

Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan Menggunakan Cellular Automata di Kecamatan Kedamean Kabupaten Gresik Tahun 2030

Land Use Change Prediction Using Cellular Automata in Kedamean District, Gresik Regency in 2030

Thaariq Suryanullah Surya Sanjaya,^{1*} Sayyidatul Khoiridah¹

¹ Teknik Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo, Surabaya, Indonesia

*Corresponding author: sanjayathaariq@gmail.com

Submitted: August 1, 2025 | Accepted: August 26, 2025 | Published: September 2, 2025

Abstract: Land use change in peri-urban areas is a dynamic phenomenon influenced by various social, economic, and physical factors. This study aims to analyze land use change in Kedamean District, Gresik Regency, and predict land use conditions in 2030 using a Cellular Automata-based spatial modeling approach through the MOLUSCE plugin in QGIS. Land use data from 2014, 2018, and 2022 were analyzed to identify the spatial dynamics that occurred, where an increase in built-up land area and a decrease in agricultural land, forests, and sparse vegetation was observed. Land use projections for 2026 and 2030 show a continuing trend of land conversion, especially in areas with high accessibility. Model validation was carried out using a Kappa accuracy test, which produced a correctness value of 97.44% and an overall Kappa of 0.87927, indicating that the model has high accuracy in predicting spatial change. The results of this study can be used as a reference in spatial planning and the preparation of adaptive and sustainable policies for controlling land conversion in peri-urban areas such as Kedamean District.

Keywords: Land Use Projection, Cellular Automata, MOLUSCE, Kedamean District

Abstrak: Perubahan penggunaan lahan di kawasan peri-urban merupakan fenomena yang dinamis yang dipengaruhi oleh berbagai faktor sosial, ekonomi, dan fisik wilayah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan di Kecamatan Kedamean, Kabupaten Gresik, serta memprediksi kondisi penggunaan lahan pada tahun 2030 menggunakan pendekatan pemodelan spasial berbasis *Cellular Automata* melalui plugin MOLUSCE di QGIS. Data penggunaan lahan tahun 2014, 2018, dan 2022 dianalisis untuk mengidentifikasi dinamika spasial yang terjadi, di mana teramati adanya peningkatan luas lahan terbangun dan penurunan lahan pertanian, hutan, serta vegetasi jarang. Proyeksi penggunaan lahan tahun 2026 dan 2030 menunjukkan tren konversi lahan yang berlanjut, terutama pada wilayah dengan aksesibilitas tinggi. Validasi model dilakukan dengan uji akurasi Kappa yang menghasilkan nilai correctness sebesar 97,44% dan Kappa overall sebesar 0,87927, menunjukkan bahwa model memiliki akurasi tinggi dalam memprediksi perubahan spasial. Hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi dalam perencanaan tata ruang dan penyusunan kebijakan pengendalian alih fungsi lahan yang adaptif dan berkelanjutan di kawasan peri-urban seperti Kecamatan Kedamean.

Kata Kunci: Proyeksi Penggunaan Lahan, Cellular Automata, Mollusce, Kecamatan Kedamean



Pendahuluan

Perubahan penggunaan lahan menjadi suatu fenomena dinamis yang terjadi seiring dengan pertumbuhan penduduk, perkembangan ekonomi, dan perubahan kebijakan pembangunan (Annisa & Pala, 2024). Beberapa wilayah di Indonesia, terutama daerah penyangga perkotaan, perubahan penggunaan lahan pertanian menjadi kawasan permukiman dan industri telah menjadi tren yang sulit dikendalikan (Aziz et al., 2021). Dalam konteks geografi dan perencanaan, fenomena ini tidak hanya mengubah struktur spasial suatu wilayah, tetapi juga berdampak terhadap ketahanan pangan, kualitas lingkungan, dan keseimbangan ekologi (Dhonanto et al., 2025). Dalam konteks perencanaan tata ruang, informasi mengenai perubahan penggunaan lahan menjadi komponen penting dalam mendukung pengambilan keputusan yang berkelanjutan (Silitonga & Lubis., 2024). Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan prediktif yang dapat memproyeksikan perubahan penggunaan lahan di masa depan secara spasial dan temporal. Pendekatan tersebut dapat digunakan oleh pemangku kepentingan dalam merumuskan kebijakan yang lebih responsif terhadap dinamika pemanfaatan ruang. Salah satu pendekatan yang berkembang dalam studi prediksi perubahan penggunaan lahan adalah dengan menggunakan pemodelan berbasis simulasi spasial seperti *Cellular Automata* (CA) (Putra., 2024).

Model *Cellular Automata* (CA) merupakan salah satu metode pemodelan spasial yang efektif dalam menggambarkan proses perubahan penggunaan lahan berdasarkan aturan transisi kondisi penggunaan lahan sekitar (*neighborhood*) (Sarastika et al., 2024). CA bekerja dengan prinsip bahwa perubahan pada suatu sel pixel dalam grid spasial dipengaruhi oleh keadaan sel-sel tetangganya, sehingga mampu merepresentasikan proses spasial secara realistis (Mariza et al., 2024). Model ini banyak digunakan dalam studi perencanaan wilayah, karena mampu memvisualisasikan skenario perubahan lahan dalam jangka panjang (Sarastika et al., 2023). Dengan memasukkan parameter-parameter yang mempengaruhi perubahan penggunaan lahan, seperti jarak terhadap jalan, pusat permukiman, dan kemiringan lereng, prediksi yang dihasilkan dapat mendekati realitas yang terjadi di lapangan (Laksmana et al., 2024). Berbagai studi membuktikan efektivitas CA dalam memprediksi urbanisasi dan alih fungsi lahan. Namun, karena setiap wilayah memiliki karakteristik berbeda, pemodelan perlu disesuaikan dengan konteks lokal. Oleh karena itu, penerapan CA di Kecamatan Kedamean penting untuk dikaji lebih lanjut.

Kecamatan Kedamean, yang terletak di Kabupaten Gresik, Jawa Timur, merupakan salah satu wilayah yang mengalami tekanan pembangunan cukup tinggi akibat kedekatannya dengan kawasan industri dan pertumbuhan urban Gresik (El Fuadi, 2022). Kawasan ini secara administratif terdiri dari desa-desa yang didominasi oleh lahan pertanian, namun dalam beberapa tahun terakhir mulai mengalami konversi menjadi area permukiman dan fasilitas penunjang. Aksesibilitas wilayah Kedamean yang meningkat, serta dorongan permintaan lahan akibat pertumbuhan penduduk, menyebabkan intensitas perubahan penggunaan lahan semakin signifikan. Berdasarkan data, populasi Kecamatan Kedamean meningkat dari 96.810 jiwa pada tahun 2010 menjadi 111.728 jiwa pada tahun 2020, dengan laju pertumbuhan rata-

rata 1.43% per tahun (BPS Kabupaten Gresik, 2021). Jika tidak dikelola dengan baik, alih fungsi lahan tersebut dapat menimbulkan degradasi lingkungan dan ketidaksesuaian penggunaan lahan terhadap rencana tata ruang wilayah (RTRW). Oleh karena itu, prediksi penggunaan lahan di masa mendatang, khususnya hingga tahun 2030, sangat diperlukan sebagai bahan masukan dalam perencanaan tata ruang yang adaptif. Kecamatan Kedamean menjadi objek kajian yang relevan mengingat perannya sebagai wilayah transisi antara kawasan perkotaan yang berbatasan dengan Kota Surabaya.

Prediksi perubahan penggunaan lahan dapat memberikan gambaran mengenai kecenderungan pemanfaatan tanah dan ruang di masa depan (Rahmawati & Kameswara, 2021). Informasi ini sangat berguna dalam merumuskan strategi pengendalian pemanfaatan tanah dan ruang serta penyusunan kebijakan pembangunan yang berbasis bukti, misalnya sebagai dasar dalam kebijakan revisi atau peninjauan kembali (PK) RTRW existing agar lebih adaptif terhadap dinamika perubahan penggunaan lahan. Dalam hal ini, pendekatan pemodelan spasial menjadi instrumen yang mampu menyajikan simulasi perubahan penggunaan lahan ke depan secara visual dan kuantitatif (Jepril et al., 2025). Model *Cellular Automata* memiliki keunggulan dalam mendeteksi potensi pertumbuhan spasial dengan memperhatikan pengaruh lingkungan sekitar (Lestari & Salim., 2020). Selain itu, integrasi CA dengan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat menghasilkan prediksi penggunaan lahan masa depan yang efektif dan efisien. Dengan demikian, hasil prediksi tidak hanya bersifat deskriptif, melainkan juga aplikatif dalam konteks perencanaan wilayah. Oleh karena itu, pemanfaatan CA dalam studi ini diarahkan untuk menghasilkan peta proyeksi perubahan penggunaan lahan di Kedamean tahun 2030.

Penelitian terdahulu banyak menggunakan Cellular Automata (CA) untuk memodelkan perubahan penggunaan lahan dengan akurasi tinggi. Misalnya, studi oleh Mirnayani, (2021) yang mengkaji perubahan lahan di Kota Makassar dan Ardiyanto, (2024) yang mengkaji prediksi perubahan lahan di Kota Semarang yang menunjukkan bahwa integrasi CA dengan data spasial historis dapat merepresentasikan pola urbanisasi secara dinamis. Namun demikian, sebagian besar studi tersebut berfokus pada kawasan urban besar, sementara penerapan model ini di wilayah transisi seperti Kecamatan Kedamean yang memiliki karakteristik semi-perdesaan dan berada di bawah tekanan pembangunan industri masih terbatas. Banyak penelitian sebelumnya telah menggunakan pendekatan *Cellular Automata–Artificial Neural Network* (CA-ANN) pada skala kecamatan, namun penelitian ini difokuskan pada identifikasi faktor pendorong dan penghambat perubahan penggunaan lahan di Kecamatan Kedamean, Kabupaten Gresik. Keunikan Kedamean ada pada posisinya sebagai penyangga perkotaan dengan tekanan urbanisasi dari Surabaya dan Gresik, serta kombinasi fungsi pertanian produktif dan perkembangan permukiman baru. Dinamika ini membedakan Kedamean dari kecamatan lain maupun wilayah sekitar.

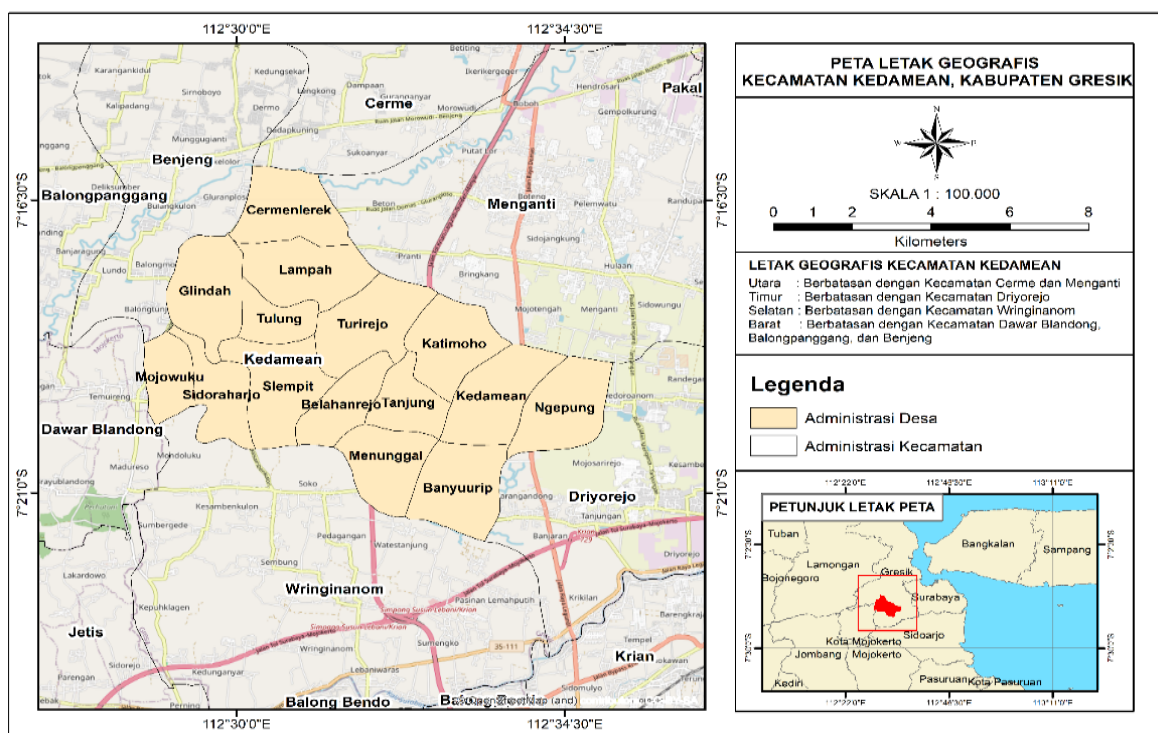
Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memprediksi perubahan penggunaan lahan di Kecamatan Kedamean, Kabupaten Gresik, hingga tahun 2030 menggunakan pendekatan Cellular Automata. Penelitian ini juga bertujuan untuk

