

Mengatasi paradoks perlindungan lahan pertanian pangan: transformasi kebijakan insentif spasial di Kabupaten Gorontalo

Addressing the paradox of food agricultural land protection: transforming spatial incentive policies in Gorontalo Regency

Merita Ayu Indrianti^{1*}, Ivan Taslim², Yusriyah Atikah Gobel¹, Aditya Djaini¹, Moh. Muchlis Djibran¹

¹Program Studi Agribisnis, Fakultas Ilmu-Ilmu Pertanian, Universitas Muhammadiyah Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

²Program Studi Geografi, Fakultas Sains dan Ilmu Komputer, Universitas Muhammadiyah Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

*Penulis korespondensi. Email: ayusutarto@umgo.ac.id

Keywords

LP2B
agricultural land conversion
policy effectiveness
food security
Analytic Hierarchy Process

Abstract

The conversion of productive agricultural land poses a threat to Indonesia's food security. Although sustainable food agricultural land (LP2B) is legally protected under Law No. 41/2009, protected areas continue to experience land conversion, creating a policy paradox that undermines long-term food security. This study aims to develop and validate a spatial vulnerability model for LP2B areas in Gorontalo Regency. Unlike previous studies that primarily focused on land conversion or zoning effectiveness, this study integrates stakeholder-based Analytic Hierarchy Process (AHP), remote sensing, and Geographic Information System (GIS) to reveal the LP2B policy paradox and support spatially targeted policy interventions. A multi-method approach was applied using Sentinel imagery (2017–2023) with the Random Forest classification algorithm. Spatial vulnerability factors (land conversion, flood, and drought risks) were modeled and weighted through AHP based on stakeholder perspectives. The results revealed a policy paradox: while the total paddy field area increased by a net of 4,158.83 ha, protected LP2B areas experienced a net loss of 23.76 ha. Land conversion risk received the highest AHP weight (60%). The composite vulnerability model demonstrated very high retrospective spatial coincidence, with all observed LP2B losses occurring in moderate- and high-vulnerability zones. These findings indicate that development pressures associated with location rent outweigh existing passive regulatory instruments and support a shift toward spatially targeted active incentive policies to strengthen LP2B protection and long-term food security.

Kata kunci

LP2B
konversi lahan pertanian
efektivitas kebijakan
ketahanan pangan
Analytic Hierarchy Process

Abstrak

Konversi lahan pertanian produktif merupakan ancaman terhadap ketahanan pangan Indonesia. Meskipun lahan pertanian pangan berkelanjutan (LP2B) telah dilindungi melalui Undang-Undang Nomor 41 Tahun 2009, kawasan yang dilindungi masih terus mengalami konversi sehingga menimbulkan paradoks kebijakan yang mengancam ketahanan pangan jangka panjang. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan memvalidasi model kerentanan spasial untuk wilayah LP2B di Kabupaten Gorontalo. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya berfokus pada konversi lahan atau efektivitas zonasi, penelitian ini mengintegrasikan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) berbasis pemangku kepentingan, penginderaan jauh, dan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mengungkap paradoks kebijakan LP2B dan mendukung intervensi kebijakan berbasis spasial. Pendekatan multimetode digunakan untuk menganalisis citra satelit Sentinel pada periode 2017–2023 menggunakan algoritma klasifikasi *Random Forest*. Faktor-faktor kerentanan (risiko konversi, banjir, dan kekeringan) dimodelkan secara spasial dan dibobotkan menggunakan AHP berdasarkan perspektif pemangku kepentingan. Hasil penelitian menunjukkan adanya paradoks kebijakan, yaitu luas sawah total meningkat secara neto sebesar 4.158,83 ha, tetapi kawasan lindung LP2B justru mengalami kehilangan neto sebesar 23,76 ha. Risiko konversi lahan memperoleh bobot AHP tertinggi (60%). Model kerentanan komposit menunjukkan kesesuaian spasial retrospektif yang sangat tinggi, dengan seluruh kehilangan sawah pada LP2B terjadi di zona kerentanan sedang dan tinggi. Temuan ini menunjukkan bahwa tekanan pembangunan akibat *location rent* lebih kuat dibandingkan instrumen regulasi pasif yang ada serta mendukung transformasi kebijakan menuju strategi insentif aktif berbasis spasial untuk memperkuat perlindungan LP2B dan ketahanan pangan jangka panjang.

1. Pendahuluan

Indonesia menghadapi tantangan kritis dalam menjaga ketahanan pangan di tengah pesatnya pembangunan ekonomi dan pertumbuhan penduduk. Konversi lahan pertanian produktif telah muncul sebagai salah satu ancaman paling mendesak terhadap kedaulatan pangan nasional (Badan Pusat Statistik 2023). Fenomena ini sangat akut di daerah pinggiran kota (*peri-urban*) di mana lahan pertanian bersaing langsung dengan perluasan perkotaan, pembangunan infrastruktur, dan pertumbuhan industri, sehingga mengurangi kapasitas produksi dan mengancam keberlanjutan sistem pertanian (Pribadi dan Pauleit 2015; Diaconu et al. 2025).

Menanggapi tantangan tersebut, pemerintah Indonesia menetapkan kebijakan lahan pertanian pangan berkelanjutan (LP2B) melalui Undang-Undang Nomor 41 Tahun 2009 tentang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan, yang mengamanatkan perlindungan lahan pertanian produktif. Kebijakan ini diperkuat oleh Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan dan dipertegas melalui Peraturan Presiden Nomor 125 Tahun 2022 tentang Pengelolaan Cadangan Pangan Pemerintah, yang secara eksplisit mengaitkan perlindungan LP2B dengan upaya stabilisasi pasokan dan harga pangan. Fokus utama kebijakan ini adalah mempertahankan luasan sawah beririgasi teknis yang memiliki produktivitas tinggi (sering disebut sebagai 'lahan emas') agar tidak beralih fungsi menjadi nonpertanian (Kementerian Pertanian 2019).

Kabupaten Gorontalo merupakan salah satu sentra produksi pangan utama di Provinsi Gorontalo yang telah menetapkan kawasan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (LP2B) sebagai instrumen perlindungan lahan sawah produktif. Kawasan LP2B telah didefinisikan secara spasial dan hukum berdasarkan rencana tata ruang wilayah (RTRW) Kabupaten Gorontalo, yang ditetapkan melalui Peraturan Daerah (Perda) Nomor 4 Tahun 2013 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Gorontalo Tahun 2012–2032, dan diperkuat dengan Perda Nomor 2 Tahun 2017 tentang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan. Secara spesifik, Pasal 48 ayat (5) dalam Perda RTRW tersebut telah menetapkan deliniasi kawasan pertanian pangan berkelanjutan. Namun, ketiadaan Peraturan Bupati (Perbup) yang mengatur mekanisme insentif menciptakan disharmoni antara amanat perlindungan dan realitas pembangunan. Ketiadaan aturan teknis ini menyebabkan regulasi perlindungan tersebut kehilangan daya ikat eksekutorialnya, sehingga diskrepansi antara kerangka legal (*de jure*) dan dinamika pasar lahan (*de facto*) memfasilitasi terjadinya alih fungsi lahan yang tidak terkendali. Secara historis, Kabupaten Gorontalo memiliki luas sawah yang cukup tinggi, yaitu sekitar 36.301,08 ha pada tahun 2017, dan luas yang ditetapkan sebagai LP2B mencapai 2.889,07 ha. Lahan LP2B tersebut secara strategis merupakan bagian dari sawah yang paling produktif, namun juga rentan terhadap tekanan pembangunan.

