

Analisis Proyeksi Penggunaan Lahan Sawah untuk Kebutuhan dan Ketersediaan Beras di Kabupaten Jember Tahun 2032

Analysis of Paddy Field Land Use Projections for Rice Demand and Availability in Jember Regency In 2032

Wahyu Setiawan,^{1*} Ahmad Habibi,¹ Akemat Rio Setiawan,¹ Christian Nathanael,¹ Novi Silvia,¹ Adip Wahyudi¹

¹ Departemen Geografi Universitas Negeri Malang, Kota Malang, Indonesia

*Corresponding author: wahyustywn62@gmail.com

Submitted: March 7, 2025 | Accepted: April 16, 2025 | Published: May 2, 2025

Abstract: *This study analyzes land use changes in Jember Regency, East Java, with a focus on the conversion of agricultural land to non-agricultural land during the period 2013–2023 and predicts land use for the next decade. This study highlights the impact of population growth on land conversion, especially the shift from agricultural land to urban areas that has the potential to threaten food security. By utilizing GLC-FCS30D satellite imagery and combining Markov Chain and Cellular Automata methods, this study analyzes spatial data to predict scenarios of future land use change. The results of the analysis show a significant decrease in the area of rice fields, from 95,985.09 hectares in 2012 to a projected 93,706.22 hectares in 2032. Additionally, we estimate a food deficit in 2032, with rice needs reaching 625,664 tons, while production remains stagnant at 531,314.26 tons. These findings emphasize the importance of formulating strategic land management policies to protect agricultural land and ensure the sustainability of food production amidst the pressures of urbanization and demographic growth.*

Keywords: *Land use change, food security, rice production prediction*

Abstrak: Penelitian ini menganalisis perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Jember, Jawa Timur, dengan fokus pada alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non-pertanian selama periode 2013–2023, serta memprediksi penggunaan lahan untuk satu dekade mendatang. Studi ini menyoroti dampak pertumbuhan penduduk terhadap konversi lahan, khususnya pergeseran dari lahan pertanian ke wilayah perkotaan yang berpotensi mengancam ketahanan pangan. Dengan memanfaatkan citra satelit GLC-FCS30D dan menggabungkan metode *Markov Chain* dan *Cellular Automata*, penelitian ini menganalisis data spasial untuk memprediksi skenario perubahan penggunaan lahan di masa depan. Hasil analisis menunjukkan penurunan signifikan pada luas lahan sawah, dari 95.985,09 hektare pada 2012 menjadi proyeksi 93.706,22 hektare pada 2032. Selain itu, diperkirakan akan terjadi defisit pangan pada tahun 2032, dengan kebutuhan beras mencapai 625.664 ton, sementara produksi stagnan di angka 531.314,26 ton. Temuan ini menegaskan pentingnya perumusan kebijakan pengelolaan lahan yang strategis untuk melindungi lahan pertanian dan menjamin keberlanjutan produksi pangan di tengah tekanan urbanisasi dan pertumbuhan demografis.

Kata Kunci: Perubahan penggunaan lahan, ketahanan pangan, prediksi produksi beras



Pendahuluan

Penggunaan lahan adalah aktivitas yang dilakukan manusia untuk memanfaatkan lahan untuk berbagai tujuan, seperti pemukiman, pertanian, kehutanan, industri, pariwisata, atau konservasi lingkungan. Penggunaan lahan biasanya ditentukan oleh faktor alam (seperti jenis tanah, topografi, dan iklim) dan sosial-ekonomi (FAO, 1995). Setiap tahun penggunaan lahan yang ada di Indonesia semakin bertambah, Hal itu disebabkan oleh bertambahnya jumlah penduduk. Pertumbuhan penduduk yang tinggi menyebabkan penggunaan lahan bertambah, karena setiap aktivitas yang dihasilkan manusia memerlukan lahan (Yasta et al., 2019).

Perubahan penggunaan lahan akibat bertambahnya jumlah penduduk merupakan upaya pemenuhan kebutuhan dasar masyarakat, salah satunya ialah pemukiman (Sari & Yuliani, 2022). Selain itu perubahan penggunaan lahan juga sebagai pembangunan kantor pemerintah, pusat-pusat perdagangan, industri dan fasilitas-fasilitas yang diperlukan masyarakat lainnya. Perubahan penggunaan lahan sebagian besar merupakan perubahan lahan dari pertanian ke non pertanian (Hidayat & Rofiqoh, 2020). Daerah pertanian menjadi sasaran utama dalam memenuhi kebutuhan perubahan untuk kepentingan masyarakat. Fenomena perubahan penggunaan lahan dari pertanian ke non pertanian dapat memberikan dampak yang positif maupun dampak negatif. Dampak positif maupun negatif tersebut sangat tergantung dari jenis pemanfaatan lahannya serta manajemen pengelolaannya (Rosyidah et al., 2024).

Perubahan penggunaan lahan tidak hanya terjadi di wilayah perkotaan tetapi telah merambah ke wilayah pinggiran kota (sub-urban) (Pangastuti et al., 2019). Perubahan lahan di kawasan sub-urban terjadi karena terbatasnya ketersediaan lahan di kawasan urban sehingga menyebabkan perubahan sifat fisik bergeser atau melebar ke kawasan suburban (Bashit & Suprayogi, 2019). Hal ini juga terjadi di Kabupaten Jember, perkembangan wilayah di Kabupaten Jember tidak hanya untuk perkembangan pusat kawasan perkotaan yang identik dengan perkembangan bangunan fisiknya saja, namun juga dikembangkan menjadi pusat perkembangan perdagangan, pendidikan, pertanian dan jasa. Tingginya peningkatan jumlah penduduk yang ada di Kabupaten Jember juga berdampak pada perubahan penggunaan lahan yang terjadi yang mengarah pada pembangunan wilayah perkotaan. Hal tersebut mengakibatkan terjadi alih fungsi penggunaan lahan dari lahan pertanian ke lahan non-pertanian (Ajeng et. al, 2023).

Kabupaten Jember merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Timur. Kabupaten Jember memiliki luas wilayah sekitar 3.293,34 km², yang menjadikannya salah satu kabupaten dengan luas wilayah terbesar ketiga di Jawa Timur. Kabupaten Jember memiliki karakteristik geografis yang bervariasi mulai dari pertanian yang subur hingga kawasan hutan. Menurut (Rizani, 2017) Kabupaten Jember merupakan salah satu daerah yang sebagian besar kegiatan ekonominya ditunjang oleh kegiatan pertanian dengan total luas lahan pertanian 50,01 % dari luas total wilayah Kabupaten Jember. Kabupaten Jember juga direncanakan sebagai daerah agribisnis dan agroindustri. Hal tersebut juga ditunjang dengan kondisi tanah di Kabupaten Jember yang relatif subur. Dengan adanya potensi yang dimiliki Kabupaten Jember tersebut

hampir semua jenis tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik di Kabupaten Jember. Komoditas tanaman di Kabupaten Jember adalah meliputi tanaman pangan, buah, sayur ataupun tanaman herbal dan tanaman perkebunan (Muzayyanah, 2017).

Perkembangan penduduk di Kabupaten Jember terus meningkat. Data yang diperoleh dari BPS Kabupaten Jember pada tahun 2024 menyebutkan bahwa populasi penduduk Kabupaten Jember adalah 2.600.663 jiwa dengan rata-rata laju pertumbuhan sebesar 0,71 % pertahun. Peningkatan jumlah penduduk mengakibatkan peningkatan kebutuhan lahan dan ketersediaan pangan, baik dari segi produksi maupun distribusi (Suarni, 2022). Jember dikenal sebagai salah satu lumbung pangan di Jawa Timur, terutama dalam produksi padi. Luas lahan sawah di Kabupaten Jember mengalami penurunan signifikan dari 89.230 ha pada 2018 menjadi 86.685 ha pada 2023 menurut data dari Dinas Pertanian Provinsi Jawa Timur. Luas lahan sawah tersebut terus mengalami penurunan akibat perubahan penggunaan lahan untuk keperluan non-pertanian, terutama untuk pemukiman.

