

**MODEL PENILAIAN KERENTANAN PERUBAHAN
PENUTUPAN LAHAN KAWASAN KONSERVASI
STUDI KASUS: TAMAN NASIONAL GUNUNG MERBABU**

ASTEKITA ARDIARISTO



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

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Hak Cipta milik IPB University

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Model Penilaian Kerentanan Perubahan Penutupan Lahan Kawasan Konservasi - Studi Kasus : Taman Nasional Gunung Merbabu” 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

Astekita Ardiaristo
P062190181

- 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.

RINGKASAN

ASTEKITA ARDIARISTO. Model Penilaian Kerentanan Perubahan Penutupan Lahan Kawasan Konservasi – Studi Kasus: Taman Nasional Gunung Merbabu. Dibimbing oleh LILIK BUDI PRASETYO, NANDI KOSMARYANDI dan LAILAN SYAUFINA.

Perubahan penutupan lahan di kawasan konservasi memiliki dampak signifikan terhadap efektivitas pengelolaan kawasan tersebut. Penutupan lahan tidak hanya mencerminkan fungsi ekologis kawasan sebagai habitat biodiversitas, tetapi juga memainkan peran penting dalam mengatur ekosistem, mendukung produksi sumber daya, dan menyediakan informasi lingkungan serta pengatur tata air. Oleh karena itu, memahami dinamika perubahan penutupan lahan merupakan langkah fundamental dalam menjaga keberlanjutan kawasan. Penutupan lahan juga mencerminkan kebijakan pengelolaan dan aktivitas manusia di sekitar kawasan konservasi. Tekanan dari aktivitas manusia, seperti alih fungsi lahan, urbanisasi, dan praktik pertanian yang tidak berkelanjutan, sering kali memengaruhi keseimbangan ekosistem, terutama di daerah penyangga.

Penilaian kerentanan terhadap perubahan penutupan lahan menjadi alat penting dalam pengelolaan kawasan konservasi yang adaptif. Penelitian ini mempunyai tujuan utama untuk menghasilkan model penilaian kerentanan perubahan penutupan lahan kawasan konservasi dengan mengambil lokasi di Taman Nasional Gunung Merbabu (TNGMb). Untuk mencapai tujuan utama itu dirumuskan beberapa tujuan antara yaitu 1) Menganalisis dinamika perubahan penutupan lahan di kawasan TNGMb; 2) Menganalisis pengaruh tekanan masyarakat daerah penyangga terhadap perubahan penutupan lahan TNGMb; 3) Mendeteksi gangguan dan tingkat pemulihan vegetasi di kawasan TNGMb; dan 4) Mengukur status keberlanjutan dari pengelolaan kawasan konservasi di TNGMb terkait dengan dinamika perubahan penutupan lahan di TNGMb. Kebaruan yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu model penilaian kerentanan perubahan penutupan lahan kawasan konservasi, penelitian analisis tekanan kawasan konservasi pada skala desa dan kawasan konservasi yang dikorelasikan dengan fragmentasi vegetasi di dalam kawasan konservasi, analisis faktor gangguan penutupan lahan kawasan konservasi secara spasial temporal dan analisis faktor keberlanjutan pengelola kawasan konservasi terhadap perubahan penutupan lahan.

Pada aspek keterpaparan untuk menganalisis dinamika perubahan penutupan lahan, penelitian ini memanfaatkan *Google Earth Engine* (GEE), sebuah platform komputasi awan, untuk mengolah data citra satelit secara efisien dan menghasilkan klasifikasi kelas penutupan lahan secara temporal dan spasial. Dengan algoritma *Random Forest*, penelitian berhasil memetakan perubahan penutupan lahan dari tahun 1995 hingga 2020 secara akurat. Hasil analisis menunjukkan di dalam kawasan TNGMb terjadi penurunan luas vegetasi dari 70% pada tahun 1995 menjadi 63,35% pada tahun 2020. Pada luar kawasan TNGMb, kelas penutupan lahan pertanian dan lahan terbangun meningkat, yaitu pada tahun 1995 sebesar 35,28% dan 3,58% dan pada tahun 2020 sebesar 36,49% dan 7,64%. Hal ini perlu menjadi perhatian bagi pengelola kawasan TNGMb mengingat kebutuhan akan lahan semakin meningkat.