Efektivitas implementasi kebijakan LP2B sering dipertanyakan. Namun demikian, keberadaan instrumen hukum tersebut belum tentu menjamin efektivitas perlindungan lahan di lapangan. Paradoks muncul ketika perlindungan hukum yang ketat (LP2B) gagal menghambat konversi lahan, terutama di area yang berdekatan dengan pembangunan infrastruktur publik. Studi menunjukkan bahwa konversi lahan sawah terus terjadi meskipun ada perlindungan hukum (Purnamasari et al. 2019; Indrianti et al. 2023). Inkonsistensi ini diperparah oleh kebijakan pembangunan daerah yang berorientasi pada konektivitas dan infrastruktur (misalnya, pembangunan jalan baru atau pengembangan pusat perkotaan), yang secara tidak langsung meningkatkan nilai sewa lahan (*location rent*) untuk fungsi nonpertanian. Nilai ekonomi lahan nonpertanian yang tinggi ini menciptakan *opportunity cost* yang mustahil diimbangi oleh pendapatan dari pertanian tradisional, sehingga mendorong petani untuk mengabaikan regulasi pasif LP2B (Ustaoglu dan Williams 2017; Fandani dan Harini 2020; Sun et al. 2024). Fenomena ini menunjukkan kegagalan instrumen regulasi pasif untuk menandingi tekanan sosioekonomi yang didorong oleh *location rent* (Ustaoglu dan Williams 2022).

Dalam dekade terakhir, penilaian kerentanan lahan pertanian telah berkembang dari pemantauan deskriptif menjadi kerangka analisis spasial multikriteria yang lebih canggih, mengintegrasikan faktor pendorong sosioekonomi seperti kedekatan dengan infrastruktur. Metode AHP dimanfaatkan untuk mengintegrasikan beragam perspektif pemangku kepentingan ke dalam model penilaian kerentanan (Nteranya et al. 2024).

Penelitian terdahulu mengenai konversi lahan di Indonesia, khususnya di Jawa, sering kali berfokus pada dinamika spasial konversi lahan di area *peri-urban* yang tidak terlindungi secara spesifik (Pribadi dan Pauleit 2015). Meskipun ada studi tentang efektivitas zonasi (Rumiarta 2021), studi komprehensif yang secara langsung menyandingkan konversi lahan aktual di dalam zona LP2B yang dilindungi dengan model kerentanan spasial yang tervalidasi masih jarang (Bourgoin et al. 2020). Selain itu, model

kerentanan yang ada sering kali tidak mendapat kredibilitas yang cukup karena kurangnya validasi kuantitatif terhadap pola konversi lahan aktual yang teramati, yang menunjukkan adanya jurang antara penelitian dan praktik kebijakan (Janová et al. 2024). Fenomena *leakage effect*, di mana perlindungan di satu area memindahkan tekanan konversi ke area lain (Meyfroidt dan Lambin 2008; Meyfroidt et al. 2020), juga belum dianalisis secara mendalam dalam konteks kebijakan LP2B di Gorontalo. Dengan demikian, masih terdapat kebutuhan akan suatu pendekatan yang tidak hanya memetakan kerentanan spasial, tetapi juga memvalidasi kemampuan model tersebut dalam menjelaskan pola konversi aktual sebagai dasar penyusunan kebijakan perlindungan LP2B.

Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada tiga kontribusi utama bagi literatur kebijakan lahan di Indonesia. Pertama, penelitian ini mengidentifikasi secara empiris fenomena 'paradoks kebijakan LP2B', di mana terjadi peningkatan luas sawah secara agregat, namun diikuti oleh penyusutan neto kawasan inti LP2B yang dilindungi secara hukum. Temuan ini melampaui studi sebelumnya yang umumnya berfokus pada aspek normatif zonasi atau dinamika *peri-urban* secara umum, dengan membuktikan ketidakefektifan instrumen regulasi pasif di tengah tekanan pasar (*location rent*). Kedua, berbeda dengan studi inventarisasi lahan konvensional, penelitian ini menggunakan integrasi AHP-GIS-remote sensing bukan sekadar alat pemetaan, melainkan sebagai instrumen validasi *post hoc* untuk membuktikan kegagalan perlindungan hukum pada zona kerentanan sedang. Ketiga, penelitian ini memberikan kontribusi teoretis baru bagi literatur kebijakan lahan dengan menawarkan bukti spasial yang kuat mengenai perlunya transformasi strategi dari pendekatan regulatif-pasif menuju intervensi aktif-insentif yang terukur untuk menjamin keberlanjutan LP2B.

Berdasarkan latar belakang dan kesenjangan pengetahuan yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan memvalidasi model kerentanan spasial yang komprehensif untuk wilayah LP2B di Kabupaten Gorontalo. Tujuan spesifik penelitian ini adalah (1) mengukur dinamika *spatio-temporal* konversi lahan pertanian di dalam dan di luar wilayah LP2B selama periode 2017–2023; (2) mengidentifikasi dan memprioritaskan faktor-faktor kerentanan yang memengaruhi keberlanjutan LP2B melalui AHP; (3) mengembangkan model kerentanan spasial komposit; (4) memvalidasi akurasi prediktif model kerentanan; dan (5) menghasilkan rekomendasi kebijakan berbasis bukti untuk strategi konservasi LP2B yang ditargetkan secara spasial.

2. Metodologi

2.1. Kerangka pemikiran

Kerangka pemikiran studi ini dibangun di atas premis adanya paradoks kebijakan perlindungan lahan, yaitu ketika instrumen regulasi normatif melalui LP2B ditujukan untuk melindungi lahan pertanian inti, tetapi dalam praktiknya lahan tersebut tetap mengalami konversi (Gambar 1). Kondisi ini menunjukkan bahwa perlindungan hukum sering kali berbenturan dengan realitas tekanan ekonomi di lapangan.

Secara konseptual, penelitian ini memosisikan tekanan sosioekonomi—khususnya *location rent* akibat kedekatan dengan infrastruktur (jalan, permukiman, dan pusat kegiatan ekonomi)—serta kerentanan biofisik (banjir dan kekeringan) sebagai faktor pendorong utama perubahan penggunaan lahan. Interaksi antara tekanan eksternal tersebut menentukan tingkat kerentanan spasial kawasan LP2B.

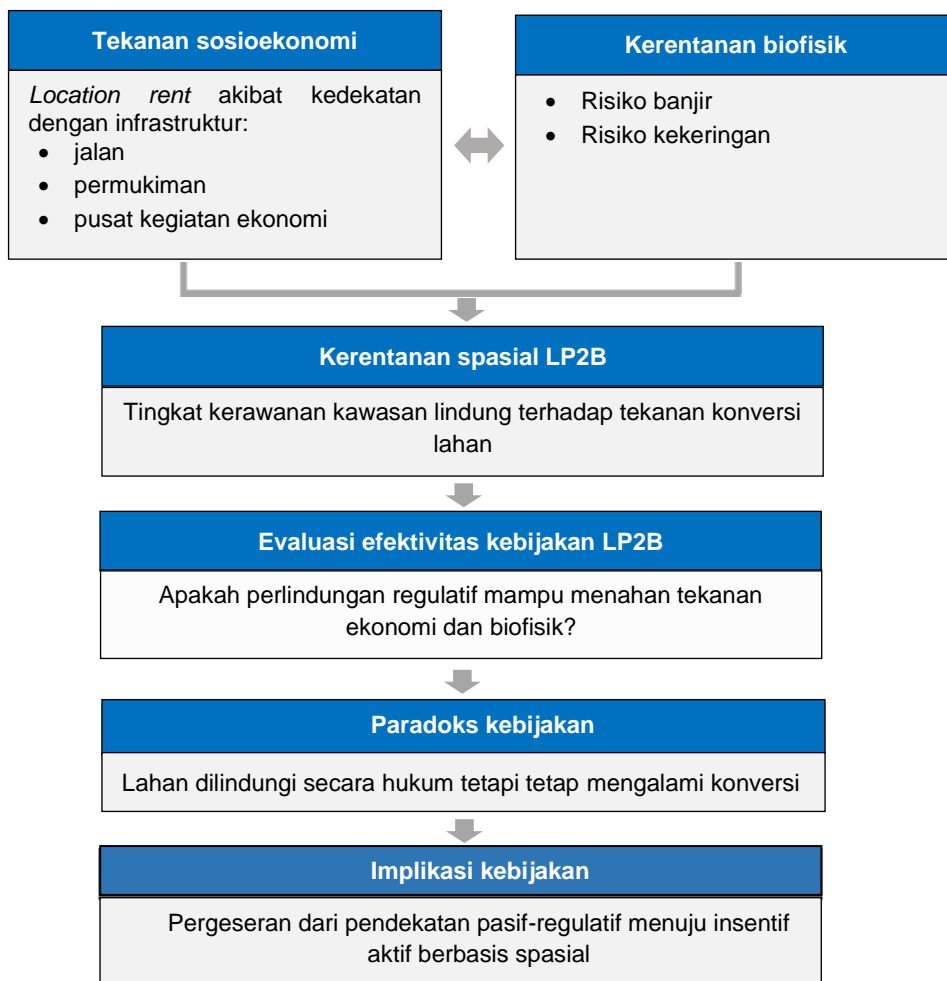
Semakin tinggi kerentanan spasial suatu kawasan, semakin besar probabilitas terjadinya konversi lahan aktual, termasuk pada lahan yang secara hukum berada dalam zona lindung. Dengan demikian, pola konversi yang terjadi menjadi salah satu indikator penting untuk mengevaluasi efektivitas kebijakan LP2B, khususnya dalam menilai apakah pendekatan regulatif pasif masih memadai tanpa dukungan instrumen insentif ekonomi.