Pola perubahan penggunaan lahan di suatu wilayah dapat dinyatakan dengan model spasial. Model spasial merupakan sebuah model yang merepresentasikan fenomena alam yang diobservasi dalam dimensi spasial (Yunanto & Susetyo, 2019). Dalam mengkaji perkembangan perubahan lahan terbangun dengan menggunakan klasifikasi multispektral bertujuan untuk mengelaskan penutup lahan wilayah kajian. Data citra penginderaan jauh diperoleh dari sensor satelit. Data citra satelit yang diperoleh melalui metode klasifikasi dinilai lebih efektif dan efisien dalam memetakan tutupan lahan untuk wilayah yang luas dibandingkan pemetaan langsung di lapangan (Satriawan et al., 2024). Data dalam penelitian proyeksi perubahan penggunaan lahan sawah di Kabupaten Jember menggunakan data citra GLC-FCS30D dengan kombinasi metode *Markov Chain dan Cellular Automata (CA)*. Data ini digunakan untuk menghitung matriks transisi dengan metode Markov Chain, yang menggambarkan probabilitas perubahan antar jenis tutupan lahan selama periode tertentu (Adhiatma et al., 2020). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji perubahan penggunaan lahan pertanian ke non pertanian di Kabupaten Jember tahun 2013- 2023, dan memprediksi tutupan lahan untuk 10 tahun mendatang.

(FAO, 2023) menekankan bahwa konversi lahan pertanian merupakan ancaman serius terhadap keberlanjutan produksi pangan, terutama di negara berkembang yang sistem pertaniannya sangat bergantung pada lahan sawah. (Rizaldi et al., 2019) juga menyatakan bahwa ketidakterkendalinya konversi lahan sawah menyebabkan berkurangnya produksi beras secara signifikan di daerah-daerah lumbung pangan. Hal ini menimbulkan potensi krisis pangan jika tidak ditangani dengan kebijakan mitigasi berbasis data spasial dan prediksi yang akurat.

Penelitian terdahulu terkait proyeksi penggunaan lahan sawah dan ketahanan pangan telah banyak dilakukan di berbagai daerah dengan pendekatan yang beragam. Studi oleh First et al., (2023) mengidentifikasi ancaman konversi lahan terhadap kecukupan beras di Kabupaten Musi Rawas menggunakan model CA-Markov. (Akhmad, 2023) menganalisis proyeksi kebutuhan dan ketersediaan beras di Provinsi DIY tahun 2045. Penelitian serupa juga

dilakukan oleh Noviani et al, (2022) di Kabupaten Sukoharjo, yang menunjukkan bahwa laju pertumbuhan penduduk yang tidak sebanding dengan produksi dapat memicu defisit pangan. Nabila, (2023) melakukan penelitian menggunakan pemodelan prediksi dan kesesuaian perubahan penggunaan lahan menggunakan *Cellular Automata*.

Faisol et al., (2023) menggunakan pendekatan sistem dinamis untuk memproyeksikan kebutuhan beberapa komoditas pangan di Kabupaten Manokwari. (Pandangwati, 2022) menyoroti pentingnya perencanaan tata ruang dalam pembangunan kota berkelanjutan. Brown, (2016) dan Munibah & Firmansyah, (2022) membahas kontribusi teknologi penginderaan jauh dan SIG dalam evaluasi tutupan lahan. Sementara itu, (Putra & Rudiarto, 2018; Lasaiba, 2024) menggunakan *Cellular Automata* dalam simulasi perubahan lahan akibat tekanan urbanisasi. (Rizaldi et al., 2019) menerapkan model pembelajaran untuk pemilihan lahan produktif berbasis spasial di Jember.

Meskipun berbagai studi telah dilakukan, sebagian besar penelitian tersebut belum mengintegrasikan analisis proyeksi perubahan lahan sawah secara spasial dengan proyeksi kebutuhan beras berbasis populasi di satu kerangka studi yang utuh, khususnya di Kabupaten Jember. Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan mengombinasikan model *Markov Chain* dan *Cellular Automata* berbasis data satelit GLC-FCS30D, serta memperkirakan kebutuhan beras secara kuantitatif berdasarkan pertumbuhan penduduk. Pendekatan ini memberikan kontribusi penting dalam merumuskan strategi perlindungan lahan sawah yang adaptif terhadap perubahan tata ruang dan tekanan demografis di masa depan.

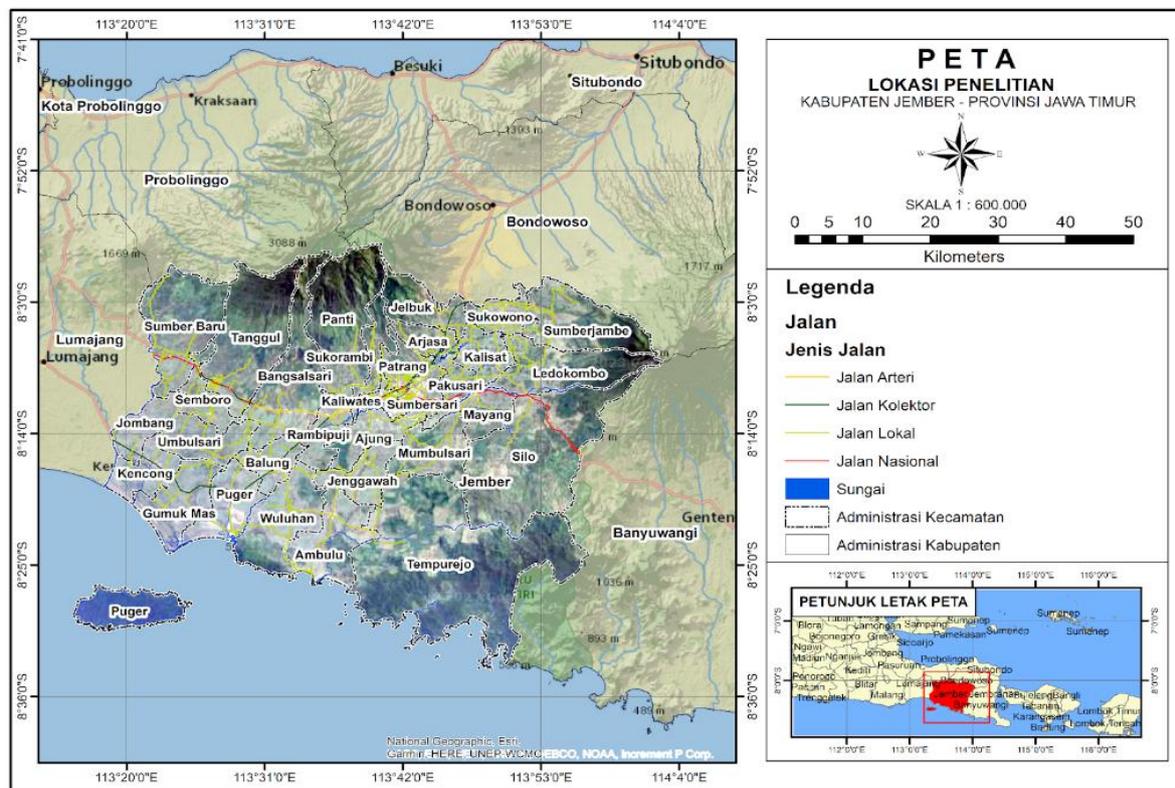
Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif-deskriptif dengan pendekatan analisis spasial-prediktif. Jenis penelitian ini dipilih karena bertujuan untuk mendeskripsikan perubahan tutupan lahan sawah secara kuantitatif berdasarkan data spasial dan memproyeksikan kebutuhan pangan beras berdasarkan prediksi pertumbuhan penduduk. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan metode dokumentasi, yang melibatkan pengumpulan data sekunder dari berbagai sumber. Data tutupan lahan diperoleh dari citra satelit GLC-FCS30D untuk tahun 2013, 2018, dan 2023 melalui platform Global Land Cover. Sementara itu, data jaringan jalan dan batas administrasi wilayah diambil dari Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) tahun 2024 yang disediakan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). Data konsumsi beras per kapita serta jumlah penduduk dikumpulkan dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Jember. Seluruh data dikompilasi dalam format raster dan vektor, kemudian diproses menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.8 dan Google Earth Engine. Proses ini mencakup pemotongan wilayah studi (clipping), koreksi spasial, serta klasifikasi ROI (Region of Interest) untuk mendukung analisis spasial dan pemodelan perubahan penggunaan lahan.

