

EVALUASI SPASIAL ALIH FUNGSI LAHAN SAWAH KOTA SUKABUMI TAHUN 2019-2025 DENGAN METODE MULTITEMPORAL DAN KOMBINASI CITRA SATELIT

DIONISIUS ARIEL ELAZARO ERSAPUTRA



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Evaluasi Spasial Alih Fungsi Lahan Sawah Kota Sukabumi Tahun 2019-2025 dengan Metode Analisis Multitemporal dan Kombinasi Citra Satelit” 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 skripsi ini.

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

Bogor, 6 Agustus 2026

Dionisius Ariel Elazaro Ersaputra
F1401221019



ABSTRAK

DIONISIUS ARIEL ELAZARO ERSAPUTRA. Evaluasi Spasial Alih Fungsi Lahan Sawah Kota Sukabumi Tahun 2019-2025 dengan Metode Analisis Multitemporal dan Kombinasi Citra Satelit. Dibimbing oleh LIYANTONO.

Lahan sawah di Kota Sukabumi menyusut dari 1.365 hektar (2019) menjadi 1.272 hektar (2025), sementara realisasi kawasan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (LP2B) dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) 2022-2042 baru mencapai 11,13% dari target 425 hektar. Penelitian ini bertujuan memetakan dinamika perubahan lahan sawah periode 2019-2025 serta mengevaluasi dampaknya terhadap kawasan LP2B. Metode yang diterapkan adalah klasifikasi multitemporal berbasis Random Forest menggunakan fusi citra Sentinel-1, Sentinel-2, GLO-30, dan FABDEM pada platform Google Earth Engine, divalidasi melalui *confusion matrix*, *ground check* lapangan, dan validasi eksternal lintas wilayah di Denpasar. Model menghasilkan *Overall Accuracy* 97,5% dan Koefisien Kappa 0,962, meskipun validasi eksternal menunjukkan penurunan akurasi menjadi 69,0% akibat keterbatasan representasi sampel *training* pada satu domain geografis. Alih fungsi permanen teridentifikasi seluas 57,28 hektar, alih fungsi reversibel 22,5 hektar, dan lahan tidak aktif berisiko laten 61,30 hektar. Pengujian kombinasi citra mengungkap temuan bahwa data Sentinel-1 tunggal justru lebih unggul (79,58%) untuk deteksi perubahan dibanding kombinasi multisensor. Prototipe *Early Warning System* berbasis Google Earth Engine dikembangkan dengan interval 4 bulan (73,75%, optimal untuk petak kecil) dan 6 bulan (76,25%, akurasi keseluruhan terbaik) sebagai instrumen operasional deteksi dini mendukung penguatan kebijakan LP2B.

Kata kunci: alih fungsi lahan sawah, Early Warning System, Google Earth Engine, LP2B, Random Forest



ABSTRACT

DIONISIUS ARIEL ELAZARO ERSAPUTRA. Spatial Evaluation of Paddy Fields Land-Use Conversion in Sukabumi City Using Multi-temporal Methods and Combined Satellite Imagery. Supervised by LIYANTONO.

Paddy fields in Kota Sukabumi shrank from 1,365 hectares (2019) to 1,272 hectares (2025), while realization of the Sustainable Food Agricultural Land (LP2B) zone under the 2022-2042 Spatial Plan (RTRW) has reached only 11.13% of the 425-hectare target. This study aims to map paddy field change dynamics for 2019-2025 and evaluate their impact on LP2B areas. A multi-temporal Random Forest classification was applied, fusing Sentinel-1, Sentinel-2, GLO-30, and FABDEM imagery on Google Earth Engine, validated through a confusion matrix, field ground checks, and external cross-regional validation in Denpasar. The model achieved 97.5% Overall Accuracy and a Kappa Coefficient of 0.962, although external validation showed a decline to 69.0% accuracy, indicating limited generalization from single-domain training samples. Permanent conversion was identified across 57.28 hectares, reversible conversion across 22.5 hectares, and 61.30 hectares of inactive paddy fields carrying latent conversion risk. Image-combination testing revealed that single Sentinel-1 data (S1_Only) outperformed multi-sensor combinations (79.58%) for change detection, unlike its role in static classification. An Google Earth Engine based Early Warning System prototype was developed with 4-month (73.75%, optimal for small plots) and 6-month (76.25%, best overall accuracy) monitoring intervals as an operational instrument for early detection to strengthen LP2B policy implementation.