Berdasarkan kerangka tersebut, penelitian ini mengajukan hipotesis bahwa: (1) konversi lahan aktual pada zona LP2B lebih mungkin terjadi pada area dengan tekanan *location rent* yang tinggi; dan (2) kawasan yang teridentifikasi memiliki kerentanan spasial tinggi menunjukkan probabilitas konversi yang lebih besar dibandingkan dengan area dengan kerentanan rendah.

2.2. Lingkup bahasan

Penelitian ini dibatasi pada analisis spasial dan kebijakan tentang kerentanan konversi lahan sawah yang berada di dalam zona penetapan LP2B Kabupaten Gorontalo, sebagaimana diatur dalam Perda RTRW. Analisis temporal dibatasi pada rentang waktu 2017 hingga 2023 agar mencakup dinamika

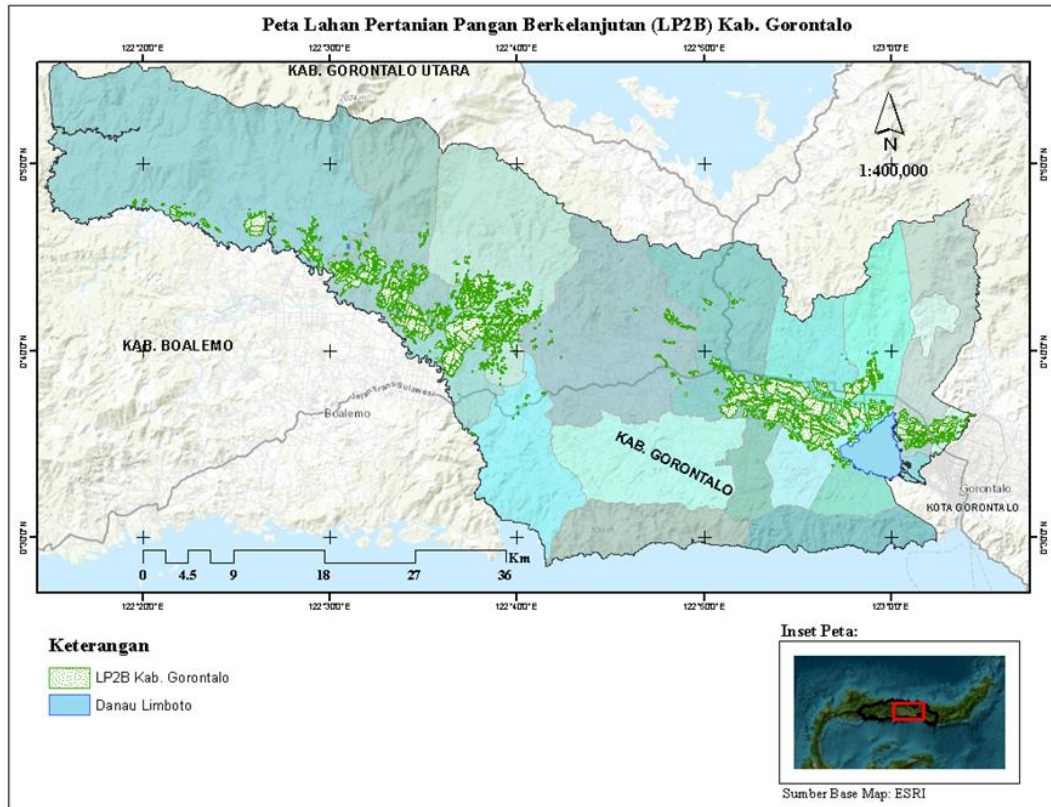
konversi pascaimplementasi Perda Nomor 4 Tahun 2013. Penelitian ini berfokus pada tiga faktor utama kerentanan spasial terhadap konversi lahan, yaitu tekanan konversi berbasis sosioekonomi, risiko banjir, dan risiko kekeringan. Faktor-faktor tersebut digunakan dalam analisis multikriteria berbasis AHP dengan pembobotan yang ditentukan melalui masukan dari pakar dan pemangku kepentingan lokal. Analisis tidak mencakup dampak makroekonomi secara agregat, melainkan berfokus pada validasi efektivitas instrumen regulasi pada tingkat mikrosasial dan implikasi kebijakan strategis.



Gambar 1. Kerangka pemikiran penelitian

2.3. Lokasi penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo, Indonesia, dengan fokus pada kawasan yang ditetapkan sebagai lahan pertanian pangan berkelanjutan (LP2B) (Gambar 2). Pemilihan lokasi ini didasarkan pada beberapa pertimbangan strategis. Pertama, Kabupaten Gorontalo merupakan sentra produksi pangan utama di Provinsi Gorontalo yang memiliki luas baku sawah signifikan, yaitu 36.301,08 ha, sehingga representatif sebagai wilayah lumbung pangan daerah. Kedua, wilayah ini memiliki delineasi LP2B yang jelas secara hukum, namun secara faktual menghadapi alih fungsi lahan akibat perkembangan infrastruktur wilayah, sehingga menjadi konteks yang relevan untuk mengkaji paradoks implementasi kebijakan perlindungan lahan. Ketiga, sebagian kawasan sawah produktif di wilayah ini berada di lokasi dengan nilai ekonomi lahan tinggi, sehingga rentan terhadap tekanan konversi yang tinggi akibat perkembangan infrastruktur wilayah.



Sumber: Peta LP2B Provinsi Gorontalo (Dinas Pertanian Provinsi Gorontalo) dan ESRI *Basemap*

Gambar 2. Peta lahan pertanian pangan berkelanjutan (LP2B) Kabupaten Gorontalo

2.4. Pengumpulan data

Data primer kualitatif yang digunakan untuk AHP diperoleh melalui wawancara terstruktur dengan melibatkan 15 informan kunci yang dipilih melalui *purposive sampling*. Informan tersebut terdiri dari lima petani aktif pengelola lahan LP2B, lima akademisi di bidang pertanian dan pengelolaan lahan, serta lima pejabat Dinas Pertanian dan Dinas Tata Ruang Kabupaten Gorontalo. Kriteria inklusi mensyaratkan pengalaman langsung atau keahlian yang relevan minimal lima tahun terkait kebijakan lahan dan pertanian pangan di Gorontalo.

Data penginderaan jauh dan spasial diperoleh dari platform Google Earth Engine (GEE), meliputi citra satelit Sentinel-2 dan Sentinel-1, SRTM *digital elevation model* (DEM), dan data iklim WorldClim 2.1. Data spasial tematik, termasuk jaringan jalan, jaringan sungai, dan batas LP2B, diperoleh dari basis data publik (OpenStreetMap/OSM) dan instansi pemerintah terkait. Analisis temporal dilakukan untuk periode 2017 hingga 2023. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei–Oktober 2025.

2.5. Analisis data

Penelitian ini menggunakan desain analitik retrospektif dengan pendekatan multimetode yang menggabungkan analisis kuantitatif multikriteria (AHP), analisis penginderaan jauh berbasis *cloud computing*, dan analisis spasial berbasis GIS.

