

**DISERTASI**

**DINAMIKA KERENTANAN EKOLOGIS  
MELALUI DATA SATELIT MULTI SPASIAL TEMPORAL  
DI DAERAH ALIRAN SUNGAI TABUNIO**



**Oleh:  
Nurlina  
NIM: 1940511320011**

**PROGRAM STUDI DOKTOR (S3) ILMU PERTANIAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARBARU  
2023**

**DISERTASI**

**DINAMIKA KERENTANAN EKOLOGIS  
MELALUI DATA SATELIT MULTI SPASIAL TEMPORAL  
DI DAERAH ALIRAN SUNGAI TABUNIO**

**Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Doktor**



**Oleh:  
Nurlina  
NIM 1940511320011**

**PROGRAM STUDI DOKTOR (S3) ILMU PERTANIAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARBARU  
2023**

**DISERTASI**

**DINAMIKA KERENTANAN EKOLOGIS  
MELALUI DATA SATELIT MULTI SPASIAL TEMPORAL  
DI DAERAH ALIRAN SUNGAI TABUNIO**

Oleh:

Nurlina

NIM: 1940511320011

Dipertahankan di depan penguji  
pada tanggal 30 Desember 2022  
dan dinyatakan memenuhi syarat

**KOMISI PEMBIMBING,  
Ketua,**



Prof. Dr. Ir. H. Syarifuddin Kadir, M.Si  
NIP. 196304081989031018

Anggota 1



Prof. Dr. Ir. Ahmad Kurnain, M.Sc  
NIP. 196304071991031003

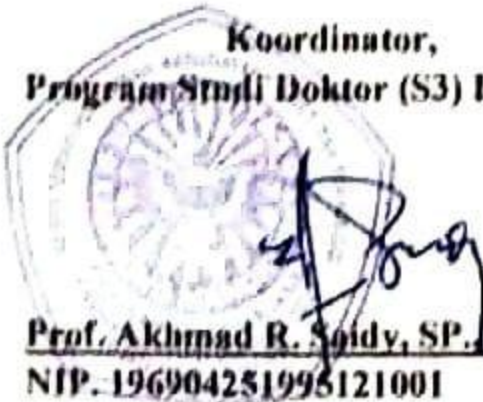
Anggota 2



Prof. Akhmad R. Saidy, SP., M.Ag.Sc., Ph.D  
NIP. 196904251995121001

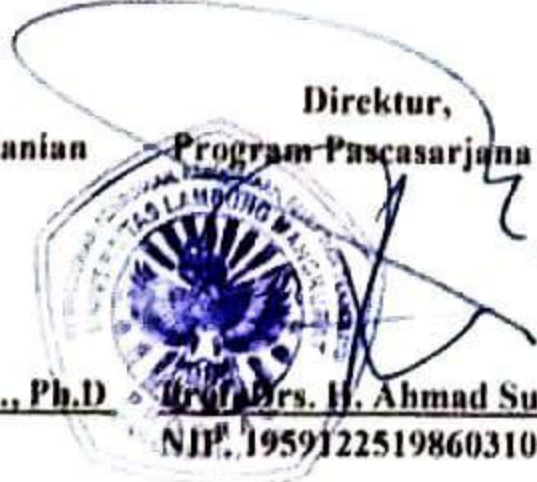
Banjarbaru, 09 Januari 2023

**Koordinator,  
Program Studi Doktor (S3) Ilmu Pertanian**



Prof. Akhmad R. Saidy, SP., M.Ag.Sc., Ph.D  
NIP. 196904251995121001

**Direktur,  
Program Pascasarjana ULM**



Prof. Drs. H. Ahmad Suriansyah, M.Pd., Ph.D  
NIP. 195912251986031001

## **IDENTITAS KOMISI PEMBIMBING DAN KOMISI PENGUJI**

**JUDUL DISERTASI** : Dinamika Kerentanan Ekologis Melalui Data Satelit  
Multi Spasial Temporal di Daerah Aliran Sungai  
Tabunio

Nama Lengkap tanpa Gelar : Nurlina

NIM : 1940511320011

Program Studi : Doktor (S3) Ilmu Pertanian

### **KOMISI PEMBIMBING**

Ketua : Prof. Dr. Ir. H. Syarifuddin Kadir, M.Si

Anggota 1 : Prof. Dr. Ir. Ahmad Kurnain, M.Sc.