mengidentifikasi pola alih fungsi lahan yang terjadi serta faktor-faktor yang memengaruhinya. Melalui analisis spasial dan pemodelan prediktif, diharapkan diperoleh informasi yang relevan untuk mendukung perencanaan tata ruang di tingkat lokal. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan tidak hanya berguna bagi perencana wilayah, tetapi juga bagi pihak-pihak yang berkepentingan seperti pemerintah kabupaten dalam pengelolaan lahan dan pembangunan daerah. Selanjutnya, temuan dari penelitian ini diharapkan menjadi dasar penyusunan strategi pengendalian pemanfaatan lahan di masa depan. Sehingga pembangunan dapat berlangsung secara berkelanjutan, efisien, dan berbasis spasial.

Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Kedamean, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Secara geografis, wilayah ini berciri pedesaan namun mulai mendapat tekanan pembangunan dari arah industri dan perkotaan Kecamatan Kedamean terdiri atas beberapa desa dengan dominasi lahan pertanian. Dalam beberapa tahun terakhir, terjadi konversi lahan menjadi permukiman, jasa, dan fasilitas umum. Lokasi dipilih karena intensitas perubahan penggunaan lahan yang tinggi dan kebutuhan perencanaan ruang berbasis prediksi. Secara administratif, Kedamean memiliki aksesibilitas tinggi terhadap pusat kota Gresik dan wilayah sekitarnya, menjadikannya sebagai wilayah transisi yang potensial untuk studi dinamika spasial. Selain itu, ketersediaan data yang cukup lengkap mendukung dan potensi penerapan hasil prediksi untuk perencanaan tata ruang tingkat lokal. Peta lokasi kajian disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian
Sumber: Olah Data Penulis., 2025

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan beberapa perangkat lunak dan data spasial sebagai alat dan bahan utama dalam proses analisis. Perangkat lunak yang digunakan antara lain ArcGIS 10.8 untuk pengolahan dan analisis data spasial, serta QGIS 3.44 untuk melakukan simulasi perubahan penggunaan lahan menggunakan model *Cellular Automata* (CA). Selain itu, *Google Earth* digunakan sebagai pembanding visual untuk validasi interpretasi visual penggunaan lahan. Bahan yang digunakan berupa data citra satelit multi-temporal dari tahun 2014, 2018, dan 2022, yang diperoleh dari Global Land Cover Classification System 30-meter (GLC-FCS30D), data tersebut merupakan produk klasifikasi tutupan lahan global yang dihasilkan dari *time-series* citra Landsat dengan resolusi 30 meter. Data pendukung lainnya mencakup peta administrasi kecamatan dan jaringan jalan yang diperoleh dari Peta RBI – Badan Informasi Geospasial (BIG) tahun 2024. Seluruh data ini digunakan sebagai input dalam proses klasifikasi, analisis transisi, dan simulasi prediksi perubahan penggunaan lahan tahun 2030. Data pada penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel berikut ini.

Tabel 1. Data Penelitian

No	Data	Tahun	Sumber Data
1.	Penggunaan Lahan	2014	GLC-FCS30D (<i>Global Land Cover Classification System 30-meter</i>)
2.	Penggunaan lahan	2018	GLC-FCS30D (<i>Global Land Cover Classification System 30-meter</i>)
3.	Penggunaan lahan	2022	GLC-FCS30D (<i>Global Land Cover Classification System 30-meter</i>)
4.	Administrasi Kecamatan	2024	Peta RBI – Badan Informasi Geospasial
5.	Jalan	2024	Peta RBI – Badan Informasi Geospasial

Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan model Cellular Automata (CA), yang merupakan pendekatan pemodelan spasial berbasis grid dan sel. Pengolahan data dimulai dengan mengunduh data yang dibutuhkan, data penggunaan lahan dan jalan diolah di *software* ArcGis 10.8 untuk diubah format dari polygon ke raster. Data raster dimasukkan dalam *software* QGIS 3.44 untuk dilakukan pemrosesan prediksi penggunaan lahan menggunakan *tools Mollusce*. Data penggunaan lahan tahun 2014, 2018, dan 2022 menghasilkan prediksi penggunaan lahan tahun 2026 dan 2030. Pengukuran akurasi dilakukan menggunakan nilai *Kappa statistic* dan *Overall Accuracy* untuk menilai sejauh mana model mampu merepresentasikan kondisi nyata. Validasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa hasil prediksi penggunaan lahan tahun 2030 memiliki dasar perhitungan yang andal dan dapat dijadikan acuan dalam perencanaan spasial. Dalam konteks perubahan penggunaan lahan, model CA mampu meniru proses alih fungsi lahan secara bertahap berdasarkan pola perubahan historis dan pengaruh faktor spasial seperti jarak ke jalan, kemiringan, dan jarak ke pusat permukiman. Untuk mendukung model ini, digunakan data penggunaan lahan tahun 2014, 2018 dan 2022 sebagai input dasar, yang diperoleh melalui

klasifikasi citra satelit menggunakan metode supervised classification. Data tersebut kemudian digunakan untuk membentuk matriks transisi dan probabilitas perubahan lahan sebagai fondasi dalam pemodelan CA.