2.5.1. Pengembangan struktur dan bobot AHP

Struktur hierarki keputusan tiga tingkat dikonstruksi untuk merepresentasikan faktor pembentuk kerentanan spasial kawasan LP2B. Tiga subkriteria kerentanan utama dipilih berdasarkan telaah literatur yang relevan dan kesesuaiannya dengan konteks lokal penelitian, yaitu risiko konversi lahan (mewakili tekanan sosioekonomi), risiko banjir, dan risiko kekeringan (mewakili kerentanan biofisik). Struktur ini selaras dengan kerangka konseptual bahwa interaksi antara tekanan ekonomi dan risiko biofisik menentukan kerentanan kawasan lindung terhadap alih fungsi lahan.

Skala fundamental Saaty (1–9) (Saaty 2008) diterapkan untuk perbandingan berpasangan. Matriks perbandingan berpasangan grup disusun dengan mengagregasikan penilaian individu dari 15 informan kunci menggunakan metode rata-rata geometrik (*geometric mean*) untuk mempertahankan konsistensi timbal balik matriks. Bobot prioritas global kemudian dihitung menggunakan metode *eigenvector* standar. Transparansi data primer dipastikan dengan pengujian konsistensi seluruh matriks perbandingan berpasangan, dengan memastikan *consistency ratio* (CR) $\leq 0,10$. Bobot akhir selanjutnya digunakan untuk mengintegrasikan peta risiko spasial dan menyusun indeks kerentanan komposit sebagai dasar evaluasi efektivitas kebijakan LP2B.

2.5.2. Klasifikasi tutupan lahan sawah (2017–2023)

Peta tutupan lahan sawah dihasilkan melalui metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dengan algoritma *Random Forest* di platform GEE. Klasifikasi menggunakan fitur spektral Sentinel-2, data *backscatter* Sentinel-1, *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), dan data elevasi SRTM sebagai input. Akurasi klasifikasi diuji menggunakan matriks kebingungan (*confusion matrix*) untuk memastikan validitas data perubahan lahan yang digunakan dalam validasi model.

2.5.3. Pemodelan faktor kerentanan spasial

Tiga faktor kerentanan spasial dimodelkan dan diklasifikasikan ke dalam tiga kelas skor risiko (1: rendah, 2: sedang, 3: tinggi). Risiko konversi lahan dimodelkan berdasarkan analisis jarak terhadap jalan utama dan permukiman (area terdekat mendapat skor 3). Variabel ini dipilih sebagai proksi utama untuk mewakili tekanan *location rent* yang secara dominan memicu insentif konversi di lokasi penelitian. Meskipun disadari bahwa risiko konversi juga dipengaruhi oleh variabel kompleks lainnya seperti harga lahan, kepadatan penduduk, dan jarak ke pusat kota, penggunaan proksi berbasis infrastruktur jalan dan permukiman dipandang paling representatif untuk menangkap pola konversi linier yang terjadi di wilayah tersebut. Risiko banjir dimodelkan menggunakan elevasi, kemiringan lereng, dan jarak dari sungai (area dataran rendah mendapat skor 3). Risiko kekeringan dimodelkan menggunakan data curah hujan tahunan total (area dengan curah hujan terendah mendapat skor 3).

2.5.4. Analisis kerentanan komposit

Peta kerentanan komposit dihasilkan dengan menggabungkan tiga peta skor risiko menggunakan metode *Weighted Overlay* menggunakan *Raster Calculator*. Bobot faktor diturunkan dari hasil analisis AHP (risiko konversi lahan = 60%; risiko banjir = 20%; risiko kekeringan = 20%). Formula yang diterapkan adalah:

$$\text{Peta kerentanan} = (\text{"Peta_skor_konversi"} \times 0,60) + (\text{"Peta_skor_banjir"} \times 0,20) + (\text{"Peta_skor_kekeringan"} \times 0,20) \quad (1)$$

2.5.5. Prosedur validasi model

Validasi model dilakukan secara kuantitatif dengan menumpang susun peta kehilangan lahan sawah (perubahan dari sawah menjadi nonsawah) antara 2017 dan 2023 di atas peta kerentanan komposit. *Zonal Statistics* digunakan untuk menghitung proporsi kehilangan lahan sawah aktual yang terjadi dalam area yang diprediksi memiliki kerentanan sedang hingga tinggi. Akurasi 100% dari kehilangan sawah aktual dalam zona kerentanan sedang–tinggi digunakan sebagai indikator validitas spasial (*post-hoc spatial coincidence*) model dalam menjelaskan pola konversi yang telah terjadi, yang memberikan landasan empiris bagi zonasi prioritas kebijakan.

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Dinamika spasio-temporal dan paradoks kebijakan konservasi

Hasil klasifikasi tutupan lahan sawah menggunakan *Random Forest* menunjukkan akurasi keseluruhan yang dapat diterima, yaitu 91,2% (*kappa* 0,87) untuk tahun 2017 dan 89,8% (*kappa* 0,84) untuk tahun 2023, yang mendukung keandalan data untuk analisis perubahan. Analisis deteksi perubahan lahan sawah periode 2017–2023 di Kabupaten Gorontalo menghasilkan temuan yang sangat kontradiktif, menunjukkan adanya paradoks kebijakan konservasi lahan.

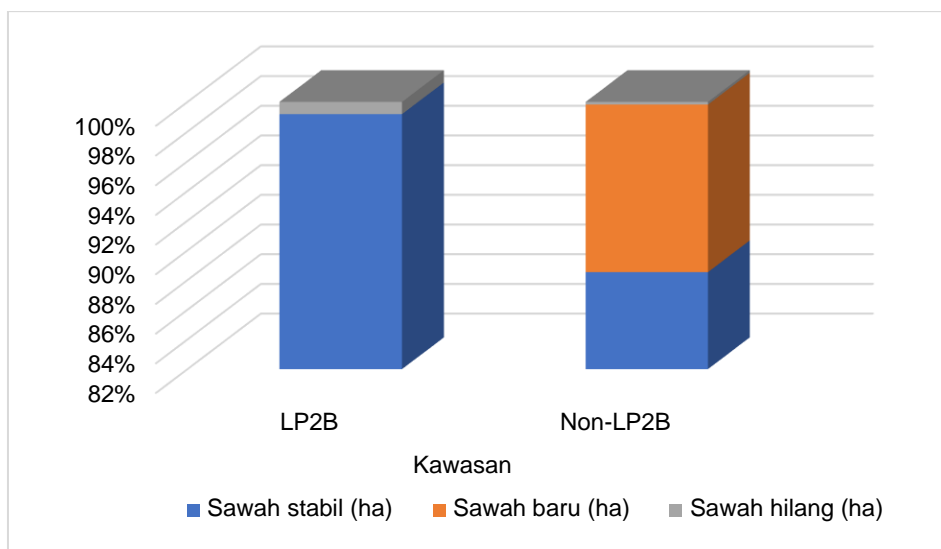
Tabel 1 dan Gambar 3 secara empiris mengungkap paradoks tersebut, yaitu meskipun luas sawah total kabupaten meningkat neto substansial sebesar 4.158,83 ha, kawasan LP2B yang secara hukum

wajib dilindungi justru mengalami penyusutan neto sebesar 23,76 ha. Peningkatan agregat luas sawah didorong oleh ekspansi masif di area non-LP2B (4.250,28 ha sawah baru). Fenomena paradoks ini mengonfirmasi terjadinya *leakage effect* yang lebih kompleks daripada yang dijelaskan oleh studi Meyfroidt dan Lambin (2008). Jika dalam studi di Vietnam konversi terjadi akibat perpindahan komoditas, di Gorontalo konversi dalam zona lindung terjadi secara simultan dengan ekspansi lahan marginal di luar zona lindung. Hal ini menunjukkan bahwa penetapan status hukum LP2B tanpa diikuti oleh kendali harga lahan justru memicu fragmentasi lahan yang lebih parah.

Tabel 1. Perubahan lahan sawah di Kabupaten Gorontalo periode 2017–2023

Wilayah	Sawah (ha)				2023	Perubahan neto (ha)
	2017	Stabil	Baru	Hilang		
LP2B	2.889,07	2.865,31	0,00	23,76	2.865,31	-23,76
Non-LP2B	33.412,01	33.344,32	4.250,28	67,69	37.594,60	+4.182,59
Kabupaten Gorontalo	36.301,08	36.209,63	4.250,28	91,45	40.459,91	+4.158,83

Sumber: Diolah dari data citra satelit Sentinel-2 dan Sentinel-1 periode 2017–2023 dan data spasial LP2B tahun 2025 dari Dinas Pertanian Kabupaten Gorontalo



Keterangan: Hasil analisis citra Sentinel-2 (Google Earth Engine) dan data jalan dari OpenStreetMap (OSM) tahun 2025

Gambar 3. Membandingkan sawah hilang di LP2B (23,76 ha) versus sawah baru di non-LP2B (4.250,28 ha)

Temuan ini secara kritis mengindikasikan adanya *leakage effect* (Meyfroidt dan Lambin 2008; Meyfroidt et al. 2020), di mana upaya perlindungan lahan sawah inti (LP2B) diimbangi dengan konversi di dalam LP2B itu sendiri, yang kemudian "digantikan" oleh pembukaan lahan sawah baru yang umumnya berada di area marginal atau non-LP2B. Lebih jauh, fenomena ini menunjukkan adanya degradasi kualitas ketahanan pangan. Lahan LP2B yang hilang adalah lahan irigasi teknis dengan produktivitas terjamin (lahan emas). Ekspansi sawah di non-LP2B (lahan perunggu) sering terjadi di lahan kering atau hutan yang baru dibuka, yang rentan terhadap degradasi lingkungan, memiliki produktivitas marginal, dan membutuhkan biaya produksi yang lebih tinggi karena keterbatasan infrastruktur irigasi (Rumiarta 2021). Oleh karena itu, *trade-off* ini mengancam kualitas dan stabilitas ketahanan pangan jangka panjang di Kabupaten Gorontalo. Hal ini membuktikan bahwa LP2B merupakan kebijakan yang efektif secara naratif-regulatif, tetapi lemah secara spasial dan kualitatif.

3.2. Dominasi faktor antropogenik dan tekanan ekonomi

Hasil analisis AHP memenuhi uji konsistensi ($CR \leq 0,10$), yang menunjukkan bahwa kerentanan LP2B didominasi oleh faktor yang bersumber dari aktivitas manusia. Bobot yang diberikan oleh pemangku kepentingan (Tabel 2) menunjukkan bahwa risiko konversi lahan mendominasi dengan perolehan bobot 60%. Dominasi ini menegaskan bahwa ancaman struktural terbesar terhadap keberlanjutan LP2B di Kabupaten Gorontalo adalah tekanan sosioekonomi yang didorong oleh tata ruang dan infrastruktur,

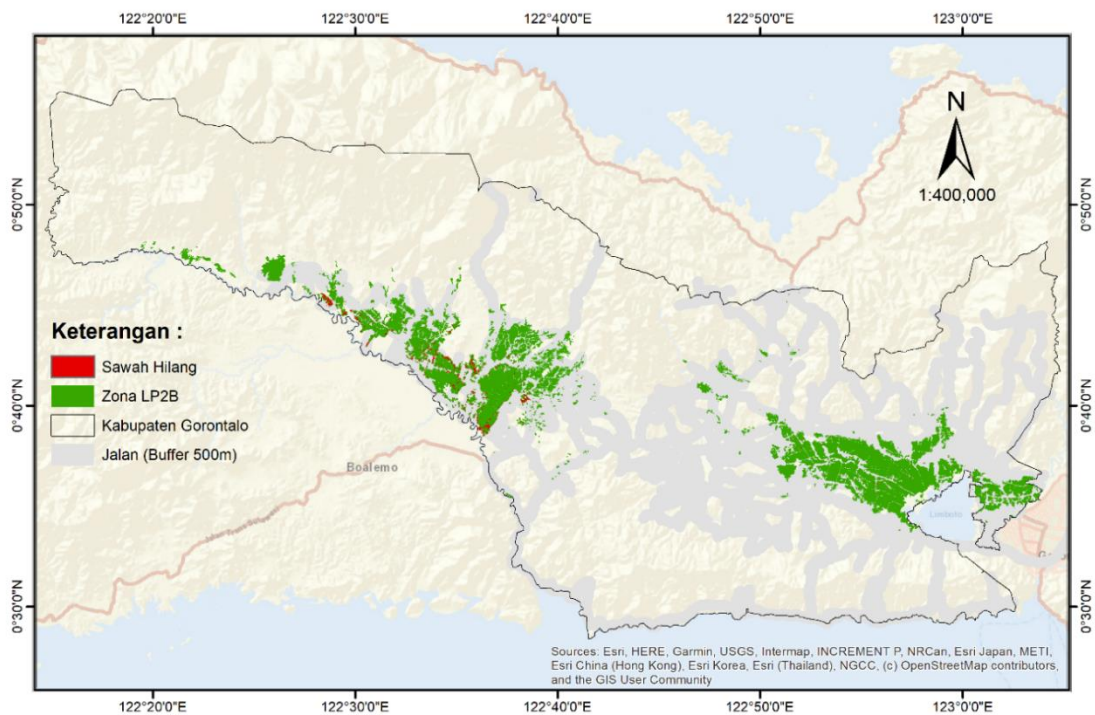
bukan hanya ancaman biofisik, seperti temuan Viana et al. (2022). Meski demikian, tinjauan global saat ini telah menempatkan ancaman biofisik seperti perubahan iklim, degradasi tanah, dan hilangnya biodiversitas sebagai pendorong utama berkurangnya produktivitas dan fungsi ekosistem lahan pertanian (Kumar 2025; Berger et al. 2025).

Tabel 2. Bobot prioritas faktor kerentanan LP2B (ringkasan bobot global)

Kriteria kerentanan	Bobot final (%)	Peringkat
Risiko konversi lahan	60,0	1
Risiko banjir	20,0	2
Risiko kekeringan	20,0	2

Keterangan: Hasil analisis AHP tahun 2025

Analisis spasial konversi lahan menunjukkan korelasi yang ekstrem, yaitu 82,1% dari kehilangan sawah di dalam kawasan LP2B terkonsentrasi pada radius kurang dari 500 meter dari jaringan jalan utama (Gambar 4). Korelasi spasial yang kuat ini secara empiris memvalidasi relevansi teori nilai lokasi, di mana aksesibilitas infrastruktur secara eksponensial menaikkan *opportunity cost* lahan nonpertanian (Pasandaran 2019). Nilai sewa yang ditawarkan oleh pengembang perumahan atau komersial jauh melampaui potensi pendapatan pertanian. Kegagalan instrumen regulasi pasif LP2B terletak pada ketidakmampuannya untuk mengimbangi *opportunity cost* ini, sehingga petani pemilik lahan mencari celah konversi secara diam-diam. Hal ini sejalan dengan temuan di wilayah lain di Indonesia yang menunjukkan bahwa insentif negatif (larangan) tanpa insentif positif (kompensasi) hanya akan mempercepat alih fungsi lahan secara informal atau tanpa izin resmi, terutama di dekat pusat ekonomi (Ilham et al. 2023).



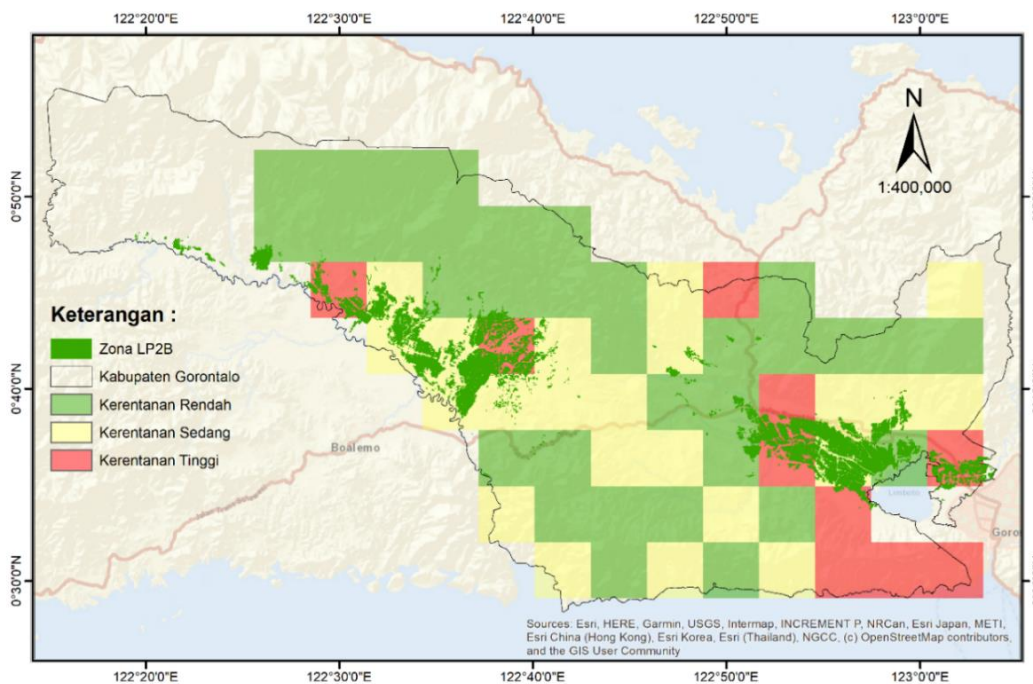
Keterangan: Hasil analisis citra Sentinel-2 (Google Earth Engine) dan data jalan dari OpenStreetMap (OSM) tahun 2025

Gambar 4. Peta sebaran lokasi sawah hilang (titik merah) yang terkonsentrasi dekat jaringan jalan utama

3.3. Pemodelan kerentanan komposit dan akurasi prediktif

Integrasi spasial faktor-faktor risiko, yaitu risiko konversi, banjir, dan kekeringan, menghasilkan peta kerentanan komposit (Gambar 5). Peta ini mengklasifikasikan wilayah LP2B ke dalam tiga zona kerentanan, yaitu rendah, sedang, dan tinggi, sehingga menunjukkan area yang relatif lebih rentan terhadap kehilangan sawah.

Hasil validasi kuantitatif model kerentanan menunjukkan validitas spasial yang tinggi, sebagaimana disajikan pada Tabel 3. Seluruh kehilangan sawah aktual (100%) di dalam kawasan LP2B selama periode 2017–2023 (23,77 ha) terjadi di zona kerentanan sedang dan tinggi, sedangkan zona rendah tidak mengalami kehilangan sawah. Dari total kehilangan tersebut, 92,6% berada pada zona sedang dan 7,4% pada zona tinggi. Temuan ini menunjukkan bahwa model mampu mengidentifikasi area yang secara empiris lebih rentan terhadap konversi lahan.



Sumber: Hasil integrasi analisis spasial multikriteria (AHP-GIS *Weighted Overlay*) tahun 2025

Gambar 5. Peta kerentanan komposit LP2B di Kabupaten Gorontalo (dengan tiga warna zona)

Berdasarkan intensitas konversi terhadap luas masing-masing zona, zona sedang mencatat tingkat konversi tertinggi sebesar 0,96%, sedangkan zona tinggi sebesar 0,14%. Hal ini mengindikasikan bahwa tekanan konversi tidak selalu terkonsentrasi pada zona paling ekstrem, tetapi juga pada kawasan transisi yang memiliki aksesibilitas tinggi dan masih aktif dimanfaatkan untuk pertanian.

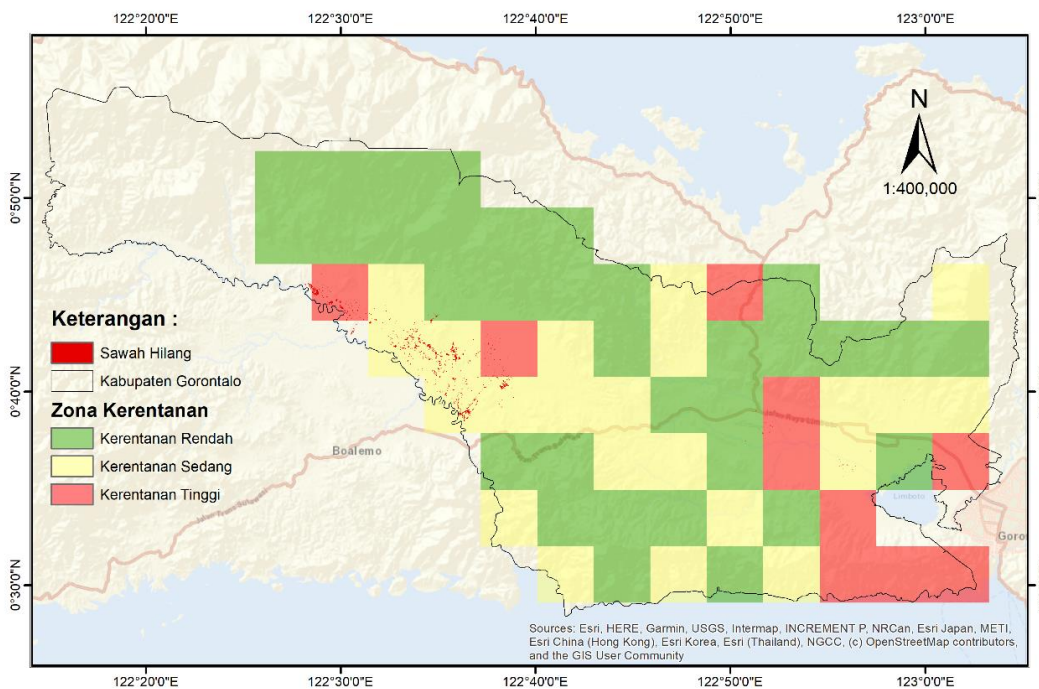
Tabel 3. Hasil validasi kuantitatif model kerentanan LP2B

Zona kerentanan	Luas zona (ha)	Sawah hilang aktual (ha)	Proporsi sawah hilang dalam zona (%)	Tingkat konversi intensitas zona (%)
Rendah	1.522,30	0,00	0,00	0,00
Sedang	2.289,10	22,00	92,60	0,96
Tinggi	1.258,60	1,77	7,40	0,14
Total	5.070,00	23,77	100,00	0,47

Keterangan: ¹Sawah hilang aktual adalah kehilangan yang teramati di dalam LP2B periode 2017–2023

²Hasil analisis tumpang susun spasial retrospektif (*post-hoc spatial coincidence*) data kehilangan sawah aktual periode 2017–2023 pada zona model kerentanan

Secara visual, *overlay* antara lokasi kehilangan sawah aktual dan peta kerentanan (Gambar 6) menunjukkan tingkat kesesuaian spasial retrospektif (*post-hoc spatial coincidence*) yang tinggi. Hasil ini mengonfirmasi keandalan model dalam menjelaskan pola konversi historis, sejalan dengan pentingnya validasi empiris dalam pemodelan spasial sebagaimana ditekankan oleh Janová et al. (2024). Implikasinya, peta kerentanan komposit dapat dimanfaatkan sebagai instrumen peringatan dini dan dasar penetapan prioritas intervensi kebijakan. Zona kerentanan sedang dan tinggi perlu menjadi fokus pengawasan serta perlindungan lahan untuk meningkatkan efektivitas kebijakan LP2B.