Anggota 2 : Prof. Akhmad R. Saidy, SP., M.Ag.Sc., Ph.D

### **KOMISI PENGUJI**

Penguji 1 : Prof. Ir. Fadly H. Yusran, M.Sc., Ph.D

Penguji 2 : Dr. Hafizianor, S.Hut., M.P

Penguji 3 : Prof. Dr. Ir. H. Mijani Rahman, M.Si

Penguji 4 (Tamun) : Dr. Samsu Arif, M.Si

Tanggal Ujian Disertasi : 30 Desember 2022

SK Komisi Penguji :

## **PERNYATAAN ORISINALITAS DISERTASI**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah disertasi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip di dalam naskah dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah disertasi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia Disertasi ini dibatalkan serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70 yang berbunyi: “Lulusan perguruan Tinggi yang karya ilmiahnya digunakan untuk memperoleh gelar akademik, profesi atau vokasi terbukti merupakan jiplakan dicabut gelarnya.” Pasal 70 yang berbunyi: Lulusan yang karya ilmiahnya yang digunakannya untuk mendapatkan gelar akademik, profesi atau vokasi sebagaimana yang dimaksud pada pasal 25 ayat 2 terbukti merupakan jiplakan dipidana dengan pidana penjara paling lama 2 tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp. 200.000.000,00 (dua ratus juta rupiah).

Banjarbaru, 24 Desember 2022

Mahasiswa

NURLINA

NIM 1940511320011



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI**  
**UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT**  
**PROGRAM PASCASARJANA**

**SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI**

NOMOR : 026/UN8.4/SE/2023

Sertifikat ini diberikan kepada:

**Nurlina**

Dengan Judul Disertasi:

Dinamika Kerentanan Ekologis melalui Data Satelit Multi Spasial Temporal di Daerah Aliran Sungai Tabunio  
Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi  $\leq 20\%$ , dan  
dinyatakan Bebas dari Plagiasi.

Banjarmasin, 12 Januari 2023

Direktur,

Prof. Drs. H. Ahmad Suriansyah, M.Pd., Ph.D.  
NIP 195912251986031001

*Disertasi ini kupersembahkan kepada almarhum Ayahanda dan Ibunda tercinta,  
Keempat anak mama: Annisa Putri Cahyani, Muhammad Imam Alghifary,  
Ibnu Qoyyim, dan Muhammad Akhtar Baihaqi, serta  
Suamiku tersayang Dr. Ichsan Ridwan, S.Si., M.Kom.*

## **RIWAYAT HIDUP**

Nurlina, lahir di Bulukumba, Sulawesi Selatan, pada tanggal 14 April 1976 anak dari ayah Andi Abdullah Siame dan Ibu St. Djubaedah. Menempuh pendidikan Sekolah Dasar (SD) sampai SMA di Kota Makassar, lulus SMA Tahun 1994. Pendidikan S1 Geofisika di Universitas Hasanuddin (lulus tahun 1999). Tahun 2006 menempuh pendidikan S2 di Program Studi Penginderaan Jauh Universitas Gadjah Mada lulus tahun 2008. Tahun 2019 menempuh pendidikan S3 pada Program Doktor Ilmu Pertanian Universitas Lambung Mangkurat bidang minat Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan (PSDAL) lulus pada tahun 2022. Bekerja sebagai dosen pada bidang keahlian Geofisika Program Studi Fisika Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin sejak tahun 2003 sampai sekarang. Selain itu juga sebagai Asesor BNSP bidang Geospasial sejak tahun 2017 sampai sekarang. Memiliki kompetensi sebagai Ahli Madya Bidang Penginderaan Jauh dan Ahli Madya Sistem Informasi Geografis. Memperoleh Piagam Tanda Kehormatan Satya Lencana Karya Satya 10 tahun dari presiden Republik Indonesia ke 7. Mengajar mata kuliah Penginderaan Jauh, Sains Informasi Geografis, Kartografi, Geologi Fisik, Geomorfologi, dan Pengenalan Lingkungan Lahan Basah.



## RINGKASAN

Kondisi Daerah Aliran Sungai Tabunio sebagai DAS dengan penanganan prioritas (Keputusan Menhut No. SK. 328/Menhut-II/2009) karena kondisi lahan kritis termasuk dalam kualifikasi pemulihan sangat tinggi dengan luas area lahan kritis sebesar 19.109,89 ha. Begitu juga dengan kondisi tutupan vegetasi dan indeks erosi kualifikasi pemulihan sangat tinggi dengan erosi sebesar 219,08 ton  $\text{ha}^{-1}\text{th}^{-1}$ . Kondisi resapan air yang semakin berkurang juga mengakibatkan terjadinya banjir di musim hujan dan kekeringan di musim kemarau. Kerusakan lingkungan di DAS Tabunio diperparah dengan adanya tambang emas tradisional dan telah menjadi keprihatinan banyak pihak. Meningkatnya bencana alam yang dirasakan, seperti bencana banjir, tanah longsor dan kekeringan dari tahun ke tahun sehingga perlu dilakukan evaluasi kerentanan ekologis di DAS Tabunio.

