

Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2034 Dengan Permodelan Cellular Automata Di Kabupaten Semarang

Alfayra Nabila Zahrayni^{1*}, Tjaturahono Budi Sanjoto¹, Rahma Hayati¹, Dan Ariyani Indrayati¹

¹Program Studi Geografi, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

*E-mail: alfayranabilaz@students.unnes.ac.id

Received: 25 12 2024 / Accepted: 21 07 2025 / Published online: 24 07 2025

ABSTRAK

Perubahan penggunaan lahan mencerminkan dinamika pertumbuhan suatu wilayah yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia yang terus berkembang. Kabupaten Semarang, salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Tengah, saat ini menghadapi banyak perubahan penggunaan lahan akibat suburbanisasi serta peningkatan jumlah dan kepadatan penduduk setiap tahunnya. Penelitian ini bertujuan memprediksi perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Semarang sebagai dasar dalam mengidentifikasi potensi ketidaksesuaian dengan RTRW, mengacu pada adanya pembaharuan RTRW sebelum akhir masa berlakunya. Untuk memahami perubahan ini, diperlukan analisis berbasis spasial dengan memanfaatkan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Penginderaan Jauh guna memetakan perubahan penggunaan lahan pada tahun 2013, 2018, dan 2024. Pendekatan ini kemudian dikombinasikan dengan model Cellular Automata (CA) dan regresi logistik untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi perubahan tersebut sekaligus memprediksi pola perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Semarang hingga tahun 2034. Hasil penelitian memperkirakan bahwa pada tahun 2034 akan terjadi peningkatan luas lahan terbangun sebesar 9.315,83 ha dan lahan pertanian sebesar 9.054,79 ha, sementara luas lahan hutan dan konservasi diperkirakan berkurang sebesar 18.433 ha, serta badan air mengalami penyusutan seluas 53,94 ha. Hasil prediksi ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam penyusunan kebijakan tata ruang yang lebih adaptif dan selaras dengan kondisi lapangan.

Kata Kunci: Perubahan Penggunaan Lahan, Prediksi Penggunaan Lahan, Cellular Automata

ABSTRACT

Land use changes reflect the dynamic growth of a region driven by continuously evolving human activities. Semarang Regency, located in Central Java Province, is currently experiencing significant land use changes due to suburbanization, population growth, and increasing population density each year. This study aims to predict land use changes in Semarang Regency as a basis for identifying potential non-compliance with the RTRW, referring to the renewal of the RTRW before the end of its validity period. To analyze these changes, a spatial approach using Geographic Information System (GIS) and Remote Sensing is essential to map land use in 2013, 2018, and 2024. This analysis is further integrated with Cellular Automata (CA) modelling and logistic regression to identify factors influencing land use changes and to predict land use patterns in Semarang Regency through 2034. The study predicts that by 2034, built-up land will expand by 9.315,83 hectares, while agricultural land will increase by 9.054,79 hectares. Conversely, forest and conservation land are projected to decrease by 18.433 hectares, and water bodies will shrink by approximately by 53,94 hectares. The results of this prediction can be used as a reference in preparing spatial planning policies that are more adaptive and in line with field conditions.

Keywords: Land Use Change, Land Use Prediction, Cellular Automata

PENDAHULUAN

Dilihat dari kebutuhan masyarakat dalam melangsungkan kehidupannya, lahan termasuk dalam jenis sumber daya yang berharga bagi manusia. Eksistensinya sebagai penopang seluruh atribut biosfer dan kehidupan bagi manusia membuat sebuah lahan menjadi sumber daya yang bernilai apabila diiringi dengan produksi, proses, hingga penggunaannya yang dapat dipahami. Perilaku dan respons manusia terhadap kebijakan terkait lahan akan memengaruhi berbagai aktivitas yang dilakukan, di mana aktivitas tersebut pada akhirnya akan meninggalkan jejak berupa bentuk penggunaan lahan (Ritohardoyo, 2013). Penggunaan lahan dalam suatu wilayah dapat menjadi sebuah cerminan dari interaksi kompleks yang tercipta antara manusia dan lingkungannya (Antrop, 1998). Aktivitas manusia yang dinamis seringkali berdampak pada perubahan-perubahan penggunaan lahan yang ada, di mana perubahan ini mengacu pada beberapa aspek kehidupan seperti sosial, budaya, dan ekonomi (Briassoulis, 2020). Perubahan dalam penggunaan lahan mencerminkan dinamika pertumbuhan wilayah yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia yang terus berkembang seiring berjalannya waktu.

Pertumbuhan wilayah yang berdampak pada peningkatan perubahan penggunaan lahan memerlukan evaluasi perubahan dan prediksi di masa mendatang untuk mengatur penggunaannya. Kajian ini dapat diidentifikasi dengan pendekatan spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan teknologi penginderaan jauh (PJ). Sistem ini nantinya diintegrasikan dengan permodelan *cellular automata* (CA). CA merupakan model matematika berbasis teknologi SIG yang dirancang untuk memproyeksikan perubahan penggunaan lahan dengan memanfaatkan pola spasial terdistribusi, aturan lokal, serta interaksi antar sel (Baja, 2012).

Permodelan CA telah dilakukan pada berbagai penelitian, seperti yang dilakukan oleh Hakim (2021) untuk mengkaji fenomena perubahan penggunaan lahan dan pertumbuhan *urban sprawl*, sedangkan Difanty & Supriatna (2021) untuk memprediksi perubahan lahan pertanian. Pemanfaatan CA dapat dimanfaatkan untuk memproyeksikan pola penggunaan lahan di masa depan, memberikan gambaran visual mengenai distribusi spasial penggunaan lahan dalam suatu wilayah. Kajian mengenai prediksi perubahan penggunaