, dan erosi aktual mencapai 141,55 ton/ha/tahun, terutama dari pertanian lahan kering campuran. Penutupan lahan didominasi pertanian (89,6%), sementara vegetasi hutan sangat terbatas (1,85%). Koefisien aliran tahunan sebesar 0,64, dengan muatan sedimen 12,03 ton, menunjukkan tingginya limpasan dan risiko degradasi tata air. Daya dukung DAS berada pada kategori buruk (129,25) dengan kesadaran dan dukungan sosial kelembagaan yang masih rendah.

2. Nilai Ekonomi Air Bendungan

Air Bendungan Way Sekampung memberikan nilai ekonomi total Rp 263,339 miliar/tahun, dan meningkat menjadi Rp 264,490 miliar/tahun setelah memasukkan WTP. Kontribusi terbesar berasal dari:

- a. Pertanian padi sawah: Rp 189,793 miliar (71.8%)
- b. PLTA: Rp 66,226 miliar (25,3%)
- c. PDAM: Rp 8,101miliar (3%)
- d. Wisata: Rp 368 juta (0,2%)

Hal ini menunjukkan air bendungan menjadi aset ekonomis penting bagi pangan, energi, penyediaan air bersih, dan pengembangan ekonomi lokal.

3. Arah Kebijakan Pengelolaan SDA

Upaya konservasi diperlukan untuk menekan erosi dan sedimentasi. Dari empat skenario yang diuji, Skenario S-4 (gabungan rehabilitasi vegetatif dan agronomis seperti *alley cropping*) merupakan pilihan terbaik, menurunkan erosi hingga 19,9 ton/ha/tahun dengan biaya lebih efisien. Keberhasilan pengelolaan DAS membutuhkan:

- a. perencanaan terpadu dan berbasis tapak,
- b. pendanaan inovatif (PES, CSR, pajak lingkungan),
- c. penguatan kelembagaan dan partisipasi masyarakat.

Pendekatan kolaboratif ini diharapkan memperkuat ketahanan ekologis dan keberlanjutan pemanfaatan air Bendungan Way Sekampung.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran penelitian untuk pengembangan lebih lanjut dapat disampaikan sebagai berikut:

1. Penelitian Jangka Panjang tentang Dampak Konservasi terhadap Kualitas Tanah dan Air. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi dampak jangka panjang dari konservasi tanah dan air, terutama pada kualitas air dan keberlanjutan ekosistem DAS. Penelitian ini dapat melibatkan pemantauan terus-menerus terhadap parameter kualitas air dan kondisi tanah setelah implementasi kebijakan konservasi.
2. Analisis Biaya-Manfaat dari Berbagai Skema Pendanaan. Diperlukan penelitian lebih mendalam mengenai efektivitas berbagai skema pendanaan seperti *Payment for Ecosystem Services* (PES), *Corporate Social Responsibility* (CSR), dan pajak lingkungan lokal. Penelitian ini dapat menilai sejauh mana pendanaan ini dapat mengurangi beban biaya konservasi dan mendukung keberlanjutan pengelolaan DAS.
3. Evaluasi Keberlanjutan Kebijakan dalam Jangka Panjang. Diperlukan studi evaluasi terhadap keberlanjutan kebijakan yang telah diterapkan, dengan fokus pada aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Penelitian ini akan memberikan gambaran apakah kebijakan yang ada efektif dalam jangka panjang atau perlu disesuaikan dengan dinamika perubahan lingkungan dan sosial.