Pemilihan lokasi penelitian di Kabupaten Jember didasarkan pada beberapa pertimbangan strategis. Kabupaten ini merupakan salah satu daerah lumbung padi utama di

Provinsi Jawa Timur, dengan luas wilayah pertanian yang cukup besar (Ikhlas et al., 2024). Namun, dalam satu dekade terakhir, Jember mengalami tekanan tinggi terhadap lahan pertanian akibat urbanisasi dan ekspansi permukiman (Ajeng et al., 2023). Berdasarkan data BPS dan Dinas Pertanian Jawa Timur, Jember menempati urutan ke-sembilan dalam hal luas lahan pertanian, tetapi juga termasuk dalam wilayah dengan tingkat konversi lahan tertinggi. Selain itu, kondisi geografis Jember yang beragam dan didukung oleh ketersediaan data spasial berkualitas menjadikannya wilayah yang ideal untuk pengembangan model prediktif penggunaan lahan. Kompleksitas dinamika penggunaan lahan di Jember juga memungkinkan eksplorasi strategi ketahanan pangan yang dapat direplikasi ke daerah lain dengan karakteristik serupa. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian
Sumber : Olah Data Penulis, 2024

Alat dan Bahan

Analisis proyeksi lahan sawah dalam kebutuhan pangan di Kabupaten Jember menggunakan *Cellular Automata* yang digunakan untuk memprediksi dinamika perubahan tutupan lahan berdasarkan data historis. Data tutupan lahan yang diperoleh dari GLC-FCS30D tahun 2013, 2018, dan 2023 menjadi dasar untuk memahami pola perubahan penggunaan lahan selama dekade terakhir. Dataset ini dipilih karena resolusinya yang tinggi (30 meter) dan klasifikasi yang detail, sehingga mampu memberikan informasi yang akurat terkait distribusi lahan sawah di wilayah penelitian. Selain itu, data tambahan berupa peta administrasi dan jaringan jalan dari Peta RBI (Rupa Bumi Indonesia) tahun 2024 digunakan untuk mempertimbangkan faktor-faktor eksternal yang mempengaruhi perubahan lahan,

seperti aksesibilitas dan kebijakan tata ruang. Data dalam penelitian ini disajikan dalam tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Data Penelitian

No	Data	Tahun	Sumber Data
1	Tutupan Lahan	2013	GLC-FCS30D (Global Land Cover Fine Classification System 30-meter)
2	Tutupan Lahan	2018	GLC-FCS30D (Global Land Cover Fine Classification System 30-meter)
3	Tutupan Lahan	2023	GLC-FCS30D (Global Land Cover Fine Classification System 30-meter)
4	Administrasi Kabupaten	2024	Peta RBI - Badan Informasi Geospasial
5	Jalan	2024	Peta RBI - Badan Informasi Geospasial
6	Kebutuhan Beras	2023	Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember

Proyeksi perubahan lahan dilakukan dengan mengintegrasikan metode *Markov Chain* dan *Cellular Automata*. *Markov Chain* digunakan untuk menghitung probabilitas transisi antar jenis tutupan lahan berdasarkan data historis, sedangkan *Cellular Automata* memanfaatkan informasi spasial untuk mensimulasikan pola perubahan di masa depan. Model ini mempertimbangkan berbagai faktor pendorong, seperti perkembangan infrastruktur jalan, kedekatan dengan pusat permukiman, serta perubahan kebijakan tata ruang yang tercermin dari peta administrasi. Dengan pendekatan ini, dihasilkan peta proyeksi tutupan lahan tahun mendatang, yang memberikan gambaran tentang potensi perubahan luas sawah di Kabupaten Jember.

Hasil proyeksi ini diharapkan dapat mendukung perencanaan kebutuhan pangan, khususnya ketersediaan beras, dengan mengidentifikasi area sawah yang berpotensi terkonversi menjadi penggunaan lahan lain. Analisis ini juga memberikan gambaran bagi pengambil kebijakan untuk merancang strategi mitigasi, seperti perlindungan lahan sawah berkelanjutan dan optimalisasi penggunaan lahan yang tersedia. Dengan memanfaatkan teknologi SIG dan pemodelan *Cellular Automata*, proyeksi ini menjadi alat yang sangat penting untuk mendukung pembangunan berbasis data di sektor pertanian.

Pengolahan Data

Analisis proyeksi perubahan penggunaan lahan sawah dilakukan menggunakan model *Cellular Automata* (CA). *Cellular Automata* merupakan model spasial berbasis grid yang mampu mensimulasikan perubahan pola penggunaan lahan dengan mempertimbangkan kondisi awal dan aturan transisi (Putra & Rudiarto, 2018). Model ini bekerja dengan memanfaatkan data historis, peta penggunaan lahan, dan faktor-faktor pengendali seperti topografi, aksesibilitas, serta kebijakan tata ruang (Lasaiba, 2024). Pada konteks proyeksi perubahan lahan sawah, CA sangat berguna untuk mengidentifikasi potensi alih fungsi lahan akibat tekanan urbanisasi, perubahan iklim, atau perkembangan infrastruktur (Muqsit & Kurniati, 2024). Proses simulasi dilakukan secara berulang, di mana setiap grid diperbarui berdasarkan aturan transisi yang telah ditentukan. Hasil simulasi dapat digunakan untuk memahami tren perubahan penggunaan lahan di masa depan dan mengevaluasi

kesesuaiannya dengan rencana tata ruang wilayah. Oleh karena itu penerapan model CA mampu memberikan informasi penting bagi pengambil kebijakan untuk merancang strategi pengelolaan lahan yang berkelanjutan.

Analisis Data

Teknik analisis data dilakukan melalui tiga tahap utama. Pertama, analisis spasial perubahan tutupan lahan dilakukan dengan mengintegrasikan metode *Markov Chain* untuk menghitung probabilitas transisi tutupan lahan, serta model *Cellular Automata (CA)* untuk menghitung matriks transisi dengan metode Markov Chain, yang menggambarkan probabilitas perubahan antar jenis tutupan lahan selama periode tertentu (Nabila, 2023). Matriks transisi ini kemudian diintegrasikan ke dalam model *Cellular Automata* untuk mensimulasikan pola spasial perubahan tutupan lahan di masa depan. Simulasi dilakukan secara iteratif, di mana setiap grid atau sel diperbarui berdasarkan aturan transisi yang ditentukan oleh faktor pengendali seperti jarak ke jalan utama, aksesibilitas, serta kedekatan dengan permukiman. Kedua, dilakukan validasi model dengan menghitung nilai Kappa Coefficient terhadap data tahun 2023 untuk mengukur akurasi prediksi perubahan lahan. Proyeksi kebutuhan beras dihitung menggunakan pendekatan kuantitatif berdasarkan parameter demografis dan konsumsi pangan. Digunakan rumus pertumbuhan eksponensial:

$$P_t = P_0 X e^{rt}$$

di mana:

