

ARAHAN PENGGUNAAN LAHAN UNTUK MEMPERBAIKI KINERJA DAS MENGGUNAKAN MACHINE LEARNING DI SUB DAS TANRALILI SULAWESI SELATAN

FAJAR NUGRAHA



**PROGRAM STUDI ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- 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.





PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Arahan Penggunaan Lahan untuk Memperbaiki Kinerja DAS Menggunakan Machine Learning di Sub DAS Tanralili Sulawesi Selatan” 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 tesis ini.

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

Bogor, April 2025

Fajar Nugraha
NIM A1501222015

- 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RINGKASAN

FAJAR NUGRAHA. Arahan Penggunaan Lahan untuk Memperbaiki Kinerja DAS Menggunakan Machine Learning di Sub DAS Tanralili Sulawesi Selatan. Dibimbing oleh DWI PUTRO TEJO BASKORO dan SURIA DARMA TARIGAN.

Pengelolaan sumber daya alam, terutama air, memiliki peranan sangat penting dalam mendukung kehidupan manusia, seperti untuk kebutuhan rumah tangga, pertanian, peternakan, dan perikanan. Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Tanralili, yang terletak di Kabupaten Maros dan Kota Makassar, merupakan salah satu wilayah vital dalam penyediaan air di Sulawesi Selatan. Sub DAS ini menghadapi masalah serius terkait perubahan penggunaan lahan yang dipicu pertumbuhan jumlah penduduk yang pesat. Pertumbuhan penduduk di Kabupaten Maros tercatat mengalami kenaikan sebesar 47,7% dalam periode 2001 hingga 2021. Peningkatan ini berdampak langsung pada jumlah pelanggan PDAM, yang meningkat hingga 417,2% pada periode yang sama. Kenaikan tersebut menambah tekanan terhadap sumber daya air yang ada, memperburuk kondisi lingkungan dengan terjadinya erosi, kekeringan, dan banjir. Perencanaan penggunaan lahan yang terkelola dengan baik menjadi sangat penting untuk menjaga keberlanjutan ketersediaan air.

Penelitian ini bertujuan mengkaji perubahan penggunaan lahan di Sub DAS Tanralili pada tahun 2002, 2012, dan 2022, serta memprediksi perubahan penggunaan lahan pada tahun 2032 menggunakan algoritma *machine learning* (ML). Hasil klasifikasi penggunaan lahan menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) menunjukkan bahwa luas hutan sekunder pada tahun 2002 mencapai 7.316,9 ha (26,2%). Luas ini menurun menjadi 3.132,9 ha (11,2%) pada tahun 2022, menunjukkan perubahan signifikan akibat konversi lahan menjadi pertanian dan permukiman. Luas semak belukar pada tahun 2022 mencapai 13.013,8 ha (46,5%), dengan peningkatan signifikan dari 7.710,5 ha (27,5%) pada tahun 2002. Pertanian lahan kering mengalami penurunan dari 11.762,4 ha (42,1%) pada tahun 2002 menjadi 10.503,1 ha (37,6%) pada tahun 2022. Prediksi penggunaan lahan untuk tahun 2032 menunjukkan bahwa luas hutan sekunder akan semakin berkurang menjadi 2.578,7 ha (9,2%), sementara semak belukar diprediksi akan terus meningkat menjadi 13.714,7 ha (49,0%).

Penelitian ini juga mengembangkan model prediksi debit aliran sungai dengan menggunakan data meteorologi dan karakteristik lahan dari tahun 2002 hingga 2022. Model prediksi debit menggunakan algoritma *Artificial Neural Network* (ANN) menunjukkan hasil sangat akurat dengan nilai R^2 sebesar 0,76 dan Mean Absolute Error (MAE) sebesar 8,86. Model ANN ini memberikan performa lebih baik dibandingkan algoritma lainnya. Hasil prediksi debit aliran sungai untuk tahun 2022 menunjukkan angka 7757,3 m³/detik, lebih tinggi dibandingkan data historis tahun 2002 yang hanya 6025,9 m³/detik. Kenaikan debit ini sejalan dengan perubahan penggunaan lahan, di mana konversi lahan menjadi permukiman dan pertanian meningkatkan aliran permukaan dan mengurangi kemampuan tanah menyerap air.

Penelitian ini juga menghitung nilai Koefisien Rejim Aliran (KRA) dan Koefisien Aliran Tahunan (KAT) berdasarkan prediksi debit aliran sungai. Nilai KRA pada tahun 2022 mencapai 243 (sangat tinggi) dan KAT sebesar 0,45 (tinggi),



menunjukkan penurunan kualitas kinerja DAS Tanralili. Hasil perhitungan KRA dan KAT menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan secara signifikan memengaruhi kestabilan aliran sungai dan ketersediaan air. Penelitian ini menyarankan agar penggunaan lahan pada tahun 2032 mengikuti skenario 5, yang berdasarkan kaidah konservasi tanah dan air, untuk menurunkan nilai KRA dan KAT. Skenario 5 dapat menurunkan nilai KRA hingga menjadi 30,2 (rendah) dan KAT menjadi 0,19 (sangat rendah).