Aspek tekanan dianalisis melalui pendekatan jejak manusia (*human footprint*) dan fragmentasi lanskap. Tekanan aktivitas manusia diukur berdasarkan aksesibilitas, kepadatan penduduk, aktifitas masyarakat, dan perubahan penggunaan lahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah penyangga TNGMb mengalami peningkatan tekanan manusia, terutama di wilayah dekat desa dengan tingkat aktivitas tinggi. Fragmentasi lanskap, yang diukur melalui indeks lanskap seperti *total edge* dan kepadatan patch, meningkat sebesar 15,2% antara tahun 2014 dan 2020. Fragmentasi ini memengaruhi fungsi ekosistem di zona inti, menekankan pentingnya pengendalian aktivitas di daerah penyangga untuk melindungi zona inti.

Aspek sensitivitas mencakup analisis gangguan seperti kebakaran, pendakian, dan aktivitas manusia lainnya. Algoritma LandTrendr yang dikombinasikan dengan citra Landsat digunakan untuk memonitor perubahan penutupan lahan secara temporal. Hasil menunjukkan bahwa kebakaran hutan pada tahun 2015 dan 2018 menjadi gangguan utama yang mengurangi kapasitas kawasan dalam menyerap air dan mencegah erosi. Tingkat pemulihan pasca-gangguan bervariasi antar zona, dengan beberapa zona menunjukkan resiliensi lebih tinggi dibandingkan lainnya.

Dimensi keberlanjutan dievaluasi melalui pendekatan multidimensi yang melibatkan dimensi ekologi, ekonomi, sosial, dan kelembagaan. Dimensi ekologi menunjukkan tingkat keberlanjutan yang kritis akibat hilangnya tutupan vegetasi. Anggaran pengelolaan kawasan merupakan atribut pengungkit yang paling sensitif pada dimensi ekonomi terhadap keberlanjutan pengelolaan kawasan TNGMb terkait dengan dinamika penutupan lahan. Dimensi sosial menunjukkan perlunya pemberdayaan masyarakat lokal melalui edukasi dan insentif untuk mengurangi tekanan terhadap kawasan konservasi. Pada dimensi kelembagaan, tingkat konflik batas kawasan, penegakan hukum terhadap pelanggaran di dalam kawasan TNGMb dan interaksi BTNGMb dan pemerintah daerah menjadi tantangan utama.

Model penilaian kerentanan perubahan penutupan lahan yang dirancang dalam penelitian ini mengintegrasikan keempat aspek yang berpengaruh dan pembobotan yaitu aspek keberlanjutan dengan bobot tertinggi (0,404), diikuti oleh sensitivitas (0,328), keterpaparan (0,142), dan tekanan (0,126). Strategi untuk mencegah kerentanan perubahan penutupan lahan di TNGMb dirancang dengan mempertimbangkan hasil analisis yaitu pengendalian kebakaran berbasis pencegahan, pemanfaatan teknologi untuk pengelolaan adaptif, mengurangi tekanan aktivitas manusia di daerah penyangga, restorasi terfokus pada area rentan dan evaluasi zonasi pada zona-zona yang rentan perubahan penutupan lahan

Kata kunci: fragmentasi, jejak manusia, keberlanjutan, kerentanan, perubahan penutupan lahan

SUMMARY

ASTEKITA ARDIARISTO. Model for Assessment of Land Cover Change Vulnerability in Conservation Areas – Case Study: Gunung Merbabu National Park. Supervised by LILIK BUDI PRASETYO, NANDI KOSMARYANDI and LAILAN SYAUFINA.