P_t = jumlah penduduk di tahun ke- t

P_0 = jumlah penduduk awal

r = laju pertumbuhan penduduk tahunan

t = selisih waktu dalam tahun

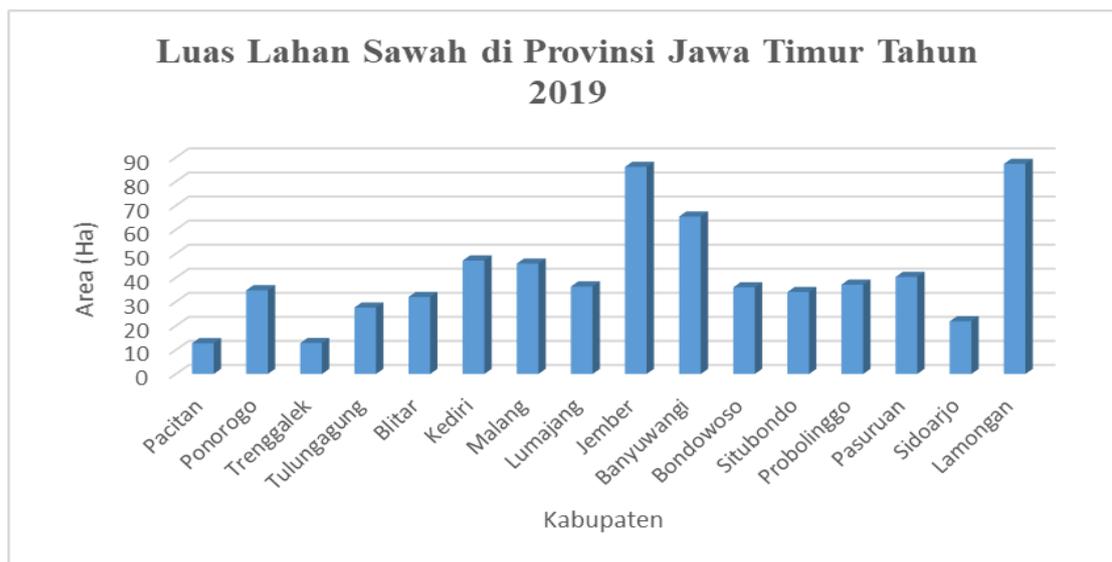
Metode proyeksi kebutuhan beras dilakukan dengan pendekatan kuantitatif yang melibatkan beberapa tahapan utama, yaitu pengumpulan data historis terkait konsumsi beras per kapita, jumlah penduduk, dan produksi beras, yang kemudian dianalisis untuk memperkirakan tren ke depan. Proyeksi penduduk dihitung menggunakan metode exponential growth sebagai dasar perhitungan kebutuhan, dikombinasikan dengan proyeksi konsumsi beras per kapita. Selanjutnya, total kebutuhan beras dihitung dengan mengalikan jumlah penduduk yang diproyeksikan dengan konsumsi beras per kapita. Hasilnya digunakan untuk membandingkan antara prediksi ketersediaan dan kebutuhan beras pada tahun 2022, 2027, dan 2032.

Hasil dan Pembahasan

Tutupan Lahan Kabupaten Jember

Kabupaten Jember merupakan bagian dari Provinsi Jawa Timur yang memiliki peran signifikan dalam sektor pertanian di Indonesia. Kabupaten Jember memainkan peran penting dalam penyediaan produksi pangan daerah, telah dikenal luas sebagai produsen padi terkemuka dengan data produktivitas rata-rata sebesar 0,567 kg/m² pada tahun 2022 (Ayu & Sukojo, 2023). Tingkat produktivitas padi yang tinggi akan sejalan dengan proyeksi

penggunaan lahan sawah yang maksimal dan pada penerapannya dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti teknologi pertanian, prioritas jenis tanaman hingga tren konservasi lahan yang dilakukan. Pada berbagai penelitian terkait optimalisasi penggunaan lahan akan berkorelasi positif terhadap peningkatan ketahanan pangan, seperti adaptasi pertanian modern untuk peningkatan produktivitas (Muliasari et al., 2022), serta melalui praktik pertanian berkelanjutan dengan teknik pengelolaan tanaman dan pemilihan prioritas produksi (Pertami et al., 2022; Rizaldi et al., 2019).



Gambar 3. Luas Lahan Sawah Provinsi Jawa Timur Tahun 2019
Sumber: BPS Jawa Timur, 2019

Gambar 2 menyajikan data sebaran luas lahan sawah pada berbagai daerah di Jawa Timur Pada tahun 2019 (BPS, 2019). Jember dan Lamongan menjadi daerah dengan luas lahan sawah terbesar dan produktivitas padi tertinggi di Provinsi Jawa Timur. Kondisi tersebut menjadikan proyeksi kondisi penggunaan lahan sawah di Kabupaten Jember sangat penting untuk diketahui. Selain dijadikan sebagai model pembaruan data, proyeksi kondisi penggunaan lahan juga dapat digunakan sebagai bahan identifikasi ketercukupan kebutuhan pangan khususnya jenis pangan pokok yaitu beras. Proyeksi kondisi lahan yang memanfaatkan teknologi GIS dapat menjadi dasar analisis penentuan langkah perencanaan, tindakan konservasi dan pengelolaan lahan yang lebih optimal (Brown, 2016; Munibah & Firmansyah, 2022).

Klasifikasi tutupan lahan dilakukan sebagai dasar identifikasi proyeksi penggunaan lahan sawah, menggunakan citra GLC-FCS30D (*Global Land Cover Fine Classification System 30-meter*) pada tahun 2012, 2017, 2022. Sebagai tahapan awal, citra tersebut diklasifikasikan dengan pengambilan area sampel atau *Region of Interest (ROI)* sesuai dengan batas wilayah kajian, yaitu Kabupaten Jember. Hasil klasifikasi kemudian diuji keakuratannya menggunakan *confusion matrix* dan perhitungan *Overall Accuracy* serta *Kappa Coefficient* untuk memastikan kualitas hasil klasifikasi. Peta tutupan lahan dari ketiga tahun tersebut dianalisis