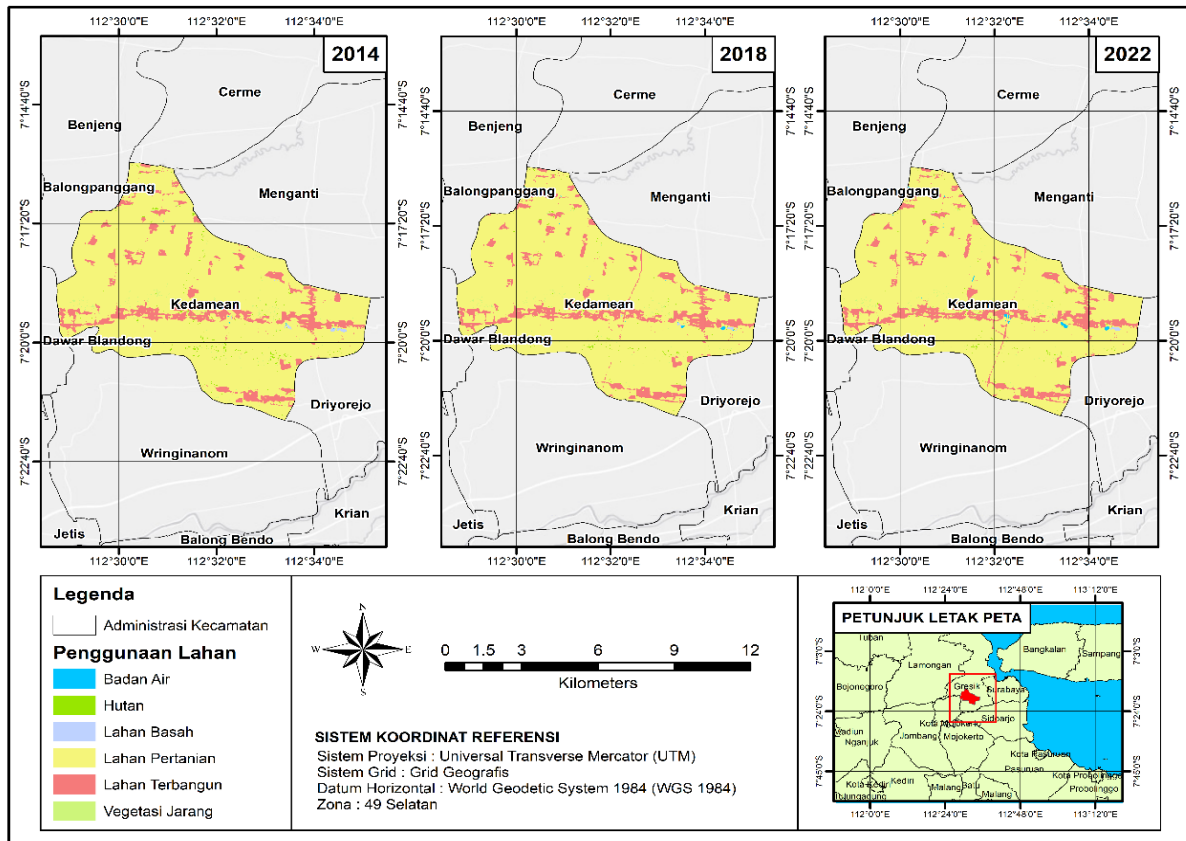
Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini difokuskan pada identifikasi pola dan tren perubahan penggunaan lahan di Kecamatan Kedamean hingga tahun 2030 dengan memanfaatkan pendekatan geografi, khususnya analisis pola spasial (*spatial pattern analysis*). Melalui hasil simulasi model *Cellular Automata* (CA), dilakukan penelaahan mengenai distribusi spasial lahan terbangun, pertanian, dan kategori penggunaan lahan lainnya untuk menemukan struktur perubahan ruang yang terjadi. Analisis ini mencakup pemetaan sebaran, intensitas, serta arah ekspansi penggunaan lahan, terutama kecenderungan pertumbuhan lahan terbangun di sepanjang koridor jalan utama dan pusat aktivitas. Pendekatan ini memungkinkan interpretasi mengenai bagaimana dinamika penggunaan lahan membentuk pola ruang baru, serta bagaimana pola tersebut mencerminkan interaksi antara faktor pengendali dan proses urbanisasi. Selain itu, analisis dilakukan dengan membandingkan perubahan relatif antar kelas penggunaan lahan pada periode 2014, 2018, 2022 serta proyeksi tahun 2026 dan 2030, sehingga dapat diketahui struktur perubahan dan kecenderungan jangka panjangnya. Dengan demikian, hasil analisis tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga mampu mengungkap struktur spasial yang mendasari dinamika perubahan penggunaan lahan serta relevansinya dalam konteks teori geografi dan perencanaan wilayah.

Hasil dan Pembahasan

Pola Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2014, 2018, dan 2022

Perubahan penggunaan lahan di Kecamatan Kedamean selama periode 2014 hingga 2022 menunjukkan dinamika spasial yang relevan. Berdasarkan hasil pengolahan data, dapat diamati adanya peningkatan lahan terbangun per 4 tahun, yang secara langsung memengaruhi penurunan luasan lahan pertanian dan jenis tutupan lainnya. Pola perubahan ini menjadi indikator penting adanya tekanan urbanisasi yang meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan aktivitas pembangunan di kawasan pinggiran Kabupaten Gresik seperti Kecamatan Kedamean. Kecamatan Kedamean yang secara geografis berada di antara kawasan industri dan permukiman baru mengalami transformasi fungsi ruang, terutama pada wilayah yang memiliki aksesibilitas tinggi. Untuk mendapatkan gambaran visual terhadap pola perubahan tersebut, disajikan hasil pengolahan peta penggunaan lahan tahun 2014, 2018, dan 2022 pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Peta Penggunaan Lahan Tahun 2014. 2018. dan 2022 di Kecamatan Kedamean
Sumber: Olah Data Penulis, 2025

Berdasarkan hasil interpretasi peta pada gambar 2, lahan pertanian masih mendominasi penggunaan lahan pada tahun 2014, 2018, dan 2022, namun mengalami penyusutan dari tahun ke tahun. Lahan terbangun terlihat terus berkembang, terutama menyebar dari pusat-pusat desa dan sepanjang jaringan jalan. Pada tahun 2014, lahan terbangun terkonsentrasi di wilayah tengah, namun pada tahun 2022 telah menyebar lebih luas ke arah barat dan timur Kedamean. Wilayah dengan vegetasi jarang dan lahan basah cenderung mengalami penurunan luas, menunjukkan adanya konversi ke bentuk pemanfaatan lahan yang lebih intensif. Sementara itu, distribusi hutan dan badan air relatif kecil dan tidak mengalami perubahan signifikan. Perubahan pola spasial ini menggambarkan proses urbanisasi yang gradual namun terstruktur.