Pemantauan terhadap kerentanan kerusakan lingkungan dapat dilakukan dengan mengetahui indeks kerentanan ekologis. Pentingnya mengetahui nilai indeks kerentanan ekologis secara simultan dapat memeriksa tingkat risiko dan kondisi sekarang, memprediksi keadaan lingkungan dan memprediksi kejadian di masa depan. Evaluasi dinamis dari kerentanan ekologis penting untuk menilai lingkungan ekologis suatu kawasan, penting untuk perlindungan lingkungan ekologis dan sebagai peringatan dini keamanan ekologis. Evaluasi lingkungan menyediakan data dan informasi dasar untuk pengembangan dari ekosistem berkelanjutan dengan mengambil langkah-langkah efektif untuk mengendalikan kerusakan lingkungan ekologis, dan secara efektif mencegah kerusakan akibat aktivitas manusia di lingkungan ekologis sosial.

Pengembangan teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) menyediakan data dasar yang lebih banyak untuk studi kerentanan ekologis, memungkinkan untuk mengevaluasi perubahan dinamis kerusakan lingkungan untuk rentang waktu yang lama. Keseluruhan penelitian menunjukkan bahwa kerusakan lingkungan dapat dianalisis, dipantau dan diawasi serta dievaluasi dinamikanya melalui integrasi teknologi Pengindraan Jauh, SIG, *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dengan hasil yang lebih cepat, efisien dibanding pengamatan secara langsung. Secara keseluruhan berkontribusi untuk mewujudkan evaluasi yang cepat dan obyektif dari kerentanan ekologis dan memberikan informasi berharga untuk pengambilan kebijakan mengenai manajemen ekologis dan pengembangan wilayah.

Penelitian ini mengembangkan suatu indeks kerentanan ekologis di DAS Tabunio sesuai dengan karakteristik fisik DASnya selama 20 tahun dengan periode 5 tahunan dari tahun 2005 - 2020 sehingga dapat diketahui tingkat kerentanan ekologisnya, sebaran spasial dan temporalnya, tren dan prediksi kerentanan ekologis di DAS tersebut pada tahun 2025 dengan memanfaatkan data Penginderaan Jauh, Sistem Informasi Geografis (SIG), dan *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

Indeks kerentanan ekologis yang dihasilkan dari penelitian ini efektif dalam memantau karakteristik spasial temporal dari kerentanan ekologis DAS Tabunio dengan akurasi yang cukup tinggi yaitu akurasi keseluruhan sebesar 79% dan Koefisien Kappa sebesar 0,7. IKE dapat menilai kerentanan ekologis untuk skala

regional secara lebih komprehensif dibandingkan dengan indeks individual. Sebagian besar indikator yang digunakan untuk membangun Indeks kerentanan ekologis dapat diperoleh dari citra penginderaan jauh dengan cepat, dengan demikian, IKE mudah dialihkan dan diterapkan ke bidang kajian lainnya.

Kerentanan ekologis DAS Tabunio dari tahun 2005 hingga 2020, menunjukkan tren “stabil secara keseluruhan” Nilai EVSI tahunan DAS tersebut antara 4,25, yang merupakan tingkat transisi antara Kerentanan ringan dan kerentanan sedang. Daerah yang rentan dari lingkungan ekologis terutama didistribusikan di wilayah DAS Tabunio dengan medan yang curam dan erosi tanah yang relatif serius, dan juga didistribusikan di daerah pertambangan batu gunung juga pertambangan emas di sepanjang sempadan sungai Tabunio yang merupakan lingkungan ekologis paling rentan. Zona ekosistem stabil sebagian besar didistribusikan di kawasan hutan di sekitar perkebunan kelapa sawit dan tubuh air. Lokasi-lokasi ini memiliki tingkat kerentanan ekologis yang rendah yang ditandai dengan tekanan lingkungan yang rendah dan tidak ada kelainan ekologis. Daerah yang cukup rentan di lahan terbuka, lahan rawa dan lahan pertanian kering menunjukkan kecenderungan peningkatan kerentanan dan kerusakan lebih lanjut. Beberapa daerah menunjukkan kelemahan dalam struktur dan fungsi ekosistem dan sensitivitas terhadap gangguan eksternal, dan kerentanan ekologis mendekati atau telah mencapai tingkat kerentanan parah.