Land cover changes in conservation areas significantly impact the effectiveness of the area's management. Land cover not only reflects the ecological function of the area as a habitat for biodiversity but also plays an important role in regulating ecosystems, supporting resource production, providing environmental information, and regulating water systems. Therefore, understanding the dynamics of land cover changes is fundamental to maintaining the area's sustainability. The land cover also reflects management policies and human activities around the conservation area. Pressures from human activities, such as land conversion, urbanization, and unsustainable agricultural practices, often affect the balance of the ecosystem, especially in the buffer zone.

Vulnerability assessment to land cover changes is an important tool in adaptive conservation area management. The main objective of this study is to produce a land cover change vulnerability assessment model for conservation areas by taking the location in Gunung Merbabu National Park (GMbNP). Intermediate goals to achieve the main goal, namely, 1) Analyzing the dynamics of land cover changes in the GMbNP area; 2) Analyzing the influence of community pressure in the buffer zone on changes in land cover in the GMbNP area; 3) Detecting disturbances and the level of vegetation recovery in the GMbNP area; and 4) Measuring the sustainability status of conservation area management in the GMbNP area related to the dynamics of land cover changes in the GMbNP area. The innovations obtained in this study are the vulnerability assessment model for changes in land cover in conservation areas, research on the analysis of conservation area pressure at the village and conservation area scales that are correlated with vegetation fragmentation in conservation areas, analysis of disturbance factors in land cover in conservation areas spatially and temporally and analysis of sustainability factors for conservation area managers towards changes in land cover.

In terms of exposure to analyze the dynamics of land cover changes, this study utilizes Google Earth Engine (GEE), a cloud computing platform, to process satellite imagery data efficiently and produce land cover class classifications temporally and spatially. With the Random Forest algorithm, the study may accurately pipe land cover changes from 1995 to 2020. The analysis shows that in the GMbNP area, there was a decrease in vegetation area from 70% in 1995 to 63.35% in 2020. Outside the GMbNP area, the agricultural land cover class and built-up land increased, namely in 1995 by 35.28% and 3.58% and in 2020 by 36.49% and 7.64%. Considering the increasing need for land, this needs to be a concern for GMbNP area managers.

The pressure aspect was analyzed using the human footprint and landscape fragmentation approaches. Human activity pressure is measured based on accessibility, population density, community activities, and changes in land use. The results showed that the GMbNP buffer zone experienced increased human

pressure, especially in nearby villages with high activity levels. As measured by landscape index such as total edge and patch density, landscape fragmentation increased by 15.2% between 2014 and 2020. This fragmentation affects ecosystem functions in the core zone, emphasizing the importance of controlling activities in the buffer zone to protect the core zone.

The sensitivity aspect includes the analysis of disturbances such as fires, climbing, and other human activities. The LandTrendr algorithm combined with Landsat imagery was used to monitor land cover changes temporally. The results show that forest fires in 2015 and 2018 were the primary disturbances that reduced the area's capacity to absorb water and prevent erosion. The level of post-disturbance recovery varied between zones, with some zones showing higher resilience than others.

The sustainability dimension is evaluated through a multidimensional approach involving ecological, economic, social, and institutional dimensions. The ecological dimension indicates a critical level of sustainability due to the loss of vegetation cover. Area management budget is the most sensitive lever attribute in the economic dimension towards the sustainability of GMbNP area management related to land cover dynamics. The social dimension indicates the need for local community empowerment through education and incentives to reduce pressure on conservation areas. In the institutional dimension, the main challenges are area boundary conflict, law enforcement against violations within the GMbNP area, and the interaction between GMbNP official and local governments.

The land cover change vulnerability assessment model designed in this study integrates the four influential aspects and weighting, namely the sustainability aspect with the highest weight (0.404), followed by sensitivity (0.328), exposure (0.142), and pressure (0.126). Strategies to prevent vulnerability to land cover changes in GMbNP are designed by considering the results of the analysis, namely prevention-based fire control, utilization of technology for adaptive management, reducing the pressure of human activities in the buffer zone, focused restoration in vulnerable areas and evaluation of zoning in zones vulnerable to land cover changes.