Integrasi teknologi ML, Sistem Informasi Geografis (SIG), dan data pemantauan hidrologi dalam penelitian ini memberikan wawasan sangat berharga dalam pengelolaan sumber daya alam, khususnya air, di Sub DAS Tanralili. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam perencanaan kebijakan yang bertujuan menjaga keberlanjutan DAS, meningkatkan kapasitas resapan air, serta mengurangi risiko bencana hidrologi seperti banjir dan kekeringan yang disebabkan perubahan penggunaan lahan tidak terkendali.

Kata kunci: *machine learning*, debit aliran sungai, KRA, KAT, konservasi tanah

SUMMARY

FAJAR NUGRAHA. Land Use Direction to Improve Watershed Performance Using Machine Learning in Tanralili Subwatershed, South Sulawesi. Supervised by DWI PUTRO TEJO BASKORO and SURIA DARMA TARIGAN.

The management of natural resources, especially water, has a very important role in supporting human life, such as for household needs, agriculture, livestock, and fisheries. The Tanralili Sub-watershed, located in Maros Regency and Makassar City, is one of the vital areas for water supply in South Sulawesi. This sub-watershed faces serious problems related to land use change triggered by rapid population growth. Population growth in Maros Regency was recorded to have increased by 47.7% in the period 2001 to 2021. This increase had a direct impact on the number of PDAM customers, which increased by 417.2% over the same period. This increase puts pressure on existing water resources, worsening environmental conditions with erosion, drought and flooding. Well-managed land use planning is critical to maintaining sustainable water availability.

This study aims to assess land use change in Tanralili Subwatershed in 2002, 2012, and 2022, and predict land use change in 2032 using machine learning (ML) algorithm. The results of land use classification using the Support Vector Machine (SVM) algorithm showed that the area of secondary forest in 2002 reached 7,316.9 ha (26.2%). This area decreased to 3,132.9 ha (11.2%) in 2022, showing significant changes due to land conversion to agriculture and settlements. The area of shrubs in 2022 reached 13,013.8 ha (46.5%), with a significant increase from 7,710.5 ha (27.5%) in 2002. Dryland agriculture decreased from 11,762.4 ha (42.1%) in 2002 to 10,503.1 ha (37.6%) in 2022. Land use predictions for 2032 show that the area of secondary forest will further decrease to 2,578.7 ha (9.2%), while shrubs are predicted to continue to increase to 13,714.7 ha (49.0%).

This study also developed a river flow prediction model using meteorological data and land characteristics from 2002 to 2022. The flow prediction model using the Artificial Neural Network (ANN) algorithm showed very accurate results with

an R^2 value of 0.76 and a Mean Absolute Error (MAE) of 8.86. This ANN model performed better than other algorithms. The predicted river flow rate for 2022 is 7757.3 m³/s, higher than the historical data from 2002, which was only 6025.9 m³/s. This increase in flow rate aligns with changes in land use, where the conversion of land into residential and agricultural areas increases surface runoff and reduces the soil's ability to absorb water.

This study also calculated the Flow Regime Coefficient (FRC) and Annual Flow Coefficient (AFC) based on predicted river flow discharge. The FRC value in 2022 reached 243 (very high) and the AFC was 0.45 (high), indicating a decline in the performance quality of the Tanralili watershed. The results of the FRC and AFC calculations show that changes in land use significantly affect river flow stability and water availability. This study suggests that land use in 2032 should follow Scenario 5, which is based on soil and water conservation principles, to reduce the FRC and AFC values. Scenario 5 can reduce the FRC value to 30.2 (low) and the AFC value to 0.19 (very low).

The integration of ML technology, Geographic Information System (GIS), and hydrological monitoring data in this study provides valuable insights into the management of natural resources, especially water, in the Tanralili Subwatershed. The results of this study can serve as a basis for policy planning aimed at maintaining watershed sustainability, increasing water infiltration capacity, and reducing the risk of hydrological disasters such as floods and droughts caused by uncontrolled land use change.

Keywords: machine learning, river discharge, KRA, KAT, soil conservation

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

- 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.

