



DISERTASI

**MODELAN PENILAIAN KEBERLANJUTAN UNTUK MENCARI
LOKASI POTENSIAL ENERGI MINIHIDRO, STUDI KASUS DAS
CITARUM, PROVINSI JAWA BARAT**

BONO PRANOTO



**PROGRAM STUDI
ILMU PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Pemodelan penilaian keberlanjutan untuk mencari lokasi potensial energi minihidro, studi kasus DAS Citarum, provinsi Jawa Barat” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Januari 2025

Bono Pranoto
P0602221006

Berdasarkan penilaian keberlanjutan yang mencakup aspek kelembagaan, sosial, teknis, ekonomi dan lingkungan, dihasilkan 3 lokasi yang memenuhi dan 1 lokasi yang tidak memenuhi kriteria keberlanjutan. Hasil analisis keberlanjutan menunjukkan bahwa aspek sosial pada lokasi 1 dan 2 merupakan area yang membutuhkan peningkatan yang meliputi peningkatan manajemen dampak masyarakat, pendidikan, dan distribusi manfaat yang adil. Dengan pemodelan yang dibangun dapat dilakukan beberapa skenario untuk meningkatkan aspek sosial maupun kriteria keberlanjutan yang lain sesuai dengan tingkat keberlanjutan yang ingin dicapai.

Dari penelitian ini disimpulkan bahwa penilaian keberlanjutan suatu lokasi potensial pembangkit listrik minihidro dapat dilakukan melalui penentuan lokasi potensial, evaluasi dampak perubahan tutupan lahan, evaluasi dampak ketersediaan air, erosi dan sedimentasi, dan evaluasi risiko multi bencana. Kriteria penilaian keberlanjutan mencakup aspek kelembagaan, sosial, teknis, ekonomi dan lingkungan. Pemodelan penilaian keberlanjutan yang dibangun dapat digunakan untuk menyusun skenario perbaikan tingkat keberlanjutan yang diinginkan. Hasil penilaian pemodelan memberikan rekomendasi spesifik tentang lokasi yang paling cocok untuk pengembangan berdasarkan kriteria keberlanjutan yang telah ditetapkan. Disarankan agar kebijakan pengembangan pembangkit listrik minihidro di DAS Citarum memperhatikan hasil penilaian pemodelan ini untuk memastikan bahwa pembangunan tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga mendukung keberlanjutan jangka panjang dari aspek lingkungan dan sosial.

Kata kunci: energi terbarukan, dinamika perubahan tutupan lahan, ketersediaan air, risiko multi bencana, erosi dan sedimentasi.



SUMMARY

BONO PRANOTO. Sustainability assessment modeling to locate potential mini-hydro energy sites, a case study of Citarum watershed, West Java province. Supervised by EDY HARTULISTIYOSO, MUHAMMAD NUR AIDI, and DEWAYANY SUTRISNO.

Indonesia faces major challenges in reducing greenhouse gas emissions and achieving its zero emissions target by 2060. Most of Indonesia's electricity needs are still met by fossil fuel-fired generation, which accounts for about 80% of total energy production, so there is an urgent need to increase the utilization of renewable energy, including mini-hydro energy, to reduce emissions and support the transition to a low-carbon future. One of the efforts to reduce emissions is using renewable energy, including mini-hydro development. The development of mini hydro needs to pay attention to sustainability aspects in potential locations. The Citarum watershed was chosen as the research site due to its vital role in the economy and lives of people in West Java Province, providing water for irrigation, industry, and power generation. However, the watershed also faces environmental challenges such as erosion, sedimentation, and multi-disaster risks, affecting the sustainability of the region's renewable energy projects. Hydropower plants face social and environmental sustainability challenges, including water yield management, erosion, sedimentation control, and disaster resilience. Therefore, sustainability assessment studies at selected sites need to be conducted. This study aims to model the sustainability assessment of potential mini-hydro energy sites in the Citarum watershed, with analysis of potential mini-hydro generation capacity, dynamics and predictions of land cover change, water availability, erosion, and sedimentation rates, multi-disaster risk evaluation, sustainability assessment evaluation, and modeling.