Keywords: Early Warning System, Google Earth Engine, LP2B, paddy field conversion, Random Forest



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 2026
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.

EVALUASI SPASIAL ALIH FUNGSI LAHAN SAWAH KOTA SUKABUMI TAHUN 2019-2025 DENGAN METODE MULTITEMPORAL DAN KOMBINASI CITRA SATELIT

DIONISIUS ARIEL ELAZARO ERSAPUTRA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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 Skripsi:

1. Prof. Dr. Ir. Setyo Pertiwi, M.Agr.
2. Dr. Ir. Lilik Pujantoro Eko Nugroho, M.Agr.



@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.



Judul Skripsi : Evaluasi Spasial Alih Fungsi Lahan Sawah Kota Sukabumi Tahun 2019-2025 dengan Metode Analisis Multitemporal dan Kombinasi Citra Satelit

Nama : Dionisius Ariel Elazaro Ersaputra
NIM : F1401221019

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Liyantono, S.T.P., M.Agr.
NIP. 197809222005011003



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Edy Hartulistyoso, M.Sc.Agr.
NIP. 196304251989031001

Tanggal Lulus:

Tanggal Ujian:
Selasa, 14 Juli 2026



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2026 sampai bulan Juni 2026 ini ialah “Evaluasi Spasial Alih Fungsi Lahan Sawah Kota Sukabumi Tahun 2019-2025 dengan Metode Analisis Multitemporal dan Kombinasi Citra Satelit”.

Pembuatan karya ilmiah ini tidak akan terjadi tanpa bantuan dari seluruh pihak yang terkait. Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Dr. Liyantono, S.T.P., M.Agr. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan serta masukan selama penelitian,
2. Prof. Dr. Ir. Setyo Pertiwi, M.Agr. dan Dr. Ir. Lilik Pujantoro Eko Nugroho, M.Agr. selaku dosen penguji tugas akhir, serta Kania Amelia Safitri, S.T., M.T. selaku dosen moderator ujian tugas akhir,
3. Seluruh sivitas akademika Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem Fakultas Teknik dan Teknologi yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis,
4. Dinas Ketahanan Pangan, Pertanian, dan Perikanan (DKP3) Kota Sukabumi dan Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang (DPUTR) Kota Sukabumi yang telah mengizinkan penulis dalam proses pengambilan data spasial LP2B dan RTRW se-Kota Sukabumi,
5. Keluarga ESEAP, yang terdiri atas Bapak Erik Surjadi dan Ibu Susan Teja, serta kakak Kristophoros Elkan Manuel Ersaputra dan adik Teresa Phoebe Anina Ersaputri yang telah memberikan dukungan 24/7,
6. Elisha Widjaya, selaku rekan riset penulis yang telah membantu, memberi masukan, dan menemani penulis dari awal hingga akhir penelitian,
7. Segenap teman-teman seperjuangan dari TMB Angkatan 59 (*Vermilion*).

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

Bogor, 6 Agustus 2026

Dionisius Ariel Elazaro Ersaputra



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Padi	3
2.2 Alih Fungsi Lahan Sawah	3
2.3 Pengindraan Jauh (<i>Remote Sensing</i>)	4
2.4 Google Earth Engine	8
2.5 Random Forest	8
2.6 Metode IQR untuk Filter Data Sampel	9
2.7 <i>Confusion Matrix</i>	10
2.8 Koefisien Kappa	11
2.9 Multitemporal	12
III METODE	13
3.1 Waktu dan Tempat	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Prosedur Kerja	15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Permodelan Random Forest	19
4.2 Validasi Model	22
4.3 Analisis Dinamika Perubahan Lahan Sawah Kota Sukabumi	26
4.4 Potensi Ancaman terhadap RTRW Kota Sukabumi	32
4.5 Tindak Lanjut Evaluasi Spasial: Perancangan Prototipe EWS	33
V SIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Simpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	44
RIWAYAT HIDUP	81