ARAHAN PENGGUNAAN LAHAN UNTUK MEMPERBAIKI KINERJA DAS MENGGUNAKAN MACHINE LEARNING DI SUB DAS TANRALILI SULAWESI SELATAN

FAJAR NUGRAHA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains
pada Program Studi Ilmu Tanah

**PROGRAM STUDI ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

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.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1. Dr. Ir. Dwi Putro Tejo Baskoro, M.Sc.Agr
2. Prof. Dr. Ir. Suria Darma Tarigan, M.Sc
3. Dr. Ir. Yayat Hidayat, M.Si
4. Dr. Ir. Darmawan, M.Sc



Judul Tesis : Arahan Penggunaan Lahan untuk Memperbaiki Kinerja DAS
Menggunakan Machine Learning di Sub DAS Tanralili Sulawesi
Selatan

Nama : Fajar Nugraha
NIM : A1501222015

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Dwi Putro Tejo Baskoro, M.Sc.Agr.

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Suria Darma Tarigan, M.Sc.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Darmawan, M.Sc.
NIP. 196311031990021001

Dekan Fakultas Pertanian:
Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr.
NIP. 196902121992031003

Tanggal Ujian: 15 April 2025

Tanggal Lulus: 02 JUL 2025



@Hak cipta milik IPB University

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.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga tesis dengan judul "Arahan Penggunaan Lahan untuk Memperbaiki Kinerja DAS Menggunakan Machine Learning di Sub DAS Tanralili Sulawesi Selatan" ini berhasil diselesaikan. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Tesis ini secara umum mengkaji peran penting pengelolaan penggunaan lahan dalam menjaga kinerja Daerah Aliran Sungai (DAS), khususnya di Sub DAS Tanralili. Pembahasan meliputi analisis perubahan penggunaan lahan historis dan prediksinya menggunakan *Machine Learning*, pengembangan model prediksi debit aliran sungai, serta penyusunan skenario arahan penggunaan lahan yang optimal berdasarkan parameter hidrologi KRA dan KAT.

Penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada berbagai pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, dan dukungan selama proses penyusunan tesis ini:

1. Dr. Ir. Dwi Putro Tejo Baskoro, M.Sc.Agr. dan Prof. Dr. Ir. Suria Darma Tarigan, M.Sc. selaku dosen pembimbing, atas segala arahan, bimbingan, koreksi, saran, dan motivasi yang tak terhingga hingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Rektor Institut Pertanian Bogor, Dekan Fakultas Pertanian, dan Ketua Program Studi Ilmu Tanah atas kesempatan dan fasilitas yang telah diberikan selama masa studi.
3. Dosen penguji dan moderator sidang yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan dan saran konstruktif demi penyempurnaan tesis ini.
4. Seluruh staf pengajar di Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan atas ilmu dan pengetahuan yang sangat bermanfaat dalam mendukung penyusunan tesis ini.
5. Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pompengan Jeneberang atas penyediaan data iklim dan hidrologi yang krusial bagi penelitian ini.
6. Ayah (H. M. Yunus Mallu, SE.), Ibu (Dra. Hj. Nurhayati Mawi), Kakak (apt. Rezky Raudah Yunus, S.Farm.), dan Ipar (Firman, SE., ME.) yang senantiasa memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang yang tak pernah putus.
7. Teman-teman, Shifa Salsabila, Ahmad Nur Rizal, Aswad Ashan, Nur Syahraeni, Andi Atailah Asyraf, Zulfikar Lukman, Fiqiatul Faidah, dan Tri Linda Sari, atas dukungan, diskusi, dan kebersamaan yang telah terjalin.

Penulis berharap tesis ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang hidrologi dan pengelolaan sumber daya lahan, serta menjadi referensi yang bermanfaat bagi pihak-pihak berkepentingan dalam perencanaan dan pengelolaan Sub DAS Tanralili di masa mendatang.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa yang akan datang.

Bogor, April 2025

Fajar Nugraha



@Hak cipta milik IPB University

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 ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Konsep Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Kinerjanya	5
2.2 Dinamika Penggunaan Lahan dan Tutupan Lahan (LULC)	6
2.3 Peran Penginderaan Jauh (Remote Sensing) dalam Studi Hidrologi dan LULC	7
2.4 Machine Learning (ML) dalam Hidrologi dan LULC	8
2.5 Model ML dan Statistik dalam Hidrologi dan LULC	10
2.6 Skenario Penggunaan Lahan	22
III METODE	24
3.1 Waktu dan Wilayah Penelitian	24
3.2 Alat dan Bahan	24
3.3 Pelaksanaan Penelitian	25
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Klasifikasi Penggunaan Lahan	39
4.2 Prediksi Penggunaan Lahan	40
4.3 Perubahan Penggunaan Lahan	44
4.4 Prediksi Debit Aliran Sungai	45
4.5 Arahan Penggunaan Lahan	49
V SIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Simpulan	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	77
RIWAYAT HIDUP	93