The research was conducted through spatial analysis integrated with flood early warning as a reliable source of discharge data in determining potential locations. Prediction of land cover change using the Molusce QGis application integrated with Soil and Water Analysis Tools (SWAT) to see the effect of change on water availability, erosion, and sedimentation. The potential risk of multi-disasters was evaluated in the research location using the Analytical Hierarchy Process (AHP). A multi-aspect sustainability evaluation was conducted using the Hydropower Sustainability Assessment Protocol (HSAP) and Multi-aspect Sustainability Assessment (MSA). To follow up on the evaluation results, a sustainability assessment model was built using the MSA approach to increase sustainability value through several scenarios.

The results showed four potential locations in the Citarum watershed for developing mini-hydropower plants. However, the predicted land cover change analysis results in water availability, erosion, and sedimentation dynamics at the potential sites that need to be considered in the sustainability assessment. In addition, potential multi-disaster risks such as earthquakes, droughts, floods, flash floods, volcanic eruptions, extreme weather, and forest fires are also a consideration in the sustainability assessment. Based on the sustainability assessment that includes institutional, social, technical, economic, and environmental aspects, 3 locations that meet and 1 that do not meet the sustainability criteria are produced.

The results of the sustainability analysis show that the social aspects of locations 1 and 2 require improvement, including improving community impact management, education, and equitable distribution of benefits. With the modeling built, several scenarios can be carried out to improve social aspects and other sustainability criteria according to the level of sustainability to be achieved.

From this research, it is concluded that the sustainability assessment of a potential location for mini hydro power plants can be carried out by determining potential locations, evaluating the impact of land cover change, evaluating the impact of water availability, erosion, and sedimentation, and evaluating the risk of multi-disasters. Sustainability assessment criteria include institutional, social, technical, economic, and environmental aspects. The built sustainability assessment modeling can be used to develop scenarios for improving the desired level of sustainability. The results of the modeling assessment provide specific recommendations on the most suitable locations for development based on the established sustainability criteria. It is recommended that policies for mini hydro power plant development in the Citarum watershed consider the results of this modeling assessment to ensure that development is technically feasible and supports long-term sustainability from environmental and social aspects.

Keywords: renewable energy, land use dynamics, water availability, multi disaster risk, erosion and sedimentation



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Didukung Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumuskan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PEMODELAN PENILAIAN KEBERLANJUTAN UNTUK Mencari LOKASI POTENSIAL ENERGI MINIHIDRO, STUDI KASUS DAS CITARUM, PROVINSI JAWA BARAT

BONO PRANOTO

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor
pada Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

**ILMU PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

1. Dr. Yudi Setiawan, S.P., M.Env.Sc
2. Dr. Dipl. Ing. (FH) Budi Heru Santosa, M.Sc.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

1. Dr. Yudi Setiawan, S.P., M.Env.Sc
2. Dr. Dipl. Ing. (FH) Budi Heru Santosa, M.Sc.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

IPB University
Bogor Indonesia

Perpusakaan IPB University



Disertasi

Judul Disertasi: Pemodelan penilaian keberlanjutan untuk mencari lokasi potensial energi minihidro, studi kasus DAS Citarum, provinsi Jawa Barat.

Nama : Bono Pranoto
NIM : P0602221006

Disetujui oleh

Pembimbing 1
Dr.Ir.Edy Hartulistiyoso, M.Sc.Agr.



Pembimbing 2
Prof.Dr.Ir.Muhammad Nur Aidi, M.S.