Perubahan kerentanan terhadap nilai-nilai area unit terutama mengubah tingkat kerentanan ringan menjadi tingkat kerentanan sedang, dan nilai-nilai lain menunjukkan sedikit perubahan. Nilai unit area untuk daerah dengan kerentanan tinggi umumnya menunjukkan tren naik, pada tahun 2020, yang memiliki peningkatan lebih besar tetapi nilai area unit lebih kecil. Atas dasar untuk mempertahankan tingkat kerentanan mula-mula, kerentanan masing-masing kelas paling sering dikonversi ke kelas yang berdekatan. Tingkat kerentanan ekologis lebih umum dikonversi ke tingkat yang lebih parah, dan cenderung pulih dari tingkat kerentanan yang parah. Karena perluasan kota dan intensifikasi kegiatan manusia, IKE menunjukkan tren peningkatan yang signifikan, terutama di Sub DAS Kandangan wilayah kota Kabupaten, pesisir pantai barat DAS Tabunio yg termasuk dalam Sub DAS Tungkanan. Perubahan tutupan lahan terbuka dan semak belukar ke perkebunan, menjadikan lingkungan ekologis telah sangat meningkat dan ekosistemnya cenderung stabil di hutan yang merupakan daerah hulu DAS Tabunio.

Prediksi kerentanan ekologis untuk tahun 2025 dan seterusnya diperkirakan akan tetap berfluktuasi dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya. Prediksi luas tingkat kerentanan ekologis pada tahun 2025 menunjukkan peningkatan yang signifikan pada tingkat kerentanan parah diikuti oleh tingkat kerentanan ekologis sedang. Kerentanan ekologis di DAS Tabunio ini didorong oleh faktor antropogenik dan alami, sehingga tindakan pengendalian degradasi lahan harus dilakukan sesuai dengan pemantauan dan prediksi yang telah dilakukan dalam penelitian ini.

## SUMMARY

*The condition of the Tabunio River Basin is a watershed with priority treatment (Decree of the Minister of Forestry No. SK. 328/Menhut-II/2009) because critical land conditions are included in the qualification for very high recovery with an area of critical land of 19,109.89 ha. Likewise, the condition of the vegetation cover and the erosion index qualifying for recovery is very high with an erosion of 219.08 tons ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. The condition of diminishing water absorption also results in flooding in the rainy season and drought in the dry season. Environmental damage in the Tabunio watershed is exacerbated by the existence of traditional gold mining and has become a concern for many parties. The perceived increase in natural disasters, such as floods, landslides and droughts from year to year, requires an evaluation of ecological vulnerability in the Tabunio watershed.*

*Monitoring of environmental damage vulnerability can be done by knowing the ecological vulnerability index. The importance of knowing the value of the ecological vulnerability index can simultaneously check the level of risk and current conditions, predict environmental conditions and predict future events. Dynamic evaluation of ecological vulnerability is important for assessing the ecological environment of an area, important for the protection of the ecological environment and as an early warning of ecological safety. Environmental evaluation provides basic data and information for the development of a sustainable ecosystem by taking effective measures to control damage to the ecological environment, and effectively prevent damage due to human activities in the social ecological environment.*

*The development of Remote Sensing technology and Geographic Information System (GIS) provides more basic data for ecological vulnerability studies, making it possible to evaluate dynamic changes in environmental damage over a long period of time. Overall research shows that environmental damage can be analyzed, monitored and supervised and evaluated its dynamics through the integration of Remote Sensing, GIS, Analytic Hierarchy Process (AHP) technology with results that are faster, more efficient than direct observation. Together they contribute to realizing a rapid and objective evaluation of ecological vulnerability and provide valuable information for policy making regarding ecological management and regional development.*

*This study developed an index of ecological vulnerability in the Tabunio watershed according to the physical characteristics of the watershed for 20 years with a 5 year period from 2005 - 2020 so that the level of ecological vulnerability, spatial and temporal distribution, trends and predictions of ecological vulnerability in the watershed can be known in 2025. by utilizing Remote Sensing data, Geographic Information System (GIS), and Analytic Hierarchy Process (AHP).*

*The ecological vulnerability index resulting from this study is effective in monitoring the spatial-temporal characteristics of the ecological vulnerability of the Tabunio watershed with fairly high accuracy, namely an overall accuracy of 79% and a Kappa coefficient of 0.7. IKE can assess ecological vulnerability for a regional scale in a more comprehensive manner compared to individual indexes. Most of the indicators used to build an ecological vulnerability index can be*

quickly obtained from remote sensing imagery, thus, IKE is easily transferable and applicable to other fields of study.