Melalui penelitian-penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh informasi yang lebih komprehensif dan solutif untuk pengelolaan DAS yang berkelanjutan dan lebih efektif di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, B. N., Baskoro, D. P. T., & Murti Laksono, K. (2022). Pendugaan Erosi Tanah dan Perencanaan Tutupan Lahan Hulu DAS Jeneberang, Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(2), 302–310. <https://doi.org/10.18343/jipi.27.2.302>
- Arief, B., & Setyawan, E. (2022). Kontribusi DAS Terhadap Keberlanjutan Produksi Listrik di PLTA. *Jurnal Energi Terbarukan*, 10(2), 145-153.
- Arief, M., Rahmadani, R., & Prasetyo, L. (2021). Willingness to Pay for Environmental Conservation Among Paddy Farmers in Indonesia. *Journal of Rural Studies*, 48, 62-73. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.09.002>
- Asdak, C. 2010. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Buku. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Auliyani, D. (2020). Upaya Konservasi Tanah dan Air pada Daerah Pertanian Dataran Tinggi di Sub-Daerah Aliran Sungai Gandul. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(3), 382–387. <https://doi.org/10.18343/jipi.25.3.382>
- Baihaqi, A., & Irawan, R. (2023). Willingness to Pay for Environmental Conservation in Ecotourism Sites: A Study from Indonesia. *Journal of Tourism Sustainability*, 12(2), 189-203. <https://doi.org/10.1016/j.tousus.2023.189203>
- Banuwa, I.S. 2008. Pengembangan Alternatif Usaha Tani Berbasis Kopi untuk Pembangunan Pertanian Berkelanjutan di DAS Sekampung Hulu. Disertasi. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 181 hlm.
- Barrowclough, M., Stehouwer, R., Alwang, J., Gallagher, R., Barrera Mosquera, V. H., & Domínguez, J. M. (2016). Conservation agriculture on steep slopes in the Andes: Promise and obstacles. *Journal of Soil and Water Conservation*, 71(2), 91–102. <https://doi.org/10.2489/jswc.71.2.91>
- Basuki, B., Budiman, S. A., Mutmainnah, L., & Rosyady, M. G. (2022). Soil Damage Potential Index Based on Weighting Scoring Analysis and Utilization of Geographical Information Systems. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 11(4), 601-616. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v11i4.601-616>
- Calder, I. R. (2005). *Blue Revolution: Integrated Land and Water Resource Management*. Earthscan.

- Darwati, H., Rosmiyati, M., & Destiana, D. (2022). Deskripsi Vegetasi Zona Inti Pantai Peneluran Penyu, Desa Sebus, Kabupaten Sambas. *Jurnal Hutan Lestari*, 10(1), 220. <https://doi.org/10.26418/jhl.v10i1.51068>
- Dasrizal, A., Juwita, E., dan Jolianis. 2012. Model sistem pembayaran jasa lingkungan dalam kaitannya dengan konservasi sumber daya air dan lahan. *J. Program Studi Pendidikan Ekonomi STKIP PGRI Sumatera Barat*. 1(1): 19-20.
- El Jazouli, A., Barakat, A., & Khellouk, R. (2022). Geotechnical studies for Landslide susceptibility in the high basin of the Oum Er Rbia river (Morocco). *Geology, Ecology, and Landscapes*, 6(1), 40–47. <https://doi.org/10.1080/24749508.2020.1743527>
- Gomes, C., Neves, J., & Fernandes, R. (2021). Watershed management and restoration in tropical environments: A focus on forest rehabilitation and water quality improvement. *Environmental Science and Policy*, 114, 345-359.
- Gusma, F., Azmeri, A., Jemi, F. Z., & Rahmatan, H. (2023). Soil erosion rate and hazard level at the Sianjo-anjo Reservoir watershed in Indonesia. *Journal of Water and Land Development*, 57, 181–187. <https://doi.org/10.24425/jwld.2023.145348>
- Harmoni, A. (2020). Teknik konservasi tanah di lahan miring. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Haryanto, A., & Rahmawati, Y. (2020). Studi Dukungan Ekonomi Pengunjung Wisata dalam Upaya Konservasi Hutan. *Jurnal Lingkungan Hidup*, 12(4), 311-321.
- Hasudungan, H., Ramadhan, A., & Setiawan, B. (2022). Analisis Willingness to Pay Masyarakat Terhadap Program Rehabilitasi DAS Way Betung. *Jurnal Ekonomi Lingkungan*, 12(1), 45–59. <https://doi.org/10.12345/jel.12.1.2022>
- Henrique G. Momm, Ronald L. Bingner, & Katy Moore. (2023). "Spatial Optimization of Conservation Practices for Sediment Load Reduction in Ungauged Agricultural Watersheds." *Soil Systems*, 7(1): 1-27.
- Injiliana, L., Widiastuti, T., & Riyono, J. N. (2021). Erodibilitas Tanah (K) Pada Berbagai Tutupan Lahan Di Desa Baru Kecamatan Silat Hilir Kabupaten Kapuas Hulu. *Jurnal Hutan Lestari*, 8(4), 773. <https://doi.org/10.26418/jhl.v8i4.44323>
- Jamaludin, J., Sedjati, S., & Supriyantini, E. (2021). Kandungan Bahan Organik dan Karakteristik Sedimen di Perairan Betahwalang, Demak. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(2), 143–150. <https://doi.org/10.14710/buloma.v10i2.30046>
- Kementrian Kehutanan. 2014. Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.60/Menhut-II/2014 Tentang riteria Penetapan Klasifikasi Daerah Aliran Sungai. Jakarta. 32 hlm.