Pembimbing 3
Prof.Dr.Ir.Dewayany Sutrisno, M.App.Sc



Diketahui oleh

Ketua Program Studi: Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Air
Prof.Dr.Ir.Widiatmaka, DAA
NIP. 196212011987031002



Dekan Sekolah Pascasarjana
Prof. Dr. Ir. Dodik Ridho Nurrochmat, M.Sc.F.Trop., IPU
NIP. 197003291996081001



Tanggal Ujian Tertutup:
18 Desember 2024

Tanggal Lulus

Tanggal Sidang Promosi Terbuka
22 Januari 2025

PRAKATA

Alhamdulillah rasa syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang telah dilaksanakan sejak bulan Agustus 2023 s.d Oktober 2024 ini adalah ketahanan energi, dengan judul *“Pemodelan penilaian keberlanjutan untuk mencari lokasi potensial energi minihidro, studi kasus DAS Citarum, provinsi Jawa Barat”*.

Terima kasih penulis ucapkan kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam proses penelitian. Ucapan terimakasih dan penghargaan sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc.Agr., selaku ketua komisi pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan, serta memberikan saran dan masukan dalam penelitian
2. Prof. Dr. Ir. Muhammad Nur Aidi, M.S., selaku anggota komisi pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penelitian.
3. Prof. Dr. Ir. Dewayany, M.AppSc., selaku anggota komisi pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penelitian.
4. Ucapan terimakasih kepada Jajaran Pimpinan Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, IPB University yang telah memberikan kesempatan akses ilmu, sarana dan prasarana pendukungnya.
5. Bapak/Ibu Dosen yang telah memberikan ilmu dan pengajaran yang bermanfaat selama proses perkuliahan.
6. Ucapan terimakasih kepada penguji luar komisi pembimbing dalam ujian prelim lisan Dr. Ir. Moh. Yanuar Jarwadi Purwanto, MS, IPU dan Dr. Yudi Setiawan, S.P., M.Env.Sc. serta Penguji luar komisi pembimbing pada sidang tertutup Dr. Yudi Setiawan S.P., M.Env.Sc dan Dr. Dipl. Ing. (FH) Budi Heru Santosa, M.Sc.
7. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pimpinan sidang tertutup Dr. Ir. Nurhayati M.Sc.
8. Ucapan terimakasih kepada Kepala Balai Hidrologi dan Lingkungan Keairan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) yang telah membantu dalam proses pengumpulan data penelitian.
9. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Alm.Ayah, Ibu, Istri serta anak-anak tercinta dan juga seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya hingga dapat menyelesaikan studi doktor.
10. Bapak Ibu rekan-rekan PSL Reguler dan *Degree By Research* (DBR) angkatan 2022 sebagai teman seperjuangan dalam menuntut ilmu di IPB University yang telah memberikan dukungan dalam proses menyelesaikan jenjang doktoral.
11. Bapak Ibu Pimpinan penanggung jawab kegiatan *Degree By Research* (DBR) Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang telah mendukung secara finansial dalam program beasiswanya
12. Bapak Kepala Pusat Riset Geospasial dan Bapak Kepala Pusat Riset Limnologi dan Sumber Daya Air, BRIN atas izin dan restu dalam menempuh Pendidikan doktor ini. Juga rekan-rekan kelompok riset Teknologi Kebencanaan dan Energi.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Januari 2025