The ecological vulnerability of the Tabunio watershed from 2005 to 2020, shows an “overall stable” trend. The annual EVSI value of the watershed is between 4.25, which is a transition level between mild and moderate vulnerability. The vulnerable areas of the ecological environment are mainly distributed in the Tabunio watershed area with steep terrain and relatively serious soil erosion, and are also distributed in the mountain rock mining area as well as gold mining along the Tabunio riverbank which is the most vulnerable ecological environment. Stable ecosystem zones are mostly distributed in forest areas around oil palm plantations and bodies of water. These locations have a low level of ecological vulnerability which is characterized by low environmental pressure and no ecological abnormalities. Areas that are quite vulnerable in open land, swamp land and dry agricultural land show a trend of increasing vulnerability and further damage. Some areas exhibit weaknesses in ecosystem structure and function and sensitivity to external disturbances, and ecological vulnerability is approaching or has reached a level of severe vulnerability.

Changes in susceptibility to unit area values mainly change the level of mild vulnerability to moderate vulnerability, and other values show little change. The unit area values for areas with high vulnerability generally show an upward trend, in 2020, which will have a larger increase but smaller unit area values. On the basis of maintaining the initial level of vulnerability, the vulnerabilities of each class are most often converted to adjacent classes. Ecological vulnerability levels are more commonly converted to more severe levels, and tend to recover from severe vulnerability levels. Due to the expansion of the city and the intensification of human activities, the IKE shows a significant increasing trend, especially in the Kandangan Sub-watershed area of the regency city, the west coast of the Tabunio Watershed which is included in the Tungkaran Sub-watershed. Changes in open land cover and shrubs to plantations, so that the ecological environment has greatly improved and the ecosystem tends to be stable in the forest which is the upstream area of the Tabunio watershed.

Ecological vulnerability predictions for 2025 and beyond are expected to remain fluctuating compared to previous years. Broad predictions of ecological vulnerability in 2025 show a significant increase in severe vulnerability followed by moderate ecological vulnerability. Ecological vulnerability in the Tabunio watershed is driven by anthropogenic and natural factors, so measures to control land degradation must be carried out in accordance with the monitoring and predictions that have been carried out in this study.

## PRAKATA

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan kami kemudahan sehingga kami dapat menyelesaikan makalah ini dengan tepat waktu. Tanpa pertolongan-Nya tentunya kami tidak akan sanggup untuk menyelesaikan **Usulan Penelitian Disertasi** ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga terlimpah curahkan kepada baginda tercinta kita yaitu Nabi Muhammad SAW yang kita nanti-nantikan syafa'atnya di akhirat nanti.

Penulis mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas limpahan nikmat sehat-Nya, baik itu berupa sehat fisik maupun akal pikiran, sehingga penulis mampu untuk menyelesaikan usulan disertasi ini dengan judul "**Dinamika Kerentanan Ekologis Melalui Data Satelit Multi Spasial Temporal di Daerah Aliran Sungai Tabunio**".

Pada Kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh Komisi Pembimbing yaitu Promotor **Prof. Dr. Ir. H. Syarifuddin Kadir, M.Si**, Co Promotor **Prof. Dr. Ir. Ahmad Kurnain, M.Sc** dan **Prof. Akhmad R. Saidy, SP., M.Ag.Sc., Ph.D** yang telah memberikan bimbingan dan wawasan tentang kajian penelitian yang akan saya lakukan. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Tim Penguji atas kesediaannya untuk memberikan saran dan masukan. Tak lupa disampaikan pula terima kasih atas dukungan dari pihak pengelola Program Doktor (S3) Ilmu Pertanian Universitas Lambung Mangkurat.

Penulisan ini tentu saja masih jauh dari sempurna sehingga kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan sehingga dapat lebih baik lagi di kemudian hari. Demikian, semoga tulisan ini dapat bermanfaat. Terima kasih.