Table 2. Luas Penggunaan Lahan Tahun 2014, 2018. dan 2024 di Kecamatan Kedamean

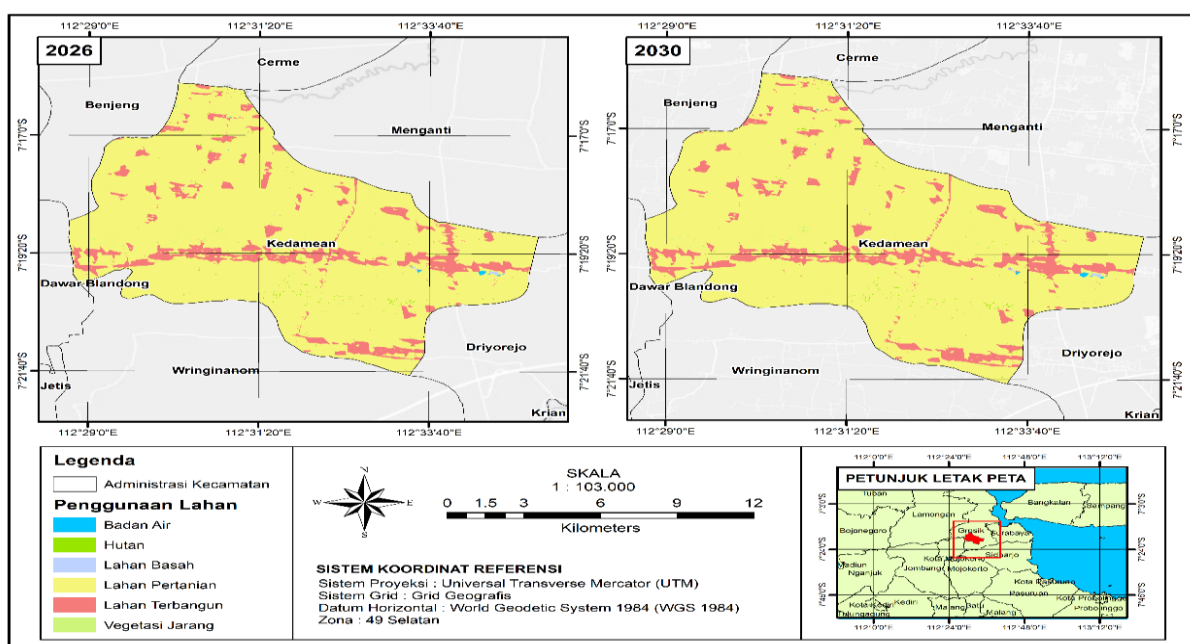
Penggunaan Lahan	Luas (Ha)		
	2014	2018	2022
Badan Air	1.25	4.63	11.37
Hutan	30.98	17.17	15.13
Lahan Basah	8.02	5.24	4.46
Lahan Pertanian	5676.62	5667.54	5617.81
Lahan Terbangun	655.06	685.82	720.55
Vegetasi Jarang	28.52	19.82	31.19

Sumber: Olah Data Penulis., 2025

Berdasarkan tabel 2 diatas, Analisis numerik terhadap luas penggunaan lahan memperkuat temuan spasial. Tercatat bahwa lahan pertanian mengalami penurunan dari 5.676,62 hektar pada tahun 2014 menjadi 5.617,81 hektar pada tahun 2024. Sebaliknya, lahan terbangun meningkat dari 655,06 hektar menjadi 720,55 hektar pada periode yang sama. Meskipun angka perubahan tampak moderat, pola ini menunjukkan kecenderungan alih fungsi lahan yang stabil dan terus berlangsung. Penurunan luas hutan yang cukup tajam dari 30,98 hektar pada 2014 menjadi 15,13 hektar pada 2024 juga menjadi perhatian, karena dapat memengaruhi keseimbangan ekosistem lokal. Selain itu, vegetasi jarang menunjukkan peningkatan kecil sebagai indikasi konversi awal atau peralihan lahan belum terbangun secara permanen (Wibisono et al., 2023). Secara keseluruhan, Kecamatan Kedamean menunjukkan dinamika penggunaan lahan yang mengarah pada dominasi fungsi permukiman dan penurunan fungsi ekologis.

Proyeksi Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2030

Prediksi penggunaan lahan penting untuk memahami alih fungsi lahan di wilayah dengan tekanan pembangunan tinggi seperti Kecamatan Kedamean (Ayuningtias et al., 2025). Dengan menggunakan pendekatan pemodelan spasial berbasis *Cellular Automata* melalui MOLUSCE, dilakukan proyeksi penggunaan lahan untuk tahun 2026 dan 2030. Pemodelan ini mempertimbangkan perubahan historis antara tahun 2014 hingga 2022, serta faktor pengendali seperti jarak terhadap jalan, kemiringan lereng, dan kedekatan dengan kawasan terbangun. Tujuan utama dari proyeksi ini adalah untuk mengidentifikasi pola perubahan penggunaan lahan ke depan yang dapat dijadikan dasar dalam penyusunan strategi pengelolaan ruang yang berkelanjutan. Hasil proyeksi ini juga menjadi indikator dalam merumuskan kebijakan yang adaptif terhadap dinamika pertumbuhan wilayah dan tekanan urbanisasi. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Proyeksi Penggunaan Lahan Tahun 2026 dan 2030
Sumber: Olah Data Penulis., 2025

Table 3. Luas Proyeksi Penggunaan Lahan Tahun 2026 dan 2030

Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	
	2026	2030
Badan Air	3.86	3.86
Hutan	11.75	11.75
Lahan Basah	4.25	4.25
Lahan Pertanian	5668.41	5663.93
Lahan Terbangun	697.50	701.92
Vegetasi Jarang	12.77	12.82

Sumber: Olah Data Penulis, 2025

Berdasarkan hasil prediksi, diketahui bahwa luas lahan terbangun mengalami peningkatan dari 697,50 hektar pada tahun 2026 menjadi 701,92 hektar pada tahun 2030. Peningkatan ini menunjukkan adanya ekspansi kawasan terbangun yang cukup stabil di wilayah Kecamatan Kedamean. Sementara itu, lahan pertanian mengalami penurunan dari 5668,41 hektar menjadi 5663,93 hektar dalam periode yang sama. Meskipun penurunan ini tidak terlalu signifikan, namun menggambarkan adanya konversi lahan yang terus berlanjut secara bertahap. Jenis penggunaan lahan lainnya seperti badan air, hutan, lahan basah, dan vegetasi jarang tidak menunjukkan perubahan luas yang mencolok, mengindikasikan bahwa dinamika perubahan lebih terkonsentrasi antara lahan pertanian dan lahan terbangun.