Keywords: fragmentation, human footprint, land cover changes, sustainability, vulnerability,



@Hak cipta milik IPB University

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 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.

MODEL PENILAIAN KERENTANAN PERUBAHAN PENUTUPAN LAHAN KAWASAN KONSERVASI STUDI KASUS : TAMAN NASIONAL GUNUNG MERBABU

ASTEKITA ARDIARISTO

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 : (07 Januari 2025)

- 1 Dr. Anggit Haryoso, S.Hut.,M.Sc
- 2 Dr. Yudi Setiawan, SP, M.Env.Sc

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Dr. Anggit Haryoso, S.Hut.,M.Sc
- 2 Dr. Yudi Setiawan, SP, M.Env.Sc





Judul Disertasi : Model Penilaian Kerentanan Perubahan Penutupan Lahan
Kawasan Konservasi – Studi Kasus : Taman Nasional Gunung Merbabu

Nama : Astekita Ardiaristo
NIM : P062190181

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Lilik Budi Prasetyo, M.Sc

Pembimbing 2:

Dr. Ir. Nandi Kosmaryandi, , M.Sc.F.Trop

Pembimbing 3:

Prof. Dr. Ir. Lailan Syaufina, M.Sc

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Prof. Dr. Ir. Widiatmaka, DAA,.IPU
NIP. 19621201 198703 1 002

Dekan Sekolah Pascasarjana :

Prof. Dr.Ir. Dodik Ridho Nurrochmat, M.Sc.F.Trop., IPU
NIP. 19700329 199608 1 001

Tanggal Ujian:
7 Januari 2025

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga penulisan disertasi ini berhasil diselesaikan. Disertasi yang berjudul “Model Penilaian Kerentanan Perubahan Penutupan Lahan Kawasan Konservasi – Studi Kasus : Taman Nasional Gunung Merbabu” merupakan hasil penelitian penulis sebagai salah satu syarat penyelesaian program doktor di Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Penulis mengucapkan terima kasih dan permohonan maaf kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis selama proses studi program doktor dan penyelesaian disertasi, antara lain :

1. Prof. Dr. Ir. Lilik Budi Prasetyo, M.Sc sebagai Ketua Komisi Pembimbing, Dr. Ir. Nandi Kosmaryandi, M.Sc, F.Trop dan Prof. Dr. Ir. Lailan Syaufina, M.Sc sebagai anggota Komisi Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengetahuan selama penelitian dan penulisan disertasi.
2. Rektor Institut Pertanian Bogor, Dekan Sekolah Pascasarjana beserta seluruh staf yang telah menerima penulis untuk menempuh program doktor pada Sekolah Pascasarjana IPB University.
3. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang telah memberikan kesempatan dan membantu pembiayaan penulis selama menempuh program doktor di IPB University.
4. Prof. Dr. Ir. Widiatmaka, DAA, IPU dan Prof. Dr. Ir. Lina Karlinasari, S.Hut, M.Sc.F. Trop beserta staf pada Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, IPB University.
5. Dr. Yudi Setiawan, SP, M.Env.Sc dan Prof. Dr. Syartinilia, SP., M.Si sebagai penguji pada ujian kualifikasi lisan.
6. Dr. Anggit Haryoso, S.Hut, M.Sc dan Dr. Yudi Setiawan, SP, M.Env.Sc sebagai penguji pada ujian tertutup dan sidang promosi.
7. Kepala Balai Taman Nasional Gunung Merbabu dan seluruh rekan-rekan di Balai Taman Nasional Gunung Merbabu yang telah memberikan banyak bantuannya selama penelitian.
8. Keluarga kami, istri tercinta Nuraisya Rachmaratri, SH, M.H serta anak-anak kami Alif Danadyaksa Aristo, Alesha Silva Nareswari Aristo dan Arsyila Naifa Aristo, orang tua dan keluarga besar atas segala doa, pengorbanan, dukungan dan kasih sayangnya.
9. Rekan-rekan seperjuangan program doktor PSL 2019 dan karyasiswa KLHK atas segala bantuan, dorongan dan kerjasamanya