Banjarbaru, 21 Desember 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

RINGKASAN .....	viii
SUMMARY .....	x
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.5. Novelty.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1. Kerentanan Ekologis .....	6
2.1.1. Indeks Kerentanan Ekologis .....	7
2.1.2. Erosi .....	10
2.1.3. Indeks Degradasi Lahan.....	11
2.2. Sistem Penginderaan Jauh .....	12
2.3. Citra Landsat 8 OLI TIRS .....	17
2.4. Uji Akurasi .....	18
2.5. Sistem Informasi Geografis (SIG).....	19
2.6. Metode Analytical Hierarchy Process (AHP).....	21
2.7. Analisis Data Spasial Eksploratori (ADSE).....	24
III. METODE PENELITIAN .....	25
3.1. Kerangka Penelitian .....	25
3.1.1. Kerangka Pemikiran.....	27
3.1.2. Kerangka Operasional Penelitian.....	28
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian.....	29
3.3. Bahan dan Alat.....	29
3.4. Analisis Data .....	30
3.4.1. Mengembangkan sistem indeks untuk penilaian kerentanan ekologis di Daerah Aliran Sungai (DAS) Tabunio .....	33
3.4.2. Sebaran Spasial dan Temporal Kerentanan Ekologi.....	51
3.4.3. Menentukan tren dan prediksi variasi kerentanan ekologis di Daerah Aliran Sungai (DAS) Tabunio.....	52

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	54
4.1. Mengembangkan sistem indeks untuk penilaian kerentanan ekologis di Daerah Aliran Sungai (DAS) Tabunio.....	54
4.1.1. Analisis Citra Satelit .....	54
4.1.2. Analisis Batas DAS Tabunio .....	55
4.1.3. Kemiringan Lereng DAS Tabunio.....	57
4.1.4. Ketinggian DAS Tabunio .....	58
4.1.5. Jenis Tanah.....	59
4.1.6. Tutupan/Penggunaan Lahan.....	62
4.1.6.1. Uji Akurasi Klasifikasi Tutupan lahan.....	64
4.1.6.2. Klasifikasi Tutupan Lahan Metode <i>Support Vector Machine</i> (SVM).....	66
4.1.6.3. Perubahan Tutupan Lahan.....	68
4.1.7. Presipitasi.....	70
4.1.8. Indeks Degradasi Lahan.....	72
4.1.8.1. Tutupan Vegetasi .....	72
4.1.8.2. Kelembapan Tanah ( <i>Soil Moisture Index</i> ) .....	79
4.1.9. Erosi Tanah .....	85
4.1.9.1. Erodibilitas Tanah .....	85
4.1.9.2. Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS).....	86
4.1.9.3. Faktor Pengelolaan Tanaman dan Konservasi Tanah (CP) DAS Tabunio .....	87
4.1.10. Kepadatan Penduduk .....	91
4.1.11. Pembobotan dan skoring parameter kerentanan ekologis dengan AHP .....	93
4.2. Distribusi Spasial dan Temporal Kerentanan Ekologis.....	96
4.2.1. Uji Akurasi Indeks Kerentanan Ekologis.....	99
4.2.2. Analisis Perubahan Kerentanan Ekologis DAS.....	103
4.2.3. Indeks Kerentanan Ekologis dan Tutupan/penggunaan Lahan.....	105
4.3. Tren dan Prediksi Kerentanan.....	108
4.4. Implikasi Hasil Penelitian.....	111
KESIMPULAN DAN SARAN.....	113
5.1. Kesimpulan.....	113
5.2. Saran.....	114
DAFTAR PUSTAKA .....	115
LAMPIRAN .....	124
GLOSARIUM.....	162
PUBLIKASI ILMIAH TERKAIT DISERTASI.....	164