Keterangan: Hasil *overlay* spasial retrospektif antara model kerentanan dan data konversi aktual

Gambar 6. Peta validasi visual model dengan *overlay* sawah hilang

3.4. Analisis intensitas konversi spasial

Secara lebih spesifik, mayoritas konversi (92,6%) terkonsentrasi di zona kerentanan sedang (2.289,1 ha), bukan di zona kerentanan tinggi. Meskipun zona kerentanan tinggi memiliki risiko yang lebih besar secara teoritis, zona kerentanan sedang terbukti berperan sebagai zona transisi (*sprawl*) yang paling aktif dan dinamis (Ansar dan de Vries 2024). Area ini menjadi target utama konversi lahan untuk perumahan atau industri/komersial. Tekanan pembangunan yang kuat (kedekatan jalan) di satu sisi, sementara di sisi lain, implementasi regulasi belum sepenuhnya ketat, menjadikannya sasaran yang "mudah" bagi konversi ilegal atau semilegal. Sebaliknya, tingkat konversi aktual yang lebih rendah di zona kerentanan tinggi (0,14%) mengindikasikan bahwa pola tekanan konversi tidak selalu sejalan dengan klasifikasi kerentanan tertinggi, melainkan cenderung lebih terkonsentrasi pada kawasan transisi. Temuan ini sangat penting karena mengalihkan fokus intervensi kebijakan dari zona teoritis ke zona yang paling aktif mengalami konversi (zona sedang), yang secara total mencakup 3.547,7 ha (sedang + tinggi). Temuan ini sejalan dengan Baker et al. (2025), yang menunjukkan bahwa penargetan spasial terhadap area prioritas dapat meningkatkan efektivitas intervensi konservasi melalui alokasi sumber daya yang lebih tepat sasaran.

3.5. Implikasi kritis terhadap efisiensi sumber daya

Paradoks LP2B ini menuntut evaluasi ulang dan mendasar dalam penyusunan strategi perlindungan lahan tidak hanya dari aspek hukum, tetapi juga dari aspek efisiensi investasi publik. Lebih jauh, kegagalan mencegah konversi lahan LP2B juga mengancam efisiensi anggaran negara. Investasi signifikan yang dialokasikan untuk infrastruktur pertanian di Kabupaten Gorontalo, seperti pembangunan bendungan, jaringan irigasi primer dan sekunder, akan menjadi sia-sia jika lahan sawah teknis yang mendapat air dari saluran tersebut dikonversi menjadi perumahan atau komersial. Analisis valuasi ekonomi dampak konversi lahan dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan biaya pengganti (*replacement cost method*).

Berdasarkan data produktivitas rata-rata padi sawah irigasi teknis di Kabupaten Gorontalo yang mencapai 5,2 ton gabah kering giling (GKG) per hektare (Badan Pusat Statistik Kabupaten Gorontalo 2024) dan dengan asumsi indeks pertanaman (IP) 200, maka alih fungsi lahan seluas 23,76 ha di zona inti LP2B berimplikasi pada hilangnya potensi produksi pangan sebesar 247,1 ton GKG per tahun secara permanen. Jika dikonversi menggunakan standar harga pembelian pemerintah (HPP) terbaru sesuai Peraturan Badan Pangan Nasional Nomor 6 Tahun 2023 tentang Harga Pembelian Pemerintah

dan Rafaksi Harga Gabah dan Beras, yakni sebesar Rp6.000/kg GKG di tingkat penggilingan, daerah mengalami kerugian nilai ekonomi riil (*farm gate value*) minimal sebesar Rp1,48 miliar per tahun. Angka ini belum memperhitungkan kerugian investasi publik berupa infrastruktur irigasi yang menjadi biaya hangus (*sunk cost*) akibat lahan layanannya berubah fungsi. Kalkulasi ini menegaskan bahwa pembiaran terhadap degradasi LP2B bukan sekadar isu tata ruang, melainkan kebocoran ekonomi daerah yang signifikan.

Oleh karena itu, kebijakan harus bergeser dari mengandalkan larangan pasif menjadi memberikan kompensasi atau insentif aktif yang mampu menandingi tekanan ekonomi dari *location rent* (Liu et al. 2023). Model kerentanan yang divalidasi ini menyediakan basis data spasial yang kuat untuk menargetkan insentif secara presisi (Liu et al. 2023; Zieliński et al. 2025). Intervensi harus diarahkan secara spesifik pada 3.547,7 ha kawasan yang tergolong kerentanan sedang dan tinggi, dengan penekanan khusus pada radius 500 meter dari infrastruktur jalan, yang terbukti menjadi zona merah konversi.

Penelitian ini memiliki keterbatasan dalam jumlah variabel input untuk pemodelan risiko konversi, di mana aspek harga lahan dan kepadatan penduduk belum dimasukkan secara eksplisit karena keterbatasan ketersediaan data spasial yang seragam di seluruh lokasi penelitian. Hal ini menjadi peluang bagi pengembangan model di masa depan untuk meningkatkan akurasi estimasi kerentanan.

4. Kesimpulan dan implikasi kebijakan

4.1. Kesimpulan

Pengembangan dan validasi model kerentanan spasial lahan pertanian pangan berkelanjutan melalui integrasi inovatif antara metode AHP dan teknologi geospasial berhasil mengungkap adanya paradoks kebijakan. Walaupun luas sawah meningkat, kawasan inti LP2B yang dilindungi secara hukum mengalami kehilangan neto seluas 23,76 ha. Secara kuantitatif, hal ini mengindikasikan bahwa instrumen regulasi pasif yang ada belum sepenuhnya efektif dalam melindungi kawasan inti pertanian dari tekanan konversi. Kerentanan LP2B didominasi oleh faktor antropogenik (bobot 60%), di mana faktor kedekatan dengan jalan utama menjadi pendorong konversi yang paling signifikan (82,1% konversi terjadi dalam radius 500 meter dari jalan). Model kerentanan komposit yang dihasilkan menunjukkan tingkat kesesuaian spasial retrospektif (*retrospective spatial coincidence*) yang sangat tinggi, dengan kemampuan menjelaskan 100% lokasi konversi lahan aktual yang terjadi selama periode 2017–2023 dalam zona yang teridentifikasi memiliki kerentanan sedang dan tinggi.

4.2. Implikasi kebijakan

Berdasarkan bukti empiris bahwa kegagalan perlindungan LP2B bersifat spasial dan didorong oleh tekanan ekonomi yang tidak terkompensasi, Pemerintah Kabupaten Gorontalo dan lembaga terkait perlu melakukan transformasi kebijakan dari pendekatan pasif-regulatif menjadi strategi aktif-insentif yang terfokus secara spasial. Direkomendasikan tiga langkah intervensi strategis yang konkret dan relevan:

Pertama, moratorium spasial dan penegakan hukum prioritas (jangka pendek: 0–1 tahun). Pemerintah daerah harus segera mengeluarkan kebijakan penghentian sementara (moratorium) atas segala bentuk perizinan pembangunan nonpertanian dalam radius kritis, yaitu 500 meter di sepanjang koridor jalan utama yang melintasi zona LP2B. Area ini, terutama 3.547,7 ha kawasan yang tergolong kerentanan sedang dan tinggi, harus menjadi prioritas utama penegakan hukum untuk menghentikan konversi yang sedang berlangsung. Moratorium ini harus diikuti dengan audit tata ruang untuk merevisi dan memastikan konsistensi spasial antara penetapan LP2B dan izin lokasi.

Kedua, implementasi skema insentif ekonomi aktif (jangka menengah: 1–3 tahun). Untuk mengatasi akar masalah ketidakadilan ekonomi dan hilangnya *opportunity cost*, pemerintah harus menerapkan skema kompensasi aktif yang ditargetkan pada lahan di zona kerentanan sedang dan tinggi. Ini mencakup pemberian pembebasan pajak bumi dan bangunan (PBB) sebesar 100% bagi pemilik lahan pada zona LP2B, serta alokasi prioritas bantuan sarana produksi pertanian (saprodi) dan alat mesin pertanian (alsintan) secara eksklusif. Insentif finansial diperlukan agar secara ekonomis dengan mempertahankan lahan LP2B lebih menguntungkan daripada mengkonversinya.

Ketiga, integrasi sistem pemantauan geospasial *real-time* (jangka panjang: 3–5 tahun). Dinas Pertanian dan Dinas Tata Ruang Kabupaten Gorontalo wajib mengintegrasikan sistem pemantauan

perubahan lahan berbasis teknologi geospasial (Google Earth Engine atau citra satelit yang diperbarui per semester). Sistem peringatan dini berbasis digital ini menggantikan pemantauan manual yang tidak efisien, memungkinkan deteksi dini perubahan tutupan lahan di zona kerentanan sedang dan tinggi, serta memfasilitasi intervensi kebijakan yang cepat (*prevention before conversion*) untuk mencegah penyebaran konversi dari zona sedang ke lahan di sekitarnya.

Terakhir, strategi transformasi kebijakan ini tidak hanya penting bagi LP2B di Kabupaten Gorontalo, tetapi juga direkomendasikan untuk diadopsi di sentra produksi pangan nasional lainnya, seperti di Jawa dan Sulawesi Selatan, yang menghadapi karakteristik tekanan konversi lahan *peri-urban* serupa.

Daftar pustaka

- Ansar Z, de Vries WT. 2024. Urban sprawl symptoms in Bandar Lampung suburban area, Indonesia. *Geoplanning J Geomatics Plan.* 11(2):205–222. <https://doi.org/10.14710/geoplanning.11.2.205-222>
- Badan Pusat Statistik. 2023. Luas panen dan produksi padi di Indonesia 2021 [Internet]. Jakarta: Badan Pusat Statistik; [diakses 2025 Sep 15]. <https://www.bps.go.id/id/publication/2023/08/03/a78164ccd3ad09bdc88e70a2/luas-panen-dan-produksi-padi-di-indonesia-2022.html>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Gorontalo. Kabupaten Gorontalo dalam angka 2024 [Internet]. Gorontalo: Badan Pusat Statistik Kabupaten Gorontalo; [diakses 2025 Des 19] <https://gorontalokab.bps.go.id/id/publication/2024/02/28/f3d6afcc8df06f2453ce5b8f/kabupaten-gorontalo-dalam-angka-2024.html>
- Baker DJ, Nye C, Wheeler R, Masquelier C, Binner A, Gaston KJ, Heard MS, Lobley M, Smith D, Maclean IMD. 2025. Aligning strategic and participatory approaches to agri-environment scheme design and implementation to enhance nature recovery outcomes. *People Nat.* 7(2):329–345. <https://doi.org/10.1002/pan3.10785>
- Berger I, Bhan M, Bhangaonkar R, Chaudhary A, Mallapu GR, Nair T, Ramireddy E, Raj R, Ramprasad V, Sankararaman V. 2025. Integrated land systems for sustainable food production and biodiversity conservation in the semi-arid to moist tropics: stakeholder perspectives from Andhra Pradesh, India. *Front Sustain Food Syst.* 9:1594356. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1594356>
- Bourgoin C, Oszwald J, Bourgoin J, Gond V, Blanc L, Dessard H, Phan T Van, Sist P, Läderach P, Reymondin L. 2020. Assessing the ecological vulnerability of forest landscape to agricultural frontier expansion in the central highlands of Vietnam. *Int J Appl Earth Obs Geoinf.* 84:101958. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.101958>
- Diaconu DC, Peptenatu D, Gruia AK, Grecu A, Gruia AR, Gruia MF, Drăghici CC, Băloi AM, Alexandrescu MB, Sibinescu RB. 2025. The impact of urban expansion on land use in emerging territorial systems: case study Bucharest-Ilfov, Romania. *Agriculture.* 15(406):1–15. <https://doi.org/10.3390/agriculture15040406>
- Fandani H, Harini R. 2020. Impact and economic value of agricultural land conversion in sub-urban of Bantul Regency. *E3S Web Conf.* 200:03005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020003005>
- Ilham N, Sumaryanto, Azis M, Syahyuti, Anwar K, Sudaryanto T, Gunawan E, Ariningsih E, Saptana, Ashari, et al. 2023. Technical efficiency of local rice farming in tidal swamp areas of Central Kalimantan, Indonesia: determinants and implications. *Int J Des Nat Ecodynamics.* 18(5):1235–1245. <https://doi.org/10.18280/ijdne.180526>
- Indrianti MA, Rukmana D, Demmallino EB, Jamil MH. 2023. Implementation of sustainable food and feed agricultural land regulation in Gorontalo District: a review. *Adv Anim Vet Sci.* 12(1):9–14. <https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2024/12.1.9.14>
- Janová J, Bödeker K, Bingham L, Kindu M, Knoke T. 2024. The role of validation in optimization models for forest management. *Ann For Sci.* 8:1-19. <https://doi.org/10.1186/s13595-024-01235-w>
- Kementerian Pertanian. 2019. Capaian pembangunan pertanian 2015-2019 mendukung kedaulatan pangan dan keberlanjutan pertanian [Internet]. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia; [diakses 2025 Des 19]. <https://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/8461>
- Kumar DB. 2025. The impact of land-use changes on species diversity and ecosystem functioning in agricultural landscapes. *Int J Environ Sci.* 11(10s):755–765. <https://doi.org/10.64252/k1ksb673>
- Liu C, Song C, Ye S, Cheng F, Zhang L, Li C. 2023. Estimate provincial-level effectiveness of the arable land requisition-compensation balance policy in mainland China in the last 20 years. *Land Use Policy.* 131(7499):106733. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106733>
- Meyfroidt P, Börner J, Garrett R, Gardner T, Godar J, Kis-Katos K, Soares-Filho BS, Wunder S. 2020. Focus on leakage and spillovers: informing land-use governance in a tele-coupled world. *Environ Res Lett.* 15(9):090202. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab7397>
- Meyfroidt P, Lambin EF. 2008. Forest transition in Vietnam and its environmental impacts. *Glob Chang Biol.* 14:1319–1336. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01575.x>
- Nteranya JN, Kiplagat A, Ucauwun EK, Kabonyi Nzabandora C. 2024. Land degradation vulnerability modelling

- for landscape restoration planning in Eastern DR Congo using the analytical hierarchy process (AHP) and geospatial techniques. *Geomatics, Nat Hazards Risk*. 15(1):2426682. <https://doi.org/10.1080/19475705.2024.2426682>
- Pasandaran E. 2019. *Dinamika pembangunan pertanian perspektif sejarah dan politik* [Internet]. Bogor: IPB Press; [diakses 2025 Des 19]. https://digilib.brmpkementan.id/pengelolahasil/index.php?p=show_detail&id=11010&keywords=
- Pribadi DO, Pauleit S. 2015. The dynamics of peri-urban agriculture during rapid urbanization of Jabodetabek Metropolitan Area. *Land Use Policy*. 48:13–24. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.05.009>
- Purnamasari RA, Ahamed T, Noguchi R. 2019. Land suitability assessment for cassava production in Indonesia using GIS, remote sensing and multi-criteria analysis. *Asia-Pacific J Reg Sci*. 3(1):1–32. <https://doi.org/10.1007/s41685-018-0079-z>
- Rumiarta INPB. 2021. Vague norm peraturan zonasi pada perlindungan lahan pertanian pangan berkelanjutan. *Moral J Ilmu Huk*. 7(1):74. <https://doi.org/10.52947/morality.v7i1.189>
- Saaty TL. 2008. Decision making with the Analytic Hierarchy Process. *Int J Serv Sci*. 1(1):83–98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Sun Y, Jiang H, Zhu X. 2024. Drivers, constraints, and policy regulation strategies for the abandonment of farmland: insights from China. *Land*. 13(12):2096. <https://doi.org/10.3390/land13122096>
- Ustaoglu E, Williams B. 2017. Determinants of urban expansion and agricultural land conversion in 25 EU countries. *Environ Manag*. 60(4):717–746. <https://doi.org/10.1007/s00267-017-0908-2>
- Ustaoglu E, Williams B. 2022. Institutional settings and effects on agricultural land conversion: a global and spatial analysis of European regions. *Land*. 12(1):47. <https://doi.org/10.3390/land12010047>
- Viana CM, Freire D, Abrantes P, Rocha J, Pereira P. 2022. Agricultural land systems importance for supporting food security and sustainable development goals: a systematic review. *Sci Total Environ*. 806:150718. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150718>
- Zieliński M, Gołębiewska B, Jadczyzyn J, Adamski M, Tyburski J. 2025. Importance of environmental measures under the CAP 2023–2027 on high nature value farmlands: evidence from Poland. *Sustainability*. 17(17):7763. <https://doi.org/10.3390/su17177763>