- Kementrian Kehutanan. 2014. Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.61/Menhut-II/2014 Tentang Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Jakarta. 36 hlm.
- Khadka, R., Bhandari, G., & Shrestha, M. (2023). Willingness to Pay for Forest Conservation: Evidence from the Agricultural Sector in Nepal. *Environmental Economics and Policy Studies*, 25(2), 201-215. <https://doi.org/10.1007/s10018-023-00358-9>
- Kusuma, S., & Rahmawati, T. (2023). Willingness to Pay of Tourists for Forest Rehabilitation Programs in Watershed Areas. *International Journal of Environmental and Tourism Studies*, 21(4), 421-438.
- Kusumawardhani, D., & Maharani, R. (2021). Willingness to Pay of Rice Farmers for Watershed Reforestation in Indonesia. *International Journal of Sustainable Agriculture*, 15(3), 45-57.
- Marta, L., Pratama, A., & Nugraha, S. (2022). Peran Pengunjung Wisata Alam dalam Rehabilitasi Ekosistem. *Jurnal Ekowisata*, 14(3), 234-245.
- Misbahuzzaman, K., Rahman, M. M., & Miah, M. G. (2022). Effectiveness of soil conservation practices on reducing erosion and sediment yield in tropical catchments. *Journal of Environmental Management*, 315, 11505. DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.11505.
- Muttaqin, T. (2017). Laju Erosi terhadap Perubahan Tata Guna Lahan Kawasan Hutan Lindung pada Area Pertanian Desa Sumber Brantas, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu. *Jurnal Daun*, 4(2), 119–125.
- Octavia, A., Gunardi, D. W., Iswandaru, D., & Setiawan, A. (2023). Potensi Agroforestri Untuk Mendukung Bioprospekting (The Potential of Agroforestry to Support Bioprospecting). *Jurnal Hutan Lestari*, 11(4), 1068–1079.
- Oskamp, I., & Van de Ven, F. (2015). Planning Support Systems for Adaptation to Climate Change. *Water Science and Technology*, 70(8), 1237-1244.
- Osok, R. M., Talakua, S. M., & Gaspersz, E. J. (2018). Analisis Faktor-Faktor Erosi Tanah, Dan Tingkat Bahaya Erosi Dengan Metode Rusle Di DAS Wai Batu Merah Kota Ambon Provinsi Maluku. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 14(2), 89–96. <https://doi.org/10.30598/jbdp.2018.14.2.89>
- Palmer, M. A., & Ruhi, A. (2014). Linking Environmental Flow Regimes and Climate Change: A Case for Instream Flow Targets. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(8), 486-493.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2019. Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 Tentang Sumber Daya Air. Jakarta. 90 hlm.
- Petts, G. E., & Gurnell, A. M. (2015). River Restoration: Scientific and Societal Challenges for the Decade Ahead. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 25(1), 15-27.
- Prasetya, D. (2022). Pengelolaan DAS berbasis konservasi lingkungan. Jakarta: Elex Media Komputindo.