DAFTAR TABEL

1	Matriks data dan metode analisis yang digunakan dalam penelitian	25
2	<i>Driving factors</i> yang digunakan dalam prediksi penggunaan lahan	30
3	<i>Driving factors</i> yang digunakan dalam prediksi debit aliran sungai	34
4	Nilai Kelompok Hidrologi Tanah (KHT)	36
5	Nilai koefisien <i>runoff</i> tiap penggunaan lahan	37
6	Padanan RTRW dengan penggunaan lahan	37
7	Kriteria penilaian KRA dan KAT	38
8	Validasi klasifikasi penggunaan lahan	39
9	Luas dan perubahan penggunaan lahan menggunakan algoritma SVM	40
10	Analisis korelasi faktor yang mempengaruhi perubahan lahan	41
11	Validasi model prediksi penggunaan lahan	42
12	Luas penggunaan lahan prediksi tahun 2032	44
13	Perubahan penggunaan lahan 2002-2022 dan 2022-2032	44
14	Perhitungan nilai KRA dan KAT	47
15	Uji akurasi model prediksi debit aliran sungai menggunakan algoritma ML	48
16	Luas rencana tata ruang wilayah Sub DAS Tanralili	50
17	Luas rencana tata ruang wilayah modifikasi Sub DAS Tanralili	51
18	Luas skenario penggunaan lahan disusun mengikuti kaidah konservasi tanah dan air	52
19	Hasil perhitungan nilai KRA dan KAT pada berbagai skenario arahan penggunaan lahan	53

DAFTAR GAMBAR

1	Cara kerja algoritma SVM (Choo dan Chang 2022)	11
2	Cara kerja algoritma RF (Choo dan Chang 2022)	12
3	Struktur algoritma ANN (Le <i>et al.</i> 2019)	15
4	Cara kerja cellular automata (Le dan Huang 2023)	20
5	Struktur algoritma LSTM (Park <i>et al.</i> 2020)	22
6	Peta wilayah penelitian	24
7	Diagram alir penelitian	26
8	Pengaturan fitur pada <i>plugin</i> dzetsaka	27
9	Pemilihan algoritma ML pada <i>plugin</i> dzetsaka	28
10	Input data	29
11	Uji korelasi menggunakan <i>Pearson's correlation</i>	30
12	Analisis perubahan penggunaan lahan	31
13	Pemodelan perubahan potensial menggunakan beberapa algoritma	31
14	Simulasi CA	32
15	Uji akurasi menggunakan <i>plugin</i> MOLUSCE	33
16	Penggunaan lahan menggunakan algoritma SVM: (a) 2002; (b) 2012; (c) 2022	40

17	<i>Driving factors</i> perubahan penggunaan lahan: (a) Elevasi; (b) Lereng; (c) Jarak dari jalan; (d) Jarak dari sungai; (e) Jarak dari permukiman; (f) Jenis tanah	41
18	Penggunaan lahan prediksi tahun 2032	43
19	Analisis korelasi variabel debit aliran sungai	46
20	Grafik debit aliran sungai tahun 2002, 2012 dan 2022	47
21	Perbandingan debit aliran sungai aktual tahun 2022 dan debit aliran sungai prediksi tahun 2022 menggunakan algoritma ML	48
22	Rencana tata ruang wilayah Sub DAS Tanralili	50
23	Rencana tata ruang wilayah modifikasi Sub DAS Tanralili	51
24	Skenario penggunaan lahan disusun mengikuti kaidah konservasi tanah dan air	52

DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil analisis laboratorium (lembar 1)	78
2	Hasil analisis laboratorium (lembar 2)	79
3	Sebaran data latih dan validasi yang digunakan untuk klasifikasi penggunaan lahan	80
4	Peta penggunaan lahan tahun 2002 dan KHT	80
5	Perhitungan bobot CN penggunaan lahan tahun 2002	81
6	Peta penggunaan lahan tahun 2012 dan KHT	82
7	Perhitungan bobot CN penggunaan lahan tahun 2012	82
8	Peta penggunaan lahan tahun 2022 dan KHT (skenario 1)	83
9	Perhitungan bobot CN penggunaan lahan tahun 2022	83
10	Peta penggunaan lahan tahun 2032 dan KHT (skenario 2)	84
11	Perhitungan bobot CN penggunaan lahan tahun 2032	84
12	Peta RTRW dan KHT	86
13	Perhitungan bobot CN RTRW	86
14	Peta modifikasi RTRW berbasis aktual 2022 dan KHT	87
15	Perhitungan bobot CN RTRW berbasis aktual 2022	87
16	Peta skenario 5 penggunaan lahan berbasis konservasi dan KHT	89
17	Perhitungan bobot CN skenario 5 penggunaan lahan berbasis konservasi	89
18	Dokumentasi survei lapangan	91
19	Dokumentasi analisis laboratorium	92



@Hak cipta milik IPB University

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.