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

Bogor, Januari 2025

Astekita Ardiaristo

DAFTAR ISI

PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	5
1.5 Kerangka Pemikiran	6
1.6 Ruang Lingkup	9
1.7 Kebaruan (<i>novelty</i>)	9
2. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Perubahan Penutupan lahan	10
2.2 Jejak Kaki Manusia (<i>Human Footprint</i>)	11
2.3 Faktor Gangguan Perubahan Penutupan lahan	11
2.4 Penggunaan <i>Google Earth Engine</i> dalam pemodelan <i>Landuse/Landcover</i>	12
2.5 Penilaian Kerentanan Perubahan Penutupan Lahan	12
2.6 Hasil Penelitian Terdahulu	14
3. METODE	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.3 Rancangan Penelitian	18
3.4 Jenis, Sumber dan Analisis Data	20
4. Dinamika Perubahan Penutupan Lahan Menggunakan Platform <i>Cloud Computing</i>	22
4.1 Pendahuluan	22
4.2 Metode	23
4.3 Hasil dan Pembahasan	26
4.3.1 Penilaian akurasi	26
4.3.2 Distribusi dan dinamika penutupan lahan	27
4.4 Kesimpulan	33
5. Efek Tekanan terhadap Perubahan Penutupan lahan di Taman Nasional Gunung Merbabu Berdasarkan Analisis Jejak Manusia dan Fragmentasi	34
5.1 Pendahuluan	34
5.2 Metode	35
5.3 Hasil dan Pembahasan	38
5.3.1 Jejak Manusia/Human Footprint (HF) di area penelitian	38
5.3.2 Indeks Lanskap	42
5.4 Kesimpulan	47

6. Monitoring Perubahan Penutupan Lahan dan Gangguan Menggunakan Algoritma LandTrendr dan Citra Landsat	48
6.1 Pendahuluan	48
6.2 Metode	49
6.3 Hasil dan Pembahasan	51
6.3.1 Penilaian Akurasi	51
6.3.2 Gangguan Vegetasi	51
6.4 Kesimpulan	58
7. Status Keberlanjutan Pengelolaan Taman Nasional Gunung Merbabu Terkait dengan Perubahan Penutupan Lahan	59
7.1 Pendahuluan	59
7.2 Metode	60
7.3 Hasil dan Pembahasan	65
7.3.1 Status Keberlanjutan Dimensi Ekologi	65
7.3.2 Status Keberlanjutan Dimensi Ekonomi	69
7.3.3 Status Keberlanjutan Dimensi Sosial	72
7.3.4 Status Keberlanjutan Dimensi Kelembagaan	76
7.4 Kesimpulan	81
8. Model Penilaian Kerentanan Perubahan Penutupan Lahan Kawasan Konservasi	82
8.1 Pendahuluan	82
8.2 Metode	84
8.3 Hasil dan Pembahasan	86
8.3.1 Perbandingan antar variabel level 1	86
8.3.2 Perbandingan antar variabel level 2	87
8.3.3 Perbandingan antar variabel level 3	89
8.3.4 Perbandingan antar variabel level 4	91
8.4 Kesimpulan	92
9. PEMBAHASAN UMUM	93
9.1 Penilaian kerentanan perubahan penutupan lahan kawasan konservasi	93
9.2 Strategi pengendalian kerentanan perubahan penutupan lahan di TNGMb	97
10. SIMPULAN DAN SARAN	100
10.1 Simpulan	100
10.2 Saran	101
DAFTAR PUSTAKA	103
LAMPIRAN	119
RIWAYAT HIDUP	140