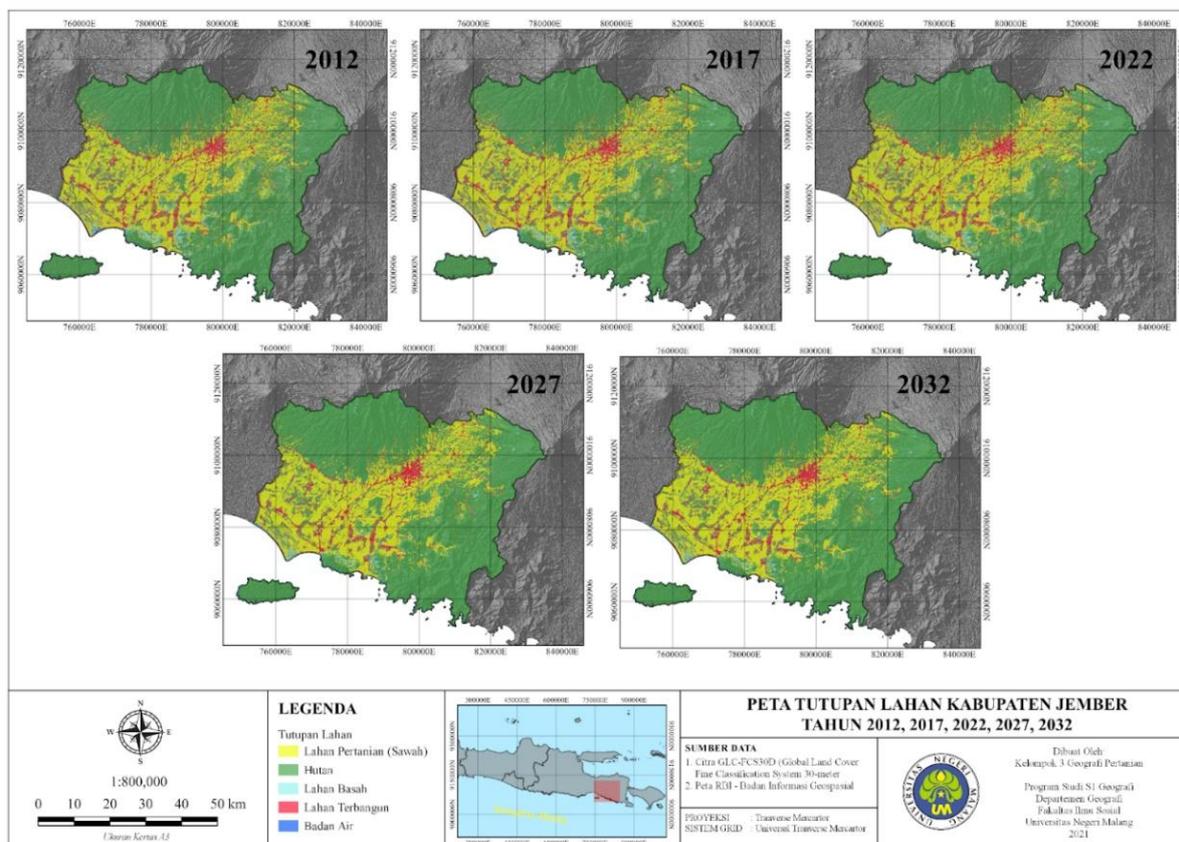
untuk melihat dinamika perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Jember. Perubahan yang terjadi antara tahun 2012, 2017, dan 2022 dihitung menggunakan perbandingan piksel-piksel atau analisis *cross tabulation*. Berikut adalah hasil klasifikasi tutupan lahan pada tahun 2012, 2017, 2022 beserta luas tiap klasifikasinya.

Tabel 2. Luas Klasifikasi Tutupan Lahan

Tutupan	2012	2017	2022	2027	2032
Lahan Pertanian (Sawah)	95.985,09	94.966,12	95.917,88	93.744,21	93.706,22
Hutan	196.686,53	197.570,61	195.403,05	205.978,50	207.339,98
Lahan Basah	16.015,33	16.408,21	16.286,43	11.777,54	11.246,15
Lahan Terbangun	22.147,24	21.880,03	23.123,71	19.266,52	18.466,90
Badan Air	574.80	584.01	677.90	642.22	649.84
Total	331.408,98	331.408,98	331.408,98	331.408,98	331.408,98

Sumber: BPS Kabupaten Jember

Prediksi tutupan lahan dilakukan sebagai dasar dalam menentukan produksi panen beras pada lahan pertanian (sawah) (Nafi & Basuki, 2019). Prediksi tutupan lahan ditentukan menggunakan model *Cellular Automata (CA)* sehingga terbentuk prediksi tutupan lahan pada tahun 2027 dan 2032. Dalam menentukan prediksi tutupan lahan menggunakan model CA, diberlakukan batas koreksi, yaitu koreksi Kappa. Batas koreksi ini bertujuan dalam menentukan keakuratan data. Rata - rata koreksi Kappa dalam tahap validasi sebesar 85%. Hasil ini tergolong kuat dari interpretasi nilai kappa sesuai dengan klasifikasi pada tabel 3.



Gambar 4. Peta Tutupan Lahan Kabupaten Jember 2012-2032

Sumber : Olah Data Penulis, 2024

Terjadi dinamika perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Jember selama rentang tahun 2012-2032 yang ditunjukkan pada gambar 4. Penggunaan lahan hutan dan badan air teridentifikasi mengalami peningkatan positif dibandingkan penggunaan lahan pertanian, lahan basah dan lahan terbangun yang terus mengalami penurunan. Pada penggunaan lahan pertanian khususnya sawah terlihat mengalami penurunan yang cukup signifikan pada tahun 2017 dan proyeksi pada tahun 2027 dan 2032, penurunan tersebut menjadikan luas lahan pertanian sawah yang pada awalnya seluas 95.985.09 ha menjadi 93.706.22 ha. Adanya penurunan luasan tersebut akan berdampak pada produksi panen beras dan ketahanan pangan daerah yang ada di Kabupaten Jember (Slamet-Loedin et al., 2005).

Uji akurasi Kappa berfungsi untuk mengukur tingkat kesepakatan antar penilai atau pengamat terhadap data kategorikal dengan memperhitungkan peluang kesepakatan yang terjadi secara kebetulan (Foody, 2020). Fungsi utama dari uji ini adalah menilai reliabilitas antar-penilai (*inter-rater reliability*) guna memastikan konsistensi dan keandalan dalam pemberian penilaian pada objek atau subjek yang sama. Selain itu, uji Kappa berperan dalam mendeteksi adanya bias atau ketidaksepakatan signifikan yang mungkin terjadi di antara penilai, sehingga dapat meningkatkan validitas dan kualitas data yang dikumpulkan (Nabila, 2023). Terdapat beberapa klasifikasi koefisien Kappa sebagai berikut.

Tabel 3. Klasifikasi Koefisien Kappa

Nilai Koefisiensi Kappa	Interpretasi Nilai Kappa
< 0.20	Rendah
0.21 – 0.40	Agak rendah
0.41 – 0.60	Cukup
0.61 – 0.80	Kuat
> 0.85	Sangat Kuat

Sumber: Kunz, 2017



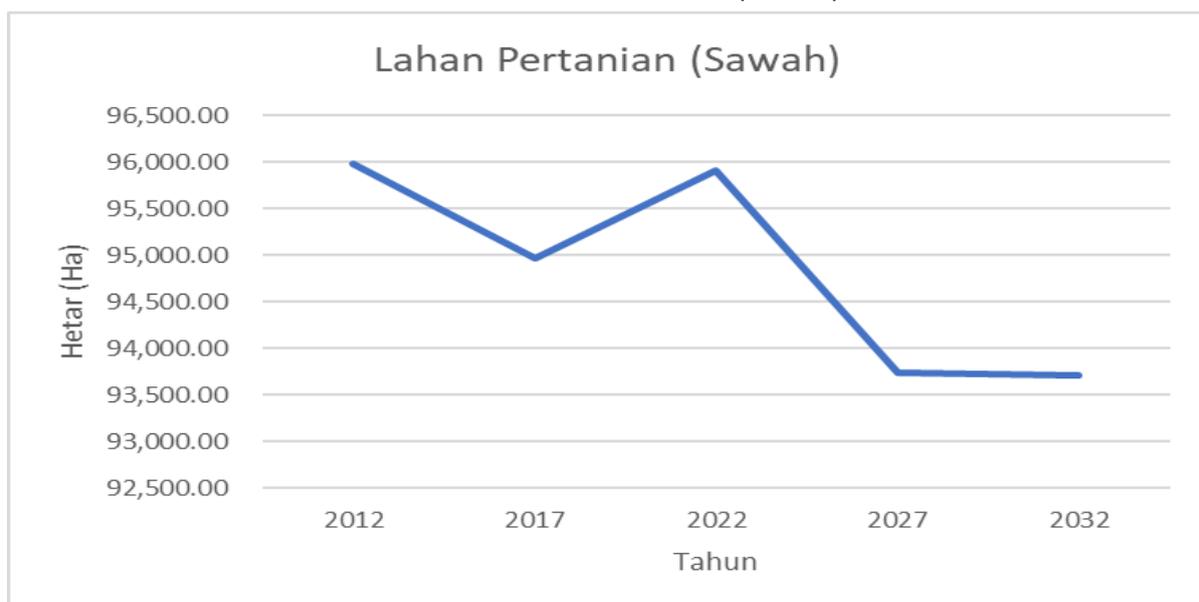
Gambar 5. Hasil Akurasi Kappa
Sumber : Olah Data Penulis, 2024

Hasil akurasi Kappa dari proses validasi peta hasil simulasi menunjukkan nilai rata-rata sebesar 85%, yang masuk dalam kategori “sangat kuat” berdasarkan klasifikasi (Kunz, 2017). Nilai ini mengindikasikan bahwa model prediktif yang digunakan—yaitu Cellular Automata (CA) memiliki tingkat kesesuaian yang tinggi dengan peta referensi, baik dari segi spasial maupun kuantitatif. Hal ini menguatkan reliabilitas simulasi proyeksi tutupan lahan sebagai dasar analisis kebijakan penggunaan lahan di Kabupaten Jember.