Bono Pranoto

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Kerangka Pemikiran	5
1.4 Tujuan Penelitian	9
1.5 Manfaat Penelitian	9
1.6 Ruang Lingkup	9
1.7 Kebaruan (Novelty)	10
II TINJAUAN PUSTAKA	14
2.1. Pembangkit listrik tenaga air berkelanjutan	14
2.2. Penggunaan <i>Digital Elevation Model</i> (DEM)	17
2.3. Kriteria risiko bencana sebagai salah satu kriteria keberlanjutan	18
III METODOLOGI	21
3.1. Lokasi dan waktu penelitian	21
3.2. Rancangan Penelitian	22
IV ANALISIS KAPASITAS POTENSI DENGAN MENGINTEGRASIKAN SISTEM PERINGATAN DINI BANJIR	26
4.1. Pendahuluan	26
4.2. Metodologi dan data	28
4.2.1. Penyediaan data debit sungai (Q)	28
4.2.2. Penyediaan data Head (beda elevasi hulu dan hilir) (H)	34
4.2.3. Melakukan verifikasi model	37
4.3. Hasil dan Pembahasan	38
4.3.1. Peta debit andalan	38
4.3.2. Perhitungan nilai Head	39
4.3.3. Potensi Energi Hidro	40
4.3.4. Potensi Pembangkit Listrik Minihidro	43
4.4. Kesimpulan	45
V ANALISIS DINAMIKA DAN PREDIKSI PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN	46
5.1. Pendahuluan	46
5.2. Metodologi dan data	47
5.2.1. Data Input	47
5.2.2. Prediksi tutupan lahan tahun 2029 dan 2037	53
5.2.3. Faktor-faktor Pendorong Perubahan tutupan lahan	53
5.3. Hasil dan Pembahasan	56
5.3.1. Prediksi Penggunaan Lahan untuk 2029 dan 2037	56
5.3.2. Dampak perubahan tutupan lahan terhadap keberlanjutan PLTA	58
5.4. Kesimpulan	59

VI ANALISIS KETERSEDIAAN AIR, LAJU EROSI DAN SEDIMENTASI PADA DAS CITARUM	60
6.1. Pendahuluan	60
6.2. Metodologi dan data	62
6.2.1. Reklasifikasi tutupan lahan KLHK menjadi kelas SWAT	62
6.2.2. Penentuan daerah tangkapan air dari lokasi potensial	62
6.2.3. Analisis ketersediaan air	64
6.2.4. Prediksi erosi menggunakan persamaan kehilangan tanah universal	65
6.2.5. Perhitungan Sedimentasi	66
6.3. Hasil dan Pembahasan	66
6.3.1. Hasil Air	67
6.3.2. Erosi tanah	68
6.3.3. Sedimentasi	69
6.3.4. Erosi dan Sedimentasi Dinamis	70
6.3.5. Dampak dari potensi lokasi minihidro	71
6.3.6. Keberlanjutan Pembangkit Listrik Tenaga Air dan Integritas Daerah Aliran Sungai	71
6.4. Kesimpulan	72
VII. EVALUASI LOKASI PEMBANGKIT MINIHIDRO TERHADAP RISIKO MULTI BENCANA	74
7.1. Pendahuluan	74
7.2. Bahan dan Metode	75
7.2.1. Potensi Bahaya	75
7.2.2. Indeks Risiko	75
7.2.3. Proses Hirarki Analitik (AHP)	77
7.2.4. Pembobotan	77
7.3. Hasil dan diskusi	78
7.3.1. Indeks Risiko	78
7.3.2. Proses Hirarki Analitik (AHP)	80
7.3.3. Mitigasi	81
7.3.4. Kebijakan	82
7.4. Kesimpulan	84
VIII EVALUASI LOKASI PEMBANGKIT MINIHIDRO TERHADAP ASPEK KEBERLANJUTAN	85
8.1. Pendahuluan	85
8.2. Metodologi dan data	86
8.2.1. Lokasi penelitian	86
8.2.2. Protokol Penilaian Keberlanjutan Pembangkit Listrik Tenaga Air dan pengumpulan data	88
8.2.3. Analisis Keberlanjutan Multi-Aspek	89
8.2.4. Pengumpulan Data ES-6 Masalah dan Risiko Teknis	92
8.2.5. Pengumpulan Data ES-7 Masalah dan Risiko Sosial	92
8.2.6. Pengumpulan Data ES-8 Masalah dan Risiko Lingkungan	93
8.2.7. Pengumpulan Data ES-9 Masalah dan Risiko Ekonomi dan Keuangan	94
8.3. Hasil Dan Pembahasan	94
8.3.1. ES-1 Demonstrasi Kebutuhan	95
8.3.2. ES-2 Penilaian Opsi	96
8.3.3. ES-3 Kebijakan dan Rencana	96