DAFTAR TABEL

2.1 Penelitian terdahulu terkait dengan penelitian	14
3.1 Matrik pencapaian tujuan penelitian	20
4.1 Deskripsi kategori penutupan lahan	24
4.2 Akurasi keseluruhan (<i>Overall Accuracy</i> - OA) dan koefisien Kappa (<i>Kappa Coefficient</i> - KC) untuk klasifikasi penutupan lahan menggunakan algoritma yang berbeda.	26
4.3 Distribusi Penutupan Lahan di Area Penelitian	28
5.1 Skor relatif aspek tekanan yang digunakan dalam analisis jejak manusia	36
5.2 Skor analisis indeks lanskap area penelitian	43
5.3 Perbandingan nilai indeks lanskap Tahun 2014 dan 2020 pada masing-masing zona	45
6.1 Nilai Rata-rata Magnitudo dari Vegetasi <i>Gain</i> dan <i>Loss</i>	52
7.1 Atribut dimensi ekologi dalam penilaian status keberlanjutan	62
7.2 Atribut dimensi ekonomi dalam penilaian status keberlanjutan	63
7.3 Atribut dimensi sosial dalam penilaian status keberlanjutan	63
7.3 Atribut dimensi sosial dalam penilaian status keberlanjutan (lanjutan)	64
7.4 Atribut dimensi kelembagaan dalam penilaian status keberlanjutan	64
7.5 Klasifikasi kategori status keberlanjutan	65
7.6 Hasil validitas analisis MDS dan Monte Carlo pada dimensi ekologi	68
7.7 Prosentase anggaran operasional kegiatan dan total anggaran dari tahun 2019-2023	70
7.8 Hasil validitas analisis MDS dan Monte Carlo pada dimensi ekonomi	72
7.9 Hasil validitas analisis MDS dan Monte Carlo pada dimensi sosial	75
7.10 Hasil validitas analisis MDS dan Monte Carlo pada dimensi kelembagaan	79
7.11 Analisis Status Keberlanjutan Pengelolaan Kawasan TNGMb terkait Dinamika Perubahan Penutupan Lahan	79
7.12 Atribut sensitif dari masing-masing dimensi pengelolaan kawasan TNGMb terkait dinamika perubahan penutupan lahan secara berkelanjutan	81
8.1 Matriks perbandingan berpasangan	85
8.2 Skala kepentingan yang digunakan dalam metode AHP	85
8.3 Hasil perhitungan bobot faktor Model Kerentanan Perubahan Penutupan Lahan Kawasan Konservasi	87
8.4 Hasil perhitungan bobot faktor keterpaparan	87
8.5 Hasil perhitungan bobot untuk faktor sensitifitas	88
8.6 Hasil perhitungan bobot untuk faktor keberlanjutan	89
8.7 Hasil perhitungan bobot untuk kriteria dinamika perubahan	89
8.8 Hasil perhitungan bobot untuk kriteria prediksi perubahan	90
8.9 Hasil perhitungan bobot untuk kriteria kebakaran	90
8.10 Hasil perhitungan bobot untuk kriteria penebangan	90
8.11 Hasil perhitungan bobot untuk kriteria restorasi	91
8.12 Hasil perhitungan bobot untuk alternatif zonasi	91