Evaluasi berbasis indeks Kappa diperkuat melalui grafik *Multiple-resolution budget*, yang membandingkan beberapa skenario kesesuaian antara model dan peta acuan. Grafik menunjukkan bahwa skenario dengan informasi lokasi dan kuantitas sempurna menghasilkan nilai Kappa tertinggi, ditunjukkan oleh garis ungu dan titik-titik mendekati nilai maksimum. Sebaliknya, skenario tanpa informasi kuantitas (garis hijau) memiliki tingkat akurasi paling rendah, sedangkan skenario dengan kuantitas menengah (garis merah) berada di antara keduanya. Pola ini mendukung pernyataan (Pontius & Millones, 2011), yang menekankan pentingnya evaluasi simultan terhadap dimensi lokasi dan kuantitas dalam analisis perubahan lahan.

Kualitas prediktif model yang tinggi ini memperkuat legitimasi penggunaan pendekatan spasial dan model dinamis dalam perencanaan tata ruang dan konservasi lahan (Fajarini et al., 2015; Supriatna, 2023). Keakuratan spasial yang tinggi bukan hanya menjamin representasi visual yang akurat, tetapi juga berimplikasi langsung terhadap efektivitas kebijakan yang diambil berdasarkan data tersebut (Darto, 2016). Validasi menggunakan indeks Kappa bukan hanya sekadar evaluasi teknis, tetapi juga merupakan dasar metodologis untuk memastikan bahwa kebijakan berbasis spasial yang diambil memiliki akurasi tinggi dan risiko kesalahan pengambilan keputusan yang rendah.

Grafik 1. Perubahan Luas Lahan Pertanian (Sawah) dari tahun ke tahun



Sumber: Olah Data Penulis, 2024

Berdasarkan grafik perubahan luas lahan pertanian (sawah) yang diprediksi dari tahun ke tahun, terlihat adanya tren penurunan signifikan selama periode 2012 hingga 2032. Pada

tahun 2012, luas lahan sawah tercatat sebesar 96.000 hektar, namun mengalami penurunan sekitar 1.500 hektar dalam kurun waktu lima tahun, hingga mencapai 94.500 hektar pada tahun 2017. Penurunan ini dapat dikaitkan dengan proses alih fungsi lahan, yang dipicu oleh urbanisasi, pembangunan infrastruktur, dan kebutuhan akan ruang pemukiman serta aktivitas industri. Meski demikian, data menunjukkan peningkatan pada tahun 2022, di mana luas lahan sawah mengalami pemulihan menjadi 95.500 hektar. Kondisi ini diduga terjadi akibat adanya kebijakan pemulihan lahan pertanian atau intervensi pemerintah melalui program rehabilitasi lahan, optimalisasi pemanfaatan lahan, serta implementasi teknologi pertanian yang lebih efisien (Bado et al., 2016).

Peningkatan tersebut bersifat sementara, sebab tren penurunan kembali terjadi dengan signifikan pada tahun 2027, di mana luas lahan sawah menyusut tajam hingga mencapai 93.500 hektar. Prediksi untuk tahun 2032 menunjukkan kondisi stagnan dengan luas lahan sawah tetap berada di angka 93.500 hektar. Fenomena ini menunjukkan adanya tantangan struktural dalam mempertahankan keberlanjutan lahan pertanian produktif, yang dipengaruhi oleh laju alih fungsi lahan yang tidak terkendali dan kurangnya upaya mitigasi secara komprehensif. Jika tren ini terus berlanjut, maka dapat berdampak negatif terhadap ketahanan pangan nasional serta kesejahteraan masyarakat agraris. Oleh karena itu, diperlukan kebijakan tata ruang yang lebih ketat, pengendalian alih fungsi lahan secara terukur, serta implementasi praktik pertanian berkelanjutan yang berbasis pada teknologi ramah lingkungan. Upaya strategis ini diharapkan mampu menjaga stabilitas luas lahan sawah dan mendukung produksi pangan yang berkelanjutan dalam jangka panjang.

Proyeksi Kebutuhan Beras Kabupaten Jember

Proyeksi kebutuhan beras di Kabupaten Jember merupakan sebuah langkah penting dalam perencanaan ketahanan pangan daerah. Dengan memahami tren pertumbuhan penduduk dan tingkat konsumsi beras per kapita, pemerintah daerah dapat memperkirakan jumlah kebutuhan beras yang di masa mendatang (Sunartomo, 2015). Hal tersebut bertujuan agar ketersediaan pangan yang cukup, stabilitas harga, serta kesejahteraan masyarakat. Berikut merupakan prediksi kebutuhan beras pada tahun 2022, 2027 dan 2032 di Kabupaten Jember.

Tabel 4. Prediksi Kebutuhan Beras Kabupaten Jember

Tahun	Prediksi Total Produksi Beras (Ton)	Kebutuhan Beras (Ton)	Hasil
2022	543.854.38	377,200.00	Tercukupi
2027	531,529.66	464,221.00	Tercukupi
2032	531,314.26	625,664.00	Tidak Tercukupi

Sumber: Olah Data Penulis, 2024

Berdasarkan data prediksi total produksi beras dan kebutuhan beras pada tahun 2022, 2027, dan 2032, terlihat adanya trend yang mengindikasikan ketidakseimbangan antara produksi dan kebutuhan beras di masa depan. Pada tahun 2022, total produksi beras sebesar 543.854,38 ton, sementara kebutuhan beras hanya mencapai 377.200,00 ton. Hal ini

menunjukkan surplus produksi beras yang mampu memenuhi kebutuhan masyarakat. Kondisi serupa terjadi pada tahun 2027, di mana total produksi beras diprediksi menurun menjadi 531.529,66 ton, namun kebutuhan beras meningkat menjadi 464.221,00 ton. Meskipun terjadi peningkatan kebutuhan, produksi beras pada tahun tersebut masih mampu mencukupi, meskipun dengan selisih yang lebih kecil dibandingkan tahun sebelumnya. Pada tahun 2032, terdapat perubahan signifikan yang menunjukkan potensi krisis pangan akibat ketidakseimbangan antara produksi dan kebutuhan beras. Prediksi total produksi beras pada tahun tersebut stagnan di angka 531.314,26 ton, tetapi kebutuhan beras mengalami peningkatan drastis menjadi 625.664,00 ton. Hal ini mengakibatkan defisit sebesar 94.349,74 ton, yang menandakan ketidakmampuan produksi beras untuk memenuhi kebutuhan masyarakat.