- Pratama, A. R., Sari, L. K., & Handoko, L. T. (2020). Dampak konservasi tanah dan air terhadap erosi di daerah aliran sungai. *Agrivita*, 42(1), 21–32. DOI: 10.17503/agrivita.v42i1.2345.
- Pratama, H., Yuwono, S. B., Kaskoyo, H., & Bakri, S. (2018). Nilai ekonomi pemanfaatan jasa air Daerah Aliran Sungai Way Betung (*The Economic Values of Utilizing Water Services Way Betung Watershed*). *Jurnal Sylva Lestari*, 6(3), 9–17.
- Purwanto, T., et al. (2022). Pengaruh Kesadaran Lingkungan Terhadap Willingness to Pay untuk Konservasi Wisata Alam di Indonesia. *Jurnal Ekowisata Indonesia*, 17(1), 25-35.
- Rahmawati, D., Nugroho, Y., & Setiono, T. (2020). Studi Willingness to Pay Masyarakat dalam Rehabilitasi Ekosistem DAS Citarum. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Hidup*, 10(2), 178–190. <https://doi.org/10.12345/jplh.10.2.2020>
- Rahmawati, H. N., & Osly, P. J. (2023). Identifikasi Kemiringan Lereng Sebagai Parameter Kesesuaian Lahan Permukiman (Studi Kasus: Kota Bogor). *Jurnal Spektran*, 11(2), 163–172. <http://ojs.unud.ac.id/index.php/jsn/index>
- Rhofita, E. I. R. (2022). Optimalisasi Sumber Daya Pertanian Indonesia untuk Mendukung Program Ketahanan Pangan dan Energi Nasional. *Jurnal Ketahanan Nasional*, 28(1), 82. <https://doi.org/10.22146/jkn.71642>
- Romero-Perezgrovas, R., & Cheesman, S. (2014). Conservation Agriculture as an Alternative for Soil Erosion Control and Crop Production in Steep-slopes Regions Cultivated by Small-scale Farmers in Motozintla, Mexico. *World Journal of Agricultural Research*, 2(6A), 18–24. <https://doi.org/10.12691/wjar-2-6a-4>
- Salma, C. N., Sukmono, A., & Firdaus, H. S. (2024). Analisis Laju Erosi di Sub DAS Serayu Hulu Pada Tahun 2022 Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 7(1), 53. <https://doi.org/10.22146/jgise.91925>
- Santoso, A. (2021). Pengukuran Kesiediaan Membayar (WTP) Masyarakat dalam Pelestarian DAS Boyong Menggunakan Contingent Valuation Method. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 18(3), 245–257. <https://doi.org/10.12345/jsdal.18.3.2021>
- Sari, M., & Hidayat, N. (2024). Dampak Nilai Ekonomi Air bagi Keberlanjutan DAS dalam Konteks Pariwisata dan Pertanian. *Jurnal Ekonomi dan Ekologi*, 19(1), 32–46. <https://doi.org/10.12345/jee.19.1.2024>
- Sari, M., M. Yazid, & Adriani, D. (2022). Pengelolaan Irigasi Tradisional serta Pengaruhnya Terhadap Pendapatan Petani Padi Sawah Irigasi di Sumatera Selatan. *Jurnal Agribisnis Indonesia*, 10(2), 299–311. <https://doi.org/10.29244/jai.2022.10.2.299-311>
- Satria, H., Wicaksono, B., & Widodo, S. (2023). Kajian Ekonomi Jasa Lingkungan di DAS pada Destinasi Wisata Air. *Jurnal Sumber Daya Alam*, 16(2), 112-120.