Tabel 4. Perubahan Luas Penggunaan Lahan Tahun 2014 dan 2030

Penggunaan Lahan	Perubahan Luas (Hektar)	
	2014	2030
Badan Air	1.25	3.86
Hutan	30.98	11.75
Lahan Basah	8.02	4.25
Lahan Pertanian	5676.62	5663.93
Lahan Terbangun	655.06	701.92
Vegetasi Jarang	28.52	12.82

Sumber: Olah Data Penulis, 2025

Jika dibandingkan dengan kondisi awal tahun 2014, maka terjadi perubahan yang cukup nyata pada beberapa kategori penggunaan lahan hingga tahun 2030. Lahan pertanian mengalami penurunan dari 5676,62 hektar menjadi 5663,93 hektar atau berkurang sebesar 12,69 hektar. Lahan terbangun mengalami peningkatan dari 655,06 hektar menjadi 701,92 hektar, yang berarti terdapat konversi sebesar 46,86 hektar selama kurun waktu 16 tahun. Selain itu, luas hutan mengalami penurunan signifikan dari 30,98 hektar pada 2014 menjadi 11,75 hektar pada 2030, menunjukkan potensi ancaman terhadap kualitas lingkungan dan keberlanjutan ekosistem setempat. Temuan ini menjadi dasar penting dalam menyusun kebijakan tata ruang yang lebih konservatif terhadap lingkungan dan mengedepankan prinsip pembangunan berkelanjutan yang mempertimbangkan aspek spasial dan temporal (Rif'ati et al., 2023).

Perubahan penggunaan lahan tersebut menunjukkan adanya tren urbanisasi yang terus meningkat di Kecamatan Kedamean. Peningkatan lahan terbangun meskipun dalam angka absolut terlihat kecil, namun secara spasial memperlihatkan kecenderungan menyebar ke wilayah yang sebelumnya didominasi oleh lahan pertanian dan vegetasi jarang. Hal ini mengindikasikan tekanan terhadap ruang terbuka hijau dan produktivitas lahan pertanian, terutama di area yang memiliki aksesibilitas tinggi terhadap jaringan jalan. Penurunan luas hutan secara drastis juga mencerminkan lemahnya upaya konservasi dan perlindungan kawasan lindung, yang berpotensi memicu degradasi lingkungan dalam jangka panjang. Oleh karena itu, integrasi antara perencanaan spasial berbasis data dan pengendalian perubahan lahan menjadi langkah strategis yang perlu diperkuat untuk memastikan keseimbangan antara pembangunan dan pelestarian lingkungan.

Validasi Model Menggunakan Uji Akurasi Kappa

Tabel 5. Hasil Uji Akurasi Model

Hasil Uji Akurasi Kappa	
% of Correctness	97.4431
Kappa (Overall)	0.87927
Kappa (Histogram)	0.97018
Kappa (Location)	0.9063

Sumber: Olah Data Penulis., 2025

Validasi model prediksi perubahan penggunaan lahan sangat penting untuk menilai sejauh mana hasil simulasi dapat dipercaya (Hidayat et al., 2024). Dalam penelitian ini, validasi dilakukan dengan menggunakan uji akurasi Kappa untuk membandingkan antara hasil simulasi tahun 2022 dengan data aktual tahun 2022 yang dapat dilihat pada tabel 3. Nilai persentase kesesuaian (*percentage of correctness*) mencapai 97,44%, yang menunjukkan bahwa prediksi memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi. Sementara itu, nilai *Kappa overall* sebesar 0,87927 mengindikasikan adanya tingkat kesesuaian yang sangat baik antara prediksi dan kenyataan, karena nilai tersebut mendekati angka 1. Hal ini memperlihatkan bahwa model mampu merepresentasikan distribusi spasial perubahan penggunaan lahan secara akurat, baik dari segi lokasi maupun kuantitas.

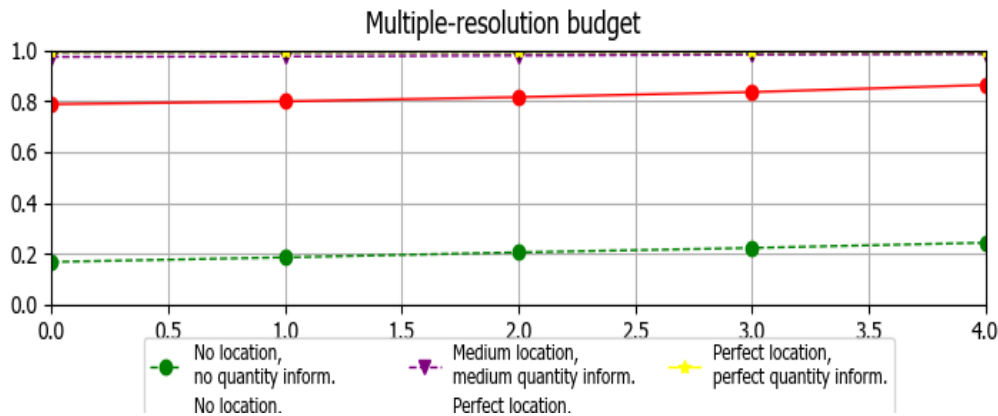
Tabel 6. Klasifikasi Koefisien Kappa

Nilai Koefisien 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

Nilai Kappa histogram sebesar 0,97018 menunjukkan bahwa kesesuaian kuantitas perubahan penggunaan lahan juga sangat tinggi. Ini berarti, model tidak hanya tepat dalam memetakan lokasi perubahan, tetapi juga mampu mempertahankan jumlah atau proporsi perubahan antar kelas penggunaan lahan secara realistis. Nilai Kappa location sebesar 0,9063

memperkuat temuan ini, dengan menegaskan bahwa pemodelan spasial yang digunakan mampu mendeteksi lokasi perubahan dengan ketelitian tinggi. Ketiga indikator Kappa ini mendukung kesimpulan bahwa model Cellular Automata berbasis Artificial Neural Network (ANN) yang digunakan dalam MOLUSCE bekerja secara optimal dalam memprediksi dinamika penggunaan lahan di Kecamatan Kedamean.



Gambar 4. Grafik *Multiple-resolution Budget*

Berdasarkan gambar 6 diatas, grafik *multiple-resolution budget* pada hasil validasi menunjukkan bahwa simulasi yang dilakukan cenderung mendekati kondisi ideal (perfect location and quantity information). Hal ini dapat diamati dari kurva merah yang stabil di atas 0,8, serta garis kuning dan ungu yang menunjukkan bahwa kualitas informasi kuantitas dan lokasi tergolong tinggi. Ketepatan model dalam merepresentasikan pola perubahan lahan di berbagai resolusi spasial memperkuat argumentasi bahwa pendekatan ini layak digunakan dalam perencanaan tata ruang di masa mendatang. Dengan hasil validasi yang kuat ini, proyeksi penggunaan lahan tahun 2030 dapat dipertanggungjawabkan sebagai masukan kebijakan dalam pengendalian pemanfaatan ruang.