DAFTAR GAMBAR

1.1 Kerangka Pemikiran	8
2.1 Kerangka kerja kerentanan perubahan penutupan lahan kawasan konservasi	13
3.1 Peta Lokasi Penelitian	17
3.2 Alur Penelitian	20
4.1 Diagram alir penelitian	26
4.2 Luas Cakupan Penutupan Lahan di Area Penelitian (A) dan area TNGMb (B)	27
4.3 Aliran perubahan penutupan lahan area penelitian tahun 2014 dan 2020	28
4.4 Peta Penutupan Lahan di Area Penelitian Tahun 1995	29
4.5 Peta Penutupan Lahan di Area Penelitian Tahun 2001	30
4.6 Peta Penutupan Lahan di Area Penelitian Tahun 2007	30
4.7 Peta Penutupan Lahan di Area Penelitian Tahun 2014	31
4.8 Peta Penutupan Lahan di Area Penelitian Tahun 2020	31
5.1 Diagram alir untuk membuat peta jejak manusia	35
5.2 Nilai Atribut HF didalam, diluar dan total di Taman Nasional Gunung Merbabu	38
5.3 Peta dari masing-masing atribut HF pada tahun 2014	39
5.4. Peta dari masing-masing atribut HF pada tahun 2020	39
5.5 Nilai dari HF masing-masing desa pada tahun 2014 dan 2020	40
5.6 Peta Nilai HF pada masing-masing desa penyangga TNGMb pada Tahun 2014 dan 2020	42
5.7 Nilai HF dan selisih antara Tahun 2014-2020	42
5.8 Peta penutupan lahan Tahun 2014 yang dioverlay dengan zonasi dan grid penelitian	44
5.9 Peta penutupan lahan Tahun 2020 yang dioverlay dengan zonasi dan grid penelitian	44
6.1 Diagram alir penelitian	50
6.2 Contoh dari forest loss untuk titik sampel dari <i>Timesync</i> (A) dan <i>google earth image</i> (B)	51
6.3 Peta keluaran dari algoritma LandTrendr adalah peta durasi, magnitudo, dan tahun perubahan dalam vegetasi gain	53
6.4 Peta keluaran dari algoritma LandTrendr adalah peta durasi, magnitudo, dan tahun perubahan dalam vegetasi loss	54
6.5 Plot sampel vegetasi loss dan trajektori gangguan yang disesuaikan dengan LandTrendr berdasarkan NBR (A) dan NDVI (B)	56
6.6 Plot sampel vegetasi gain dan trajektori gangguan yang disesuaikan dengan LandTrendr berdasarkan NBR	56
6.7 Grafik luas dan rata-rata magnitudo penurunan dan peningkatan vegetasi	57
7.1 Tahapan analisis keberlanjutan dengan <i>Rap-CArea</i> , dimodifikasi dari Fauzi, 2019	61
7.2 Grafik ordinasi keberlanjutan dimensi ekologi masing-masing resor	66
7.3 Hasil analisis leverage atribut keberlanjutan dimensi ekologi	67

7.4 Diagram analisis Monte Carlo masing-masing Resor dimensi ekologi	68
7.5 Grafik ordinasi keberlanjutan dimensi ekonomi masing-masing resor	69
7.6 Hasil analisis leverage atribut keberlanjutan dimensi ekonomi	70
7.7 Diagram analisis Monte Carlo masing-masing Resor dimensi ekonomi	71
7.8 Grafik ordinasi keberlanjutan dimensi sosial masing-masing resor	73
7.9 Hasil analisis leverage atribut keberlanjutan dimensi sosial	74
7.10 Diagram analisis Monte Carlo masing-masing Resor dimensi sosial	75
7.11 Grafik ordinasi keberlanjutan dimensi kelembagaan masing-masing resor	76
7.12 Hasil analisis leverage atribut keberlanjutan dimensi kelembagaan	77
7.13 Diagram analisis Monte Carlo masing-masing Resor dimensi kelembagaan	78
7.14 Diagram layang-layang status keberlanjutan setiap dimensi pada masing-masing Resor	80
8.1 Hierarki pengambil keputusan Model Penilaian Kerentanan Perubahan Penutupan Lahan Kawasan Konservasi	84

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.

DAFTAR LAMPIRAN

1 Hasil korelasi antara nilai HF dan indeks lanskap berdasarkan grid	120
2 Nilai Human Footprint dan Indeks Lanskap masing-masing grid pada tahun 2014, 2020 dan selisihnya	123
3 Kuisisioner Analisis Status Keberlanjutan Pengelolaan Kawasan Konservasi di TNGMb	127
4 Kuisisioner Penggunaan Hierarki Analitik Model Penilaian Kerentanan Perubahan Penutupan Lahan Kawasan Konservasi	132