8.3.4. ES-4 Risiko Politik	97
8.3.5. ES-5 Kapasitas Kelembagaan	97
8.3.6. ES-6 Masalah dan Risiko Teknis	98
8.3.7. ES-7 Masalah dan Risiko Sosial	100
8.3.8. ES-8 Masalah dan Risiko Lingkungan	103
8.3.9. ES-9 Masalah dan Risiko Ekonomi dan Keuangan	105
8.3.10 Kondisi lokasi 1 yang berkelanjutan dan masa depan	107
8.3.11 Kondisi lokasi 2 yang berkelanjutan dan masa depan	108
8.3.12 Kondisi lokasi 3 yang berkelanjutan dan masa depan	109
8.3.13 Kondisi lokasi 4 yang berkelanjutan dan masa depan	109
8.3.14 Membandingkan keempat lokasi dengan MSA	110
8.3.15 Hasil tahap awal HSAP	111
8.4 Kesimpulan	112
IX. PEMODELAN PENILAIAN KEBERLANJUTAN UNTUK Mencari Lokasi Potensial Energi Minihidro	114
9.1. Pendahuluan	114
9.2. Metodologi dan data	115
9.2.1. Input Lingkungan dan Peraturan Perundangan	117
9.2.2. Input yang Tidak Terkontrol	117
9.2.3. Input yang Terkontrol	118
9.2.4. Output yang Dikehendaki	118
9.2.5. Output yang Tidak Dikehendaki	118
9.2.6. Evaluasi Penilaian Indikator Keberlanjutan dan Mitigasinya	118
9.2.7. Pembuatan model	119
9.2.8. Penilaian Aspek Lingkungan	119
9.2.9. Penilaian Aspek Teknis	119
9.2.10. Penilaian Aspek Sosial	120
9.2.11. Penilaian Aspek Ekonomi	120
9.2.12. Status Keberlanjutan	121
9.2.13. Batasan kondisi pemodelan	122
9.2.14. Penilaian status keberlanjutan eksisting keempat lokasi potensial	123
9.3. Hasil dan Pembahasan	124
9.3.1. Indikator dan bobot pemodelan	124
9.3.2. Analisa dan mitigasi kondisi lokasi 1	126
9.3.3. Analisa dan mitigasi kondisi lokasi 2	130
9.3.4. Analisa dan mitigasi kondisi lokasi 3	136
9.3.5. Analisa dan mitigasi kondisi lokasi 4	142
9.4. Kesimpulan	146
X. PEMBAHASAN UMUM	148
10.1. Analisis Kapasitas Potensi dengan Mengintegrasikan Sistem Peringatan Dini Banjir	148
10.2. Analisis Dinamika dan Prediksi Perubahan tutupan lahan pada DAS Citarum	148
10.3. Analisis Ketersediaan Air, Laju Erosi dan Sedimentasi pada DAS Citarum	150
10.4. Analisis lokasi Terhadap Aspek Keberlanjutan	151
10.5. Pemodelan Keberlanjutan lokasi Potensial Energi Mini-Hidro, Studi Kasus DAS Citarum, Provinsi Jawa Barat	152
10.6. Potensi, Tantangan dan Dampak penggunaan DEM resolusi tinggi	153
10.7. Masyarakat lokal sebagai modal sosial	163