DAFTAR TABEL

2.1	<i>Band</i> Sentinel-2 yang digunakan dalam penelitian ini	5
2.2	Skala interpretasi koefisien Kappa	12
4.1	Hasil uji akurasi permodelan RF ^a	21
4.2	Hasil perhitungan koefisien Kappa ^a	21
4.3	Akurasi dan eror RF mengklasifikasi alih fungsi lahan sawah permanen	23
4.4	Akurasi dan eror RF mengklasifikasi tutupan lahan	25
4.5	Akurasi EWS	32
4.6	<i>Confusion matrix</i> validasi ekstrnal lintas wilayah	36
4.7	Hasil uji akurasi validasi eksternal lintas wilayah	36

DAFTAR GAMBAR

1.1	Tren penurunan luas lahan sawah (ha) di Kota Sukabumi periode 2019-2025	1
2.1	Visualisasi Random Forest	8
2.2	Komponen boxplot dan posisi batas deteksi <i>outlier</i> metode IQR berdasarkan aturan Tukey's Fences (Tukey 1977)	9
2.3	Bentuk matriks bujur sangkar berukuran $n \times n$, dengan n adalah jumlah kelas yang diklasifikasikan (Stehman dan Foody 2019)	10
3.1	LP2B Aktual 2024 dan Rancangan Kawasan LP2B dalam RTRW Kota Sukabumi 2022-2042	14
3.2	Diagram Alir Penelitian	15
4.1	Konvergensi eror OOB	20
4.2	<i>Gini Importance</i>	20
4.3	<i>Confusion matrix</i> permodelan RF	21
4.4	Sebaran titik validasi	23
4.5	Tingkat akurasi dan eror RF dalam mengklasifikasi alih fungsi lahan sawah permanen berdasarkan ukuran lahan/objek	24
4.6	Tingkat akurasi dan eror RF dalam mengklasifikasi alih fungsi lahan sawah permanen <i>overall</i>	24
4.7	Tingkat akurasi dan eror RF dalam mengklasifikasi lahan sawah berdasarkan kategori ukuran lahan/objek	25
4.8	Tingkat akurasi dan eror RF dalam mengklasifikasi lahan kering berdasarkan kategori ukuran lahan/objek	25
4.9	Tingkat akurasi dan eror RF dalam mengklasifikasi lahan terbangun berdasarkan kategori ukuran lahan/objek	26
4.10	Sebaran alih fungsi lahan sawah permanen per kategori transisi	27
4.11	Luas alih fungsi lahan sawah permanen terhadap kategori transisi	27
4.12	Sebaran alih fungsi lahan sawah permanen per periode tahun	28

4.13	Luas alih fungsi lahan sawah permanen per periode tahun	28
4.14	Sebaran alih fungsi lahan sawah sementara per durasi	29
4.15	Luas alih fungsi lahan sawah sementara per durasi	29
4.16	Sebaran lahan sawah tidak aktif per periode tahun	30
4.17	Luas Lahan sawah tidak aktif per periode tahun	30
4.18	Salah satu kawasan lahan sawah yang sudah tidak aktif	31
4.19	Transisi lahan sawah menjadi tidak aktif dilihat melalui Google Earth Pro	31
4.20	Sebaran alih fungsi lahan sawah permanen dan lahan sawah tidak aktif terhadap rancangan LP2B 2022-2042 dan LP2B aktual 2024	32
4.21	Ilustrasi model penjalaran secara konsentris dan liner (Yunus 2000)	32
4.22	Akurasi EWS berdasarkan ukuran lahan/objek pada berbagai interval temporal	33
4.23	Akurasi EWS <i>overall</i> pada berbagai interval temporal	33
4.24	Akurasi deteksi perubahan tutupan lahan pada masing-masing kombinasi citra	35
4.25	Tampilan antarmuka <i>Early Warning System</i> dalam platform GEE	37

DAFTAR LAMPIRAN

1	Skrip pemrograman untuk ekstrasi sampel <i>training</i> GEE	45
2	Boxplot perbandingan sampel mentah dan bersih	47
3	Contoh perhitungan uji akurasi UA, PA, dan OA	52
4	Contoh perhitungan koefisien Kappa	52
5	Hasil analisis deret waktu beserta validasi digital	52
6	Perbandingan validasi digital terhadap validasi lapang (<i>ground check</i>) untuk lahan terbangun	59
7	Skrip pemrograman pemrosesan citra mendeteksi alih fungsi lahan sawah permanen	69
8	Skrip pemrograman pemrosesan citra mendeteksi lahan sawah tidak aktif	74
9	Skrip prototipe <i>Early Warning System</i>	76