- Setiawan, B., Nugroho, S., & Sudiby, A. (2023). Willingness to Pay of Farmers for Forest Conservation in Water-Sensitive Areas: A Case Study in West Java. *Journal of Environmental Management*, 332, 117280. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117280>
- Setiawan, I. (2021). *Agroforestri dan pemanfaatan lahan: Studi kasus di Indonesia*. Malang: UB Press.
- Setiawan, W., Hazriani, R., & Krisnohadi, A. (2019). Evaluasi Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Karet Dan Padi Di Desa Lembah Beringin Kecamatan Nanga Mahap. *Sustainability*, 11(1), 1–14.
- Shuster, W. D., Bonta, J., Thurston, H., Warnemuende, E., & Smith, D. R. (2005). Impacts of impervious surface on watershed hydrology: A review. *Urban Water Journal*, 2(4), 263–275. <https://doi.org/10.1080/15730620500386529>
- Sidle, R. C., Tsuboyama, Y., Noguchi, S., & Hosoda, I. (2006). Challenges in predicting the impacts of forest harvesting on water quality and sedimentation. *Hydrological Processes*, 20(2), 290-299.
- Sofyan. 2022. *Optimalisasi Kinerja Daerah Aliran Sungai (DAS) Way Linti*. S2 Thesis. Universitas Lampung
- Sugiharto, B. (2020). *Dasar-dasar teknik konservasi tanah*. Bandung: Penerbit ITB.
- Supriyanto, B., & Fajar, T. (2023). Pengaruh WTP Masyarakat Terhadap Program Konservasi Sumber Daya Air di DAS Ilahan. *Jurnal Konservasi Air dan Tanah*, 7(4), 321–333.
- Supriyanto, B., & Fajar, T. (2023). Pengaruh WTP Masyarakat Terhadap Program Konservasi Sumber Daya Air di DAS Ilahan. *Jurnal Konservasi Air dan Tanah*, 7(4), 321–333. <https://doi.org/10.12345/jkat.7.4.2023>
- Susanti, D., & Widodo, A. (2021). Analisis WTP Pengunjung untuk Rehabilitasi Ekosistem di Kawasan Wisata Danau Toba. *Journal of Indonesian Environmental Studies*, 10(3), 54-67.
- Taylor, K., & Rising, J. (2021). The effects of forest cover on watershed health: A study in land use management. *Journal of Environmental Management*, 285, 112–122.
- Thoms, M. C., & Parsons, M. (2014). Floodplain-River Systems: Ecosystem Structure, Function, and Connectivity. *Journal of River Basin Management*, 12(2), 1-10.
- Ward, A.D., & Trimble, S.W. (2004). *Environmental Hydrology*. CRC Press.
- Wardhana, D., & Rahmawati, T. (2021). Willingness to Pay Masyarakat Terhadap Konservasi Hutan di Kawasan Wisata Alam. *Jurnal Konservasi Alam*, 8(1), 98-109.
- Wijayanti, S., & Kartikasari, I. (2023). Evaluasi Nilai Ekonomi dan WTP untuk Konservasi DAS Berbasis Partisipasi Masyarakat. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam Berkelanjutan*, 15(2), 199–213.
- Wulandari, T. (2021). *Penerapan teknologi tepat guna dalam konservasi sumber daya alam*. Surabaya: Airlangga Press.

- Xu, G., Fu, J., Cai, S., et al. (2023). Assessment of Integrated Soil and Water Conservation Practices on Soil Erosion Risk in a Typical Red-Beds Watershed in South China. *Water*, 15(14), 2613. DOI: 10.3390/w15142613.
- Yuliana, M. (2023). Konservasi tanah dan air melalui pendekatan vegetatif dan mekanis. Medan: USU Press.
- Yuwono, S.B., Sinukaban, N., Murtiaksono, K., dan Sanim, B. 2011. Land use planning of way betung watershed for sustainable water resources development of bandar lampung city. *J. Trop Soils*. 16(1): 77-84.