Perubahan tutupan lahan secara langsung mempengaruhi kapasitas produksi pangan lokal. Lahan yang sebelumnya produktif untuk budidaya padi tidak dapat tergantikan dengan mudah oleh lahan baru karena keterbatasan sumber daya, kualitas tanah, dan infrastruktur irigasi. Akibatnya, proyeksi produksi stagnan atau bahkan menurun meskipun teknologi pertanian mengalami kemajuan. Selain faktor teknis seperti perubahan iklim dan degradasi lahan, pola konsumsi masyarakat juga berubah, dengan meningkatnya minat terhadap pangan alternatif seperti umbi-umbian dan jagung. Meskipun hal ini dapat dilihat sebagai peluang diversifikasi pangan, namun tanpa manajemen yang tepat, perubahan pola konsumsi ini tidak serta-merta mengurangi ketergantungan terhadap beras (Ajeng et al., 2023).

Dampak dari ketidaktercukupannya kebutuhan beras dapat meluas ke berbagai sektor. Secara ekonomi, defisit pangan akan mendorong ketergantungan terhadap impor, meningkatkan harga bahan pokok, dan memicu inflasi. Secara sosial, hal ini dapat memicu ketimpangan distribusi pangan, penurunan daya beli masyarakat, dan peningkatan kerentanan kelompok miskin terhadap krisis pangan (Sukamto & Prianto, 2023). Untuk menghadapi situasi ini, strategi perlindungan lahan pertanian menjadi krusial. Upaya seperti penetapan dan penegakan kebijakan LP2B (Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan), optimalisasi produktivitas melalui intensifikasi berbasis teknologi presisi, serta pengembangan sistem cadangan pangan lokal, perlu segera diterapkan. Selain itu, edukasi masyarakat dalam mengadopsi pola konsumsi pangan lokal yang beragam dan bergizi juga menjadi bagian dari solusi jangka panjang.

Dengan demikian, perubahan tutupan lahan di Kabupaten Jember tidak hanya menjadi persoalan tata ruang, tetapi juga menyangkut ketahanan pangan dan kesejahteraan masyarakat secara menyeluruh. Perencanaan yang adaptif, berbasis data, dan terintegrasi dengan kebijakan tata guna lahan dan pangan akan menjadi kunci untuk menjaga keberlanjutan sistem pangan daerah di tengah dinamika lingkungan dan sosial yang terus berkembang (Rumabutar, 2024).

Kesimpulan

Kabupaten Jember memiliki peran strategis dalam mendukung ketahanan pangan di Provinsi Jawa Timur melalui produktivitas padi yang tinggi. Namun, dinamika perubahan penggunaan lahan antara tahun 2012 hingga proyeksi 2032 menunjukkan adanya penurunan signifikan pada luas lahan pertanian, khususnya sawah, dari 95.985,09 ha pada 2012 menjadi 93.706,22 ha pada 2032. Penurunan ini dipengaruhi oleh alih fungsi lahan akibat urbanisasi, pembangunan infrastruktur, serta minimnya perlindungan terhadap lahan pertanian. Analisis spasial menggunakan model Cellular Automata yang divalidasi dengan indeks Kappa menunjukkan hasil sangat kuat (85%), menandakan bahwa model proyeksi memiliki reliabilitas tinggi dan dapat dijadikan dasar dalam perencanaan kebijakan lahan. Proyeksi ini juga menjadi acuan penting dalam memperkirakan ketersediaan lahan pertanian di masa depan yang berdampak langsung terhadap produksi beras. Di sisi lain, proyeksi kebutuhan beras menunjukkan peningkatan signifikan dari 377.200 ton pada 2022 menjadi 625.664 ton pada 2032, sementara produksi beras stagnan pada angka 531.000 ton. Hal ini menimbulkan defisit sebesar 94.349 ton pada tahun 2032, yang mengindikasikan potensi krisis pangan apabila tidak dilakukan upaya mitigasi yang tepat. Oleh karena itu, diperlukan langkah strategis berupa perlindungan lahan pertanian melalui kebijakan LP2B, intensifikasi pertanian berbasis teknologi presisi, serta diversifikasi konsumsi pangan lokal. Perencanaan tata ruang dan pangan yang adaptif dan berbasis data menjadi kunci dalam menjaga keberlanjutan ketahanan pangan di Kabupaten Jember di tengah tekanan pembangunan dan perubahan sosial-ekologis yang terus berlangsung.

Daftar Pustaka

- Adhiatma, R., Widiatmaka, & Lubis, I. (2020). Perubahan dan prediksi penggunaan/penutupan lahan di Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 10(2), 234–246. <https://doi.org/10.29244/jpsl.10.2.234-246>
- Akhmad, G. R. (2023). Proyeksi Kebutuhan dan Ketersediaan Beras di Provinsi DIY Tahun 2045. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 11(2), 94–104. <https://doi.org/10.23887/jjpg.v11i2.66394>
- Ayu, & Sukojo, B. M. (2023). *Analysis of Rice Productivity Estimation in East Java Province and Its Relationship to Poverty*. 7(January), 1–14.
- Bado, B. V., Savadogo, P., & Manzo, M. L. S. (2016). *Restoration of Degraded Lands in West Africa Sahel: Review of experiences in Burkina Faso and Niger*. 16.
- Bashit, N. Y. P., & Suprayogi, A. (2019). *MT NIP. I e7703092008 I2 I00I Unit Kerja : Teknik Geodesi FT LNDIP Teknik Geodesi FT LTNDIP Nilai Reviewer*. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik/index>
- Brown, M. E. (2016). Remote sensing technology and land use analysis in food security assessment. *Journal of Land Use Science*, 11(6), 623–641. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2016.1195455>

- Darto. (2016). Pengaruh Implementasi Kebijakan Tata Ruang Kota Terhadap Efektivitas Pemanfaatan Ruang Di Kota Bandung. *Majalah Ilmiah UNIKOM*, 14(2), 265–282.
- Yasta, R. D., Yarmaidi, Y., & Sugiyanta, I. G (2019). Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Sawah Menjadi Permukiman di Kecamatan Pegelaran Utara. *Jurnal Penelitian Geografi*, 1(1), 1–11.
- Faisol, A., Rahmawati, S. A., & Hutasoit, H. (2023). Analisis dan Proyeksi Kebutuhan Beberapa Komoditas Tanaman Pangan menggunakan Pendekatan Sistem Dinamis untuk Memenuhi Kebutuhan Pangan di Kabupaten Manokwari. *Median : Jurnal Ilmu Ilmu Eksakta*, 15(3), 119–134. <https://doi.org/10.33506/md.v15i3.2781>
- Fajarini, R., Barus, B., & Panuju, D. R. (2015). Dinamika Perubahan Penggunaan Lahan dan Prediksinya Untuk Tahun 2025 Serta Keterkaitannya Dengan Perencanaan Tata Ruang 2005-2025 di Kabupaten Bogor. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 17(1), 8. <https://doi.org/10.29244/jitl.17.1.8-15>
- FAO. (1995). *Planning for sustainable use of land resources: Towards a new approach*. FAO Land and Water Bulletin 2. Rome: FAO.
- FAO. (2023). The State of Food and Agriculture 2023. In *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2023*. <https://doi.org/10.4060/cc8166en>
- First, A. Y., Barus, B., & Tjahjono, B. (2023). Ancaman Konversi Lahan Sawah Terhadap Kecukupan Beras di Kabupaten Musi Rawas. *Journal of Regional and Rural Development Planning*, 7(1), 42–57. <https://doi.org/10.29244/jp2wd.2023.7.1.42-57>
- First, A. Y., Barus, B., & Tjahjono, B. (2023). Ancaman Konversi Lahan Sawah Terhadap Kecukupan Beras di Kabupaten Mu. *Journal of Regional and Rural Development Planning*, 7(1), 42–57. <https://doi.org/10.29244/jp2wd.2023.7.1.42-57>
- Foody, G. M. (2020). *Explaining the unsuitability of the kappa coefficient in the assessment and comparison of the accuracy of thematic maps obtained by image classification*. 1–37.
- Hidayat, S. I., & Rofiqoh, L. L. (2020). Analisis Alih Fungsi Lahan Pertanian di Kabupaten Kediri. *Jurnal Social Economic of Agriculture*, 9(1), 59. <https://doi.org/10.26418/j.sea.v9i1.40646>
- HK, A. P., Yasa, I. W., Setyawan, F., Adiwibowo, Y., & Manggala, F. P. (2023). Dampak Alih Fungsi Lahan Sawah Dilindungi (LSD) terhadap Ketahanan Pangan Pedesaan di Kabupaten Jember. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 3(1), 10–27.
- Ikhlas, H. H., Cahyono, E. H., & Windari, S. (2024). *ANALISIS POTENSI DAN TANTANGAN PERTANIAN PADI di Kabupaten Jember (Pendekatan Triple Helix Berbasis Content Analysis)*. 105.
- Kunz, A. (2017). Misclassification and kappa-statistic: theoretical relationship and consequences in application. *Ludwig-Maximilians-Universitat Munchen Institut Fur Statistik*.
- Lasai, M. A. (2024). Dinamika Perubahan Penggunaan Lahan di Wilayah Metropolitan: Dampak Urbanisasi dan Strategi Pengelolaan Berkelanjutan. *Jurnal Jendela Pengetahuan*,