XI. KESIMPULAN DAN SARAN	165
11.1. Simpulan	165
11.2. Saran	165
DAFTAR PUSTAKA	166
LAMPIRAN	

gajlak cipta milik IPB University

DAFTAR TABEL

1.1 Sumber data dan metoda dari berbagai referensi terkait dengan pengolahan FDC 10	
1.2 Kajian penilaian keberlanjutan yang terkait bencana pada tahun 2012-2022	11
1.3 Publikasi terkait dengan HSAP	12
1.4 Publikasi terkait dengan MSA	13
2.1 Indikator keberlanjutan penilaian PLTA dalam beberapa studi	15
2.2 Penggunaan DEM sebagai basis data perhitungan Head	18
2.3 Dampak multi bencana terhadap keberlanjutan PLTA	19
3.1 Matrik pencapaian tujuan	24
4.1 Input data WFLOW	29
4.2 Jenis data untuk verifikasi model	37
4.3 Hasil estimasi potensi PLTA di Jawa Barat	40
4.4 Total minihidro pada kelompok DAS	43
4.5 Jarak lokasi potensial ke gardu listrik	43
4.6 Jarak lokasi potensial ke area perumahan	43
5.1 Kode Tutupan Lahan (KLHK)	49
5.2 Tabel 5.2. Perubahan tutupan lahan DAS Citarum	55
6.1 Reklasifikasi dari Kelas KLHK ke Kelas SWAT	62
6.2 Jenis data input untuk SWAT model	64
6.3 Hasil Air (mm)	67
6.4 Laju Erosi (Ton/Ha)	68
6.5 Laju Sedimentasi (Ton/Ha)	69
7.1 Jenis bahaya dan metodologi	76
7.2 Pembobotan perbandingan bahaya	78
7.3 Indeks Risiko di lokasi-lokasi potensial minihidro	79
7.4 AHP	80
8.1 Jenis dan sumber data HSAP	89
8.2 Kelompok kriteria status berkelanjutan	91
8.3 Pengumpulan Data untuk Masalah dan Risiko Teknis	92
8.4 Pengumpulan Data untuk Masalah dan Risiko Sosial	93
8.5 Pengumpulan Data untuk Masalah dan Risiko Lingkungan	93
8.6 Pengumpulan Data untuk Masalah dan Risiko Ekonomi dan Keuangan	94
8.7 Tahap awal HSAP dilanjutkan	111
9.1 Penilaian status keberlanjutan eksisting keempat lokasi	123
9.2 Skor penilaian	124
9.3 Bobot lingkungan	124
9.4 Bobot sosial	125
9.5 Bobot ekonomi	125
9.6 Bobot teknis	126
9.7 Prioritas peningkatan faktor pada aspek sosial	126
9.8 Perbandingan hasil scenario untuk lokasi 1	129
9.9 Prioritas peningkatan faktor pada aspek sosial	130
9.10 Prioritas peningkatan faktor pada aspek teknis	130
9.11 Perbandingan hasil scenario untuk lokasi 2	135
9.12 Prioritas peningkatan faktor pada aspek sosial	136
9.13 Perbandingan hasil scenario untuk lokasi 3	141
9.14 Prioritas peningkatan faktor pada aspek sosial	142
9.15 Perbandingan hasil scenario untuk lokasi 4	145