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik Citra Landsat 8 OLI/TIRS (www.usgs.gov.2013) ....	18
Tabel 2.2. Skala Prioritas Metode AHP (Saaty, 2008) .....	21
Tabel 4.1. Kondisi kemiringan lereng DAS Tabunio .....	57
Tabel 4.2. Kondisi ketinggian DAS Tabunio.....	59
Tabel 4.3. kelas erodibilitas tanah.....	61
Tabel 4.4. Jenis Tanah dan tingkat erodibilitas tanah DAS Tabunio.....	61
Tabel 4.5. Luas dan Persentase Tutupan Lahan DAS Tabunio tahun 2005, 2010, 2015 dan 2020 .....	67
Tabel 4.6. Luas Perubahan Tutupan Lahan DAS Tabunio tahun 2005 – 2020	69
Tabel 4.7. Luas Perubahan Tutupan Lahan DAS Tabunio tahun 2005 – 2020	69
Tabel 4.8. Nilai Erosivitas Hujan DAS Tabunio Tahun 2005-2020.....	71
Tabel 4.9. Kelas kerapatan vegetasi DAS Tabunio Tahun 2005 – 2020 .....	78
Tabel 4.10. Suhu permukaan lahan DAS Tabunio tahun 2005 – 2020.....	80
Tabel 4.11. Suhu permukaan berdasarkan penggunaan lahan di DAS Tabunio Tahun 2005 – 2020.....	80
Tabel 4.12. Nilai dan Kelas Kelembapan tanah Tahun 2005 – 2020 DAS Tabunio.....	82
Tabel 4.13. Luas dan proporsi tingkat degradasi lahan di DAS Tabunio dari tahun 2005 hingga 2020 .....	83
Tabel 4.14. Kelas Laju Erosi DAS Tabunio Tahun 2005 – 2020 .....	89
Tabel 4.15. Nilai bobot dan skoring parameter kerentanan ekologis.....	95
Tabel 4.16. Luas dan proporsi tingkat kerentanan Ekologis di DAS Tabunio dari tahun 2005 hingga 2020 .....	97
Tabel 4.17. Confusion Matriks penaksiran akurasi hasil klasifikasi Indeks Kerentanan Ekologis.....	102
Tabel 4.18. Berbagai jenis transfer area yang rentan secara ekologis dari tahun 2005 hingga 2020 .....	104
Tabel 4.19. Efek dari perubahan tipe tutupan/penggunaan lahan yang berbeda pada tingkat kerentanan ekologis dari Tahun 2005 – 2020 di DAS Tabunio.....	106
Tabel 4.20. Tren perubahan Kerentanan Ekologis DAS Tabunio Tahun 2005 – 2020 .....	109
Tabel 4.21. Prediksi luas kerentanan ekologis DAS Tabunio 2025.....	110
Tabel 4.22. Prediksi luas kerentanan ekologis DAS Tabunio 2005 – 2025.....	110



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pengindraan jauh menggunakan sumber energi cahaya matahari .....	13
Gambar 2.2. Spektrum warna dan gelombang lainnya .....	14
Gambar 2.3. Kurva Pantulan Normal Umum Obyek Vegetasi, Tanah, dan Air.....	15
Gambar 2.4. Contoh Overlay pada basisdata spasial .....	19
Gambar 2.5. Prinsip Dasar Analytical Hierarchy Process .....	22
Gambar 3.1. Kerangka Pemikiran Penelitiane .....	27
Gambar 3.2. Kerangka Operasional Penelitian Kerentanan Ekologis .....	28
Gambar 3.3. Peta Lokasi Penelitian DAS Tabunio.....	29
Gambar 4.1. (a) Citra Satelit Landsat 7 Tahun 2005, (b) Citra Satelit Landsat 7 Tahun 2010, (c) Citra Satelit Landsat 8 OLI TIRS Tahun 2015, (d) Citra Satelit Sentinel 2 Tahun 2020.....	54
Gambar 4.2. Analisis Batas DAS Tabunio dari citra DEMNAS .....	55
Gambar 4.3. Hasil analisis batas DAS dan Sub-DAS Tabunio.....	56
Gambar 4.4. Peta Kemiringan Lereng DAS Tabunio .....	57
Gambar 4.5. Peta Ketinggian DAS Tabunio.....	59
Gambar 4.6. Peta Jenis Tanah DAS Tabunio.....	60
Gambar 4.7. Grafik akurasi pengguna metode klasifikasi SVM dan ML Tahun 2005 – 2020 .....	64
Gambar 4.8. Grafik akurasi produser metode klasifikasi SVM dan ML Tahun 2005 – 2020.....	65
Gambar 4.9. (a) Penggunaan Lahan Tahun 2005 (b) Penggunaan Lahan Tahun 2010 (c) Penggunaan Lahan Tahun 2015 d) Penggunaan Lahan Tahun 2020 .....	67
Gambar 4.10. Sebaran spasial Erosivitas Hujan DAS Tabunio tahun 2005 – 2020 .....	71
Gambar 4.11. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) DAS Tabunio 2005 – 2020.....	74
Gambar 4.12. Indeks bayangan DAS Tabunio tahun 2005 – 2020.....	75
Gambar 4.13. Sebaran spasial Indeks lahan terbuka pada DAS Tabunio.....	77
Gambar 4.14. Sebaran spasial Tutupan Vegetasi pada DAS Tabunio.....	77
Gambar 4.15. Sebaran spasial temperatur permukaan (LST) pada DAS Tabunio Tahun 2005 – 2020.....	79