Implikasi Terhadap Perencanaan Tata Ruang dan Pengendalian Alih Fungsi Lahan

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya dinamika perubahan penggunaan lahan yang cukup signifikan di Kecamatan Kedamean selama periode 2014 hingga 2022, serta prediksi hingga tahun 2030. Berdasarkan peta penggunaan lahan tahun 2014, 2018, dan 2022, diketahui bahwa konversi lahan pertanian menjadi lahan terbangun merupakan bentuk perubahan yang paling dominan. Hal ini sejalan dengan peningkatan pembangunan infrastruktur dan pertumbuhan penduduk di kawasan penyangga perkotaan seperti Kedamean. Secara kuantitatif, lahan terbangun terus mengalami peningkatan luas, sementara lahan basah, hutan, dan vegetasi jarang mengalami penurunan, yang menandakan adanya tekanan ekologis terhadap kawasan hijau (Aldzahabi et al., 2022). Kondisi ini berpotensi menurunkan daya dukung lingkungan serta dapat mengganggu fungsi hidrologis dan ekosistem lokal. Oleh karena itu, pemetaan dan analisis perubahan penggunaan lahan ini penting untuk dijadikan masukan dalam penyusunan RTRW dan RDTR Kecamatan Kedamean, terutama dalam penetapan zona lindung, kawasan budidaya, dan pengendalian kawasan terbangun. Integrasi hasil penelitian dengan dokumen tata ruang akan memperkuat kebijakan

pengendalian alih fungsi lahan dan memberikan arah pembangunan yang lebih berkelanjutan serta sesuai dengan kondisi spasial aktual di lapangan.

Prediksi penggunaan lahan tahun 2026 dan 2030 yang dihasilkan melalui pemodelan *Cellular Automata* menunjukkan arah perubahan spasial yang cenderung melanjutkan tren historis sebelumnya. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa lahan terbangun akan terus meningkat, terutama di wilayah yang memiliki aksesibilitas tinggi seperti di sepanjang jaringan jalan utama. Di sisi lain, lahan pertanian mengalami penurunan meskipun dalam skala yang relatif kecil, namun akumulasi jangka panjangnya tetap berpotensi mengganggu ketahanan pangan lokal (Ariani & Suryana., 2023). Proyeksi ini didukung oleh grafik perubahan luas yang memperlihatkan pola stabil namun konsisten dalam ekspansi kawasan terbangun. Dengan mengintegrasikan hasil ini dalam proses perencanaan tata ruang, pemerintah daerah diharapkan mampu menyusun kebijakan pengendalian pemanfaatan ruang yang berbasis data dan lebih adaptif terhadap dinamika pembangunan. Hasil prediksi ini juga penting sebagai dasar dalam menentukan zona lindung, kawasan budidaya, serta dalam menyusun dokumen-dokumen rencana pembangunan jangka menengah maupun panjang di tingkat kecamatan (Setiawan et al., 2025).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis spasial dan temporal yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Kecamatan Kedamean mengalami perubahan penggunaan lahan yang cukup relevan dari tahun 2014 hingga 2022 dan diproyeksikan berlanjut hingga tahun 2030. Lahan terbangun mengalami peningkatan yang stabil, sementara lahan pertanian, hutan, dan vegetasi jarang menunjukkan tren penurunan akibat tekanan urbanisasi dan pembangunan infrastruktur. Model prediksi berbasis *Cellular Automata* yang divalidasi melalui uji akurasi Kappa menunjukkan hasil yang sangat baik, dengan nilai-nilai Kappa correctness sebesar 97,44% dan Kappa overall sebesar 0,87927 serta grafik *multiple-resolution budget* yang mendekati kondisi ideal. Hal ini memperkuat efektivitas model dalam memprediksi dinamika penggunaan lahan. Oleh karena itu, hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar penting dalam perencanaan tata ruang yang berkelanjutan, pengendalian alih fungsi lahan, serta perlindungan kawasan lindung di wilayah Kedamean agar tercipta keseimbangan antara kebutuhan pembangunan dan pelestarian lingkungan.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada program studi Teknik Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Dr Soetomo Surabaya, dan Dosen Pembimbing yang telah mendukung, memberi saran, membimbing penulis sehingga penelitian ini bisa terlaksana dengan baik dan diharapkan dapat memberikan kontribusi positif.

Daftar Pustaka

- Aldzahabi, M. A., Abrari, F. H., & Wibowo, A. F. (2024). Identifikasi Pengaruh Vegetasi dan Kepadatan Bangunan Kabupaten Klaten Terhadap Perubahan Suhu Melalui Citra Landsat-8 LST, NDVI, dan NDBI. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(1), 5710-5725. <https://doi.org/10.31004/innovative.v4i1.8516>
- Annisa, L. H., & Pala, A. (2024). Rancangan Simulasi Sistem Dinamis Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dan Penyusutan Lahan Sawah Terhadap Produksi Pangan di Kabupaten Bantul. *Journal of Agribusiness Science and Rural Development*, 4(1), 1-12. <https://doi.org/10.32639/dkpvgm96>.
- Ardiyanto, D. (2024). Model Spasial Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan Koridor Solo-Semarang Tahun 2011-2031. <https://digilib.uns.ac.id/dokumen/detail/119520/>
- Ariani, M., & Suryana, A. (2023). Kinerja ketahanan pangan Indonesia: pembelajaran dari penilaian dengan kriteria global dan nasional. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 21 (1), 1-20. <https://doi.org/10.21082/akp.v21i1.1-20>
- Ayuningtias, G. M., Istanabi, T., & Rini, E. F. (2025). Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan pada Kawasan Pertanian Pangan Berkelanjutan di Suburban Selatan Kota Surakarta Menggunakan Pemodelan Spasial. *Desa-Kota: Jurnal Perencanaan Wilayah, Kota, dan Permukiman*, 7(1), 175-187. <https://doi.org/10.20961/desa-kota.v7i1.91166.175-187>
- Aziz, R., Suherman, S., & Mirajiani, M. (2021). Analisis Kebijakan Perlindungan Lahan Pertanian Berkelanjutan Dalam Rangka Mengendalikan Alih Fungsi Lahan Di Kota Serang. *Jurnal Ilmu Pertanian Tirtayasa*, 3(2). <http://dx.doi.org/10.33512/jipt.v3i2.13740>.
- Badan Pusat Statistik (2021). *Kecamatan Kedamean dalam Angka 2021*. BPS Kabupaten Gresik. <https://gresikkab.bps.go.id>
- Dhonanto, D., Darma, S., Mulyadi, M., Imang, N., Fahrunsyah, F., Nurhasanah, N., ... & Nugroho, B. A. (2025). Solusi Pangan Berkelanjutan Atau Ancaman Ekologi? Menimbang Praktik Perladangan Berpindah. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 12(2), 301-310. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2025.012.2.8>
- El Fuadi, M. B. (2022). Analisis Penataan Ruang Perkotaan di Kabupaten Gresik Tahun 2019-2024. *As-Siyasah: Jurnal Ilmu Sosial dan Ilmu Politik*, 7(2), 78-88. <http://dx.doi.org/10.31602/as.v7i2.7190>
- Hidayat, A., Asra, R., Thamrin, N. T., & Mubarak, H. (2024). Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan Sawah Di Wilayah Hilir Das Bila Tahun 2036. *Jurnal Agritechno*, 205-216. <https://doi.org/10.70124/at.v17i2.1423>
- Jepril, J., Melo, R. H., Pambudi, M. R., & Asrul, A. (2025). Kajian Geospasial Untuk Pengembangan Fasilitas Pendukung Destinasi Wisata di Gorontalo: Literatur Review. *Jurnal Riset dan Pengabdian Interdisipliner*, 2(2), 362-368. <https://doi.org/10.37905/jrpi.v2i2.31498>
- Kunz, A. (2017). Misclassification and kappa-statistic: theoretical relationship and consequences in application. *Ludwig-Maximilians-Universitat Munchen Institut Fur Statistik*.