DAFTAR GAMBAR

1.1 Kerangka Pemikiran	8
2.1 Tahapan Pembangunan pembangkit	17
3.1 Peta lokasi penelitian DAS Citarum, Provinsi Jawa Barat	21
3.2 Metodologi Penelitian	22
4.1 Lokasi Pos Hujan dalam melakukan koreksi terhadap model TRMM (Pusair, PUPR)	30
4.2 Proses <i>fitting</i> pemodelan curah hujan (Pusair, PUPR)	30
4.3 Lokasi Pos Duga Air (Debit Observasi) yang digunakan untuk kalibrasi di pulau Jawa	31
4.4 Proses fitting debit sungai hasil simulasi dengan pengamatan (observasi PDA) (Pusair, PUPR)	31
4.5 Bagan alir Wflow	32
4.6 Tampilan interface DELFT FEWS	32
4.7 Tampilan .xml setting	33
4.8 Tampilan interface DELFT – FEWS (PUSAIR – PUPR)	33
4.9 Tampilan peta dinamik debit sungai	33
4.10 Tampilan time-series debit sungai di salah satu titik sungai	34
4.11 Peta DEMNAS Pulau Jawa-Bali	34
4.12 Peta Sungai Jawa Barat	35
4.13 Segmen sungai dengan grid 1000mx1000m	35
4.14 Grid dan titik hulu-hilir	36
4.15 Ekstraksi data elevasi DEMNAS	36
4.16 Ekstraksi nilai debit Q90 ke titik hilir	37
4.17 Debit yang dapat diandalkan Q90	39
4.18 Peta Sungai dan Digital Elevation Model (DEMNAS) Jawa Barat, Indonesia	40
4.19 lokasi distribusi potensi PLTA	41
4.20 Distribusi (a) lokasi verifikasi di antara lokasi potensial, (b) verifikasi kecocokan	42
4.21 Potensi Minihidro lokasi distribusi, gardu listrik, dan area pemukiman	44
5.1 Daerah tangkapan air (DTA) lokasi potensial Minihidro di DAS Citarum	48
5.2 Peta Penggunaan Lahan WS Citarum tahun 2008 (ICWWRMIP)	48
5.3 Peta tutupan lahan tahun 2017 (KLHK) pada DAS Citarum	50
5.4 Peta tutupan lahan tahun 2021 (KLHK) pada DAS Citarum	51
5.5 Peta tutupan lahan tahun 2024 (KLHK) pada DAS Citarum	52
5.6 Peta DEM DAS Citarum (elevasi)	54
5.7 Peta Slope (lereng) DAS Citarum	54
5.8 Peta Jarak Sungai (Euclidean) DAS Citarum	55
5.9 Peta Jarak Jalan (Euclidean) DAS Citarum	55
5.10 Peta Jarak Pemukiman (Euclidean) DAS Citarum	56
5.11 Metode peta prediksi perubahan tutupan lahan	56
5.12 Grafik perubahan tutupan lahan 2017-2037	57
6.1 Daerah Tadahan (CA) untuk Potensi Minihidro	63
6.2 Alur proses analisis Run-Off menggunakan SWAT	64
7.1 Peta risiko bencana di lokasi PLT minihidro di DAS Citarum	79
8.1 Lokasi potensial PLTA di Daerah Aliran Sungai Citarum, Indonesia	87
8.2 Metode Penelitian	87

8.3 Referensi dan Indikator penilaian MSA	91
8.4 Leverage sensitivitas bervariasi untuk aspek teknis (a) lokasi 1, (b) lokasi 2, (c) lokasi 3, (d) lokasi 4	99
8.5 Sensitivitas memanfaatkan variabel untuk aspek sosial (a) lokasi 1, (b) lokasi 2, (c) lokasi 3, (d) lokasi 4	101
8.6 Sensitivitas memanfaatkan variabel untuk aspek lingkungan (a) lokasi 1, (b) lokasi 2, (c) lokasi 3, (d) lokasi 4	103
8.7 Sensitivitas leverage variabel untuk aspek Ekonomi (a) lokasi 1, (b) lokasi 2, (c) lokasi 3, (d) lokasi 4	106
8.8 Status keberlanjutan dan kondisi masa depan di lokasi 1	107
8.9 Status keberlanjutan dan kondisi masa depan di lokasi 2	108
8.10 Status keberlanjutan dan kondisi masa depan di lokasi 3	109
8.11 Status keberlanjutan dan kondisi masa depan di lokasi 4	109
9.1 Diagram alir pemodelan penilaian lokasi minihidro berkelanjutan	116
9.2 Diagram model penilaian lokasi potensial minihidro berkelanjutan	117
9.3 Diagram model	119
9.4 Diagram system perhitungan	121
9.5 Diagram radar keempat pilar dari keempat lokasi	123



DAFTAR LAMPIRAN

- A.1. SERTIFIKAT HAK CIPTA APLIKASI SPLASH
- A.2. APLIKASI SPLASH
- A.3. LAPORAN HASIL SURVEY VERIFIKASI LAPANGAN
- A.4. BIODATA