Gambar 4.16. Sebaran spasial kelembapan tanah pada DAS Tabunio.....	82
Gambar 4.17. Sebaran spasial tingkat degradasi lahan pada DAS .....	83
Gambar 4.18. Grafik tingkat degradasi lahan pada DAS.....	84
Gambar 4.19. Peta erodibilitas tanah DAS Tabunio .....	86
Gambar 4.20. Peta Faktor LS DAS Tabunio.....	87
Gambar 4.21. Peta Faktor Pengelolaan Tanaman dan Konservasi Tanah (CP).....	88
Gambar 4.22. Peta Laju Erosi DAS Tabunio Tahun 2005 – 2020.....	89
Gambar 4.23. Grafik Laju Erosi DAS Tabunio Tahun 2005 – 2020 .....	90
Gambar 4.24. Sebaran spasial Kepadatan Penduduk di DAS Tabunio.....	91
Gambar 4.25. Grafik Kepadatan Penduduk di DAS Tabunio.....	92
Gambar 4.26. Sebaran spasial tingkat kerentanan ekologis DAS Tabunio Tahun 2005 – 2020 .....	97
Gambar 4.27. Grafik tingkat kerentanan ekologis DAS Tabunio.....	98
Gambar 4.28. Sebaran sampel validasi indeks kerentanan ekologis di DAS Tabunio Tahun 2020.....	100
Gambar 4.29. Sebaran sampel validasi indeks kerentanan ekologis di DAS Tabunio Tahun 2020 menggunakan Citra Google Earth Tahun 2020 .....	100
Gambar 4.30. Karakteristik sampel validasi untuk degradasi lahan di Google Earth (Yang, Li, Chen, Wang, Hu, et al., 2020).....	101
Gambar 4.31. Karakteristik sampel validasi untuk kerentanan ekologis di DAS Tabunio dari Google Earth .....	102
Gambar 4.32. Grafik EVSI DAS Tabunio .....	104
Gambar 4.33. Nilai rata-rata indeks kerentanan ekologis dari jenis tutupan/penggunaan lahan yang berbeda di DAS Tabunio .....	106
Gambar 4.34. Tren perubahan nilai kerentanan ekologis DAS Tabunio 2005 – 2020 .....	109
Gambar 4.35. Prediksi sebaran spasial kerentanan ekologis DAS Tabunio 2025 .....	110

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Jumlah training sampel dan testing sampel untuk klasifikasi dan Uji akurasi klasifikasi Tutupan dan penggunaan Lahan....	124
Lampiran 2.	Tabel Perbandingan Nilai Akurasi Pengguna dan Akurasi Produser untuk Klasifikasi Penggunaan Lahan dengan metode SVM dan ML tahun 2005 – 2020 .....	125
Lampiran 3.	Erosivitas Curah Hujan (R) .....	126
Lampiran 4.	Tabel Luas tingkat erosivitas berdasarkan Sub DAS di DAS Tabunio.....	135
Lampiran 5.	Tabel Hasil analisis Tingkat Kerapatan Vegetasi di DAS Tabunio.....	136
Lampiran 6.	Karakteristik Perubahan Tutupan Lahan DAS Tabunio 2005 – 2020 .....	137
Lampiran 7.	Hasil Analisis Laboratorium Uji Sampel Tanah .....	138
Lampiran 8.	Tabel Hasil Analisis Nilai Panjang dan Kemiringan Lereng (LS) DAS Tabunio .....	140
Lampiran 9.	Tabel Hasil Analisis Faktor Pengelolaan Tanaman dan Konservasi Tanah (CP) DAS Tabunio .....	141
Lampiran 10.	Tabel Jumlah dan kepadatan penduduk di DAS Tabunio Tahun 2005-2020.....	142
Lampiran 11.	Kuesioner <i>Analytic Hierarchy Process</i> (AHP).....	143
Lampiran 12.	Tabel Perbandingan Berpasangan metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) dari para expert.....	150
Lampiran 13.	Tabel hasil analisis Sebaran Tingkat Kerentanan DAS Tabunio Tahun 2005.....	155
Lampiran 14.	Hasil Validasi Kerentanan Ekologis Tahun 2020 .....	157
Lampiran 15.	Tabel Berbagai jenis transfer area yang rentan secara ekologis dari tahun 2005 hingga 2020 .....	160