17(2), 213–227.

- Muliasari, R. M., Dina Rizkina, F., Putra Setiawan, A., Hayati, H., & Dyah Ayu Andharini Hidayatullah, N. (2022). Strategies to Improve Regional Food Security in Jember Regency. *International Social Sciences and Humanities*, 1(2), 311–318. <https://doi.org/10.32528/issn.v1i2.189>
- Munibah, K., & Firmansyah, I. (2022). Evaluate land suitability analysis for rice cultivation using a GIS-based AHP multi-criteria decision-making approach: Majalengka Regency, West Java Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1109(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1109/1/012062>
- Muqsit, F. Al, & Kurniati, R. (2024). Penilaian Komponen Kota Berkelanjutan pada Kawasan Kota Lama Semarang. *Jurnal Penataan Ruang*, June, 11. <https://doi.org/10.12962/j2716179x.v19i1.17376>
- Muzayyanah, F. (2017). *Perancangan Agrowisata Tanaman Qur’ani di Kabupaten Jember dengan Pendekatan Arsitektur Tropis*.
- Nabila, D. A. (2023). Pemodelan prediksi dan kesesuaian perubahan penggunaan lahan menggunakan Cellular Automata-Artificial Neural Network (CA-ANN). *Tunas Agraria*, 6(1), 41–55. <https://doi.org/10.31292/jta.v6i1.203>
- Nafi, A. Y., & Basuki, Y. (2019). Penentuan Kawasan Sawah Berkelanjutan. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 15(3), 214–226. <https://doi.org/10.14710/pwk.v15i3.21570>
- Noviani, R., Utomowati, R., Saputra, A. E., & Marfu’ah, I. N. (2022). Predictions of Food Security Based on Land Requirements in Sukoharjo Regency in 2032. *Braz Dent J.*, 33(1), 1–12.
- Pandangwati, S. T. (2022). Perencanaan Tata Ruang Berwawasan Pangan: Sebuah Resep Untuk Kota Berkelanjutan. *Reka Ruang*, 5(2), 100–116.
- Pangastuti, E. I., Nurdin, E. A., Yushardi, Y., & Kurnianto, F. A. (2019). *Analisis Kemampuan Klasifikasi Berbasis Objek untuk Pemetaan Perubahan Penutup Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 di Kabupaten Jember Bagian Timur*.
- Pertami, R. R. D., Eliyatningsih, E., Salim, A., & Basuki, B. (2022). Optimization of Land Use Based on Land Suitability Class for the Development of Red Chillies in Jember Regency. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 9(1), 163–170. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.1.18>
- Pontius, R. G., & Millones, M. (2011). Death to Kappa: Birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. *International Journal of Remote Sensing*, 32(15), 4407–4429. <https://doi.org/10.1080/01431161.2011.552923>
- Putra, M. R. R., & Rudiarto, I. (2018). Simulasi Perubahan Penggunaan Lahan Dengan Konsep Cellular Automata di Kota Mataram. *Jurnal Pengembangan Kota*, 6(2), 174. <https://doi.org/10.14710/jpk.6.2.174-185>
- Rizaldi, T., Putranto, H. A., Riskiawan, H. Y., Setyohadi, D. P. S., & Riaviandy, J. (2019). Decision Support System for Land Selection to Increase Crops Productivity in Jember Regency Use

- Learning Vector Quantization (LVQ). *Proceedings - 2019 International Conference on Computer Science, Information Technology, and Electrical Engineering, ICOMITEE 2019*, 1, 82–85. <https://doi.org/10.1109/ICOMITEE.2019.8921033>
- Rizani, A. (2017). Analisis Potensi Ekonomi di Sektor Dan Subsektor Pertanian, Kehutanan dan Perikanan Kabupaten Jember. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*, 15(2), 137. <https://doi.org/10.22219/jep.v15i2.5361>
- Rosyidah, B. S., Sudrajat, A., Ant, S., & Si, M. (2024). *Fenomena Perubahan Alih Fungsi Lahan Pertanian Pada Masyarakat Desa Padusan Kecamatan Pacet Kabupaten Mojokerto*. 13(3), 111–120.
- Rumabutar, D. (2024). Pembangunan Berkelanjutan di Kawasan Tropis: Desain Adaptif untuk Lingkungan Panas dan Lembab. *WriteBox*, 1–13.
- Sari, R. W. S. W. S., & Yuliani, E. (2022). Identifikasi Dampak Alih Fungsi Lahan Pertanian Ke Non Pertanian Untuk Perumahan. *Jurnal Kajian Ruang*, 1(2), 255. <https://doi.org/10.30659/jkr.v1i2.20032>
- Satriawan, P. R., Ferdinand, G. M., Satya, I. N. P., Ayu, I. G., Saci, P., Sastrawan, D., Marti, N. W., Novita, N. P., & Dewi, P. (2024). *Evaluasi dan Perbandingan Algoritma Klasifikasi dalam Analisis Penggunaan Lahan dengan Teknologi Remote Sensing: Sebuah Kajian Sistematis*. 5(2), 97–109.
- Slamet-Loedin, I. H., Purwantomo, S., Mulyaningsih, E., Verberne, M. C., Meijer, A. H., & Ouwerkerk, P. B. F. (2005). Fungus- And drought-reistant rice: Impact on agronomics and food security. *Food and Nutrition Bulletin*, 26(4), 415. <https://doi.org/10.1177/15648265050264s307>
- Suarni, N. W. (2022). Analisis Ketersediaan dan Kebutuhan Beras di Provinsi Bali Tahun 2020. *JURNAL MANAJEMEN AGRIBISNIS (Journal Of Agribusiness Management)*, 10(1), 588. <https://doi.org/10.24843/jma.2022.v10.i01.p08>
- Sukanto, I., & Prianto, Y. (2023). Ketimpangan Distribusi Tanah dan Pengaruhnya Terhadap Ketahanan Pangan. *Litigasi*, 24(1), 1–13. <https://doi.org/10.23969/litigasi.v24i1.6213>
- Sunartomo, A. F. (2015). Perkembangan Konversi Lahan Pertanian di Kabupaten Jember. *Agriekonomika*, 4(1), 22–36.
- Supriatna, J. (2023). *Pemodelan Spasial untuk Pembangunan Berkelanjutan: Wujud Kontribusi dalam Menjawab Tantangan Zaman*. Universitas Indonesia..
- Yunanto, M. A., & Susetyo, C. (2019). *Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan Akibat Pembangunan Gerbang TOL Krian dan Driyorejo di Kecamatan Driyorejo, Kabupaten Gresik*. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2).