- Laksmiana, MB, Zakaria, A., Novianti, TC, & Armijon, A. (2024). Analisis Prediksi Perubahan Tutup Lahan Tahun 2033 Menggunakan Metode Cellular Automata Dan Regresi Logistik. *Jurnal Studi Plano* , 1 (2), 94-103. <https://doi.org/10.36982/jops.v1i2.4974>
- Lestari, D. A., & Salim, H. (2020). Efektivitas Pemodelan Automata Seluler Untuk Prediksi Area Yang Dibangun di Wilayah Pesisir Kota Bengkulu. *Jurnal Kemaritiman: Indonesian Journal of Maritime*, 1(1), 15-24. <https://doi.org/10.17509/ijom.v1i1.24633>
- Marliza, S. P., & Ahmad, D. (2024). Model Cellular Automata untuk Masalah Evakuasi Pedestrian di Gedung Terpadu FMIPA UNP dengan Mempertimbangkan Kepanikan. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 12(1), 101-109. <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v12n1.p101-109>
- Mirnayani, M. (2021). *Prediksi Surface Urban Heat Island Intensity (SUHII) Berdasarkan Analisis Citra Landsat Multitemporal Menggunakan Cellular Automata di Kota Makassar= Prediction of Surface Urban Heat Island Intensity (SUHII) Based on Multitemporal Landsat Imagery Analysis Using Cellular Automata in Makassar City* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin). <https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/16522/>
- Rahmawati, T., & Kameswara, B. (2021). Tekanan Permukiman Perkotaan Terhadap Pertanian Dalam Dinamika Penggunaan Lahan Dengan Pendekatan Pemodelan Spasial (Studi Kasus: SWK GEDEBAGE). *Creative Research Journal*, 7(02), 51-64. <https://doi.org/10.34147/crj.v7i2.297>
- Riatma, G. P. (2022). Pemodelan Propagasi Kebakaran di Ruang Tertutup Menggunakan Multiple State Variables Cellular Automata. *CYCLOTRON*, 5(2). <https://doi.org/10.30651/cl.v5i2.13039>
- Putra, P. (2024). Prediksi Perubahan Area Pertambangan Batubara Di Kabupaten Muara Enim dan Sekitarnya Menggunakan Cellular Automata. *Jurnal Ilmiah Teknik dan Sains*, 2(2), 52-56. <https://doi.org/10.62278/jits.v2i2.42>
- Rif'ati, N. A., Nurlaela, S., & Susetyo, C. (2023). Prediksi perubahan penggunaan lahan kawasan perbatasan Kabupaten Tuban– Kabupaten Bojonegoro menggunakan GIS. *Region: Jurnal Pembangunan Wilayah dan Perencanaan Partisipatif*, 18(1), 109-122. <https://doi.org/10.20961/region.v18i1.57383>
- Sarastika, T., Saraswati, Y., Triyadi, R. A., & Susena, Y. (2024). Pemodelan prediksi konversi penggunaan lahan berbasis ann-ca di wilayah peri-urban Kabupaten Sleman. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 11(1), 161-173. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2024.011.1.18>
- Sarastika, T., Susena, Y., & Kurniawan, D. (2023). Prediksi Konversi Lahan Pertanian Berbasis Artificial Neural Network-Cellular Automata (ANN-CA) di Kawasan Sleman Barat. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 10(2), 471-482. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2023.010.2.30>
- Setiawan, W., Habibi, A., Setiawan, A. R., Nathanael, C., Silvia, N., & Wahyudi, A. (2025). Analisis Proyeksi Penggunaan Lahan Sawah untuk Kebutuhan dan Ketersediaan Beras di

- Kabupaten Jember Tahun 2032. *Tunas Agraria*, 8(2), 219-235.
<https://doi.org/10.31292/jta.v8i2.440>
- Silitonga, D. A., & Lubis, R. P. (2024). Studi Komparasi Penggunaan Dan Pemanfaatan Software Sistem Informasi Geografis (SIG) Dalam Analisis Penggunaan Lahan Dan Kesesuaian Lahan (Studi Kasus: Kawasan Perkotaan dan Perdesaan). *Jurnal Teknovasi*, 11(02), 19-33. <https://doi.org/10.55445/jt.v11i02.193>
- Tarumingkeng, F. A., Kapantow, G. H., & Pakasi, S. E. (2023). Perancangan Model Spasial Kawasan Permukiman Perkotaan Berbasis Cellular Automata Di Kabupaten Minahasa Selatan. *AGRI-SOSIOEKONOMI*, 19(1), 669-680.
<https://doi.org/10.35791/agrsosek.v19i1.46893>
- Wibisono, P., Miladan, N., & Utomo, R. P. (2023). Hubungan Perubahan Kerapatan Vegetasi dan Bangunan terhadap Suhu Permukaan Lahan: Studi Kasus di Aglomerasi Perkotaan Surakarta. *Desa-Kota: Jurnal Perencanaan Wilayah, Kota, dan Permukiman*, 5(1), 148-162. <https://doi.org/10.20961/desa-kota.v5i1.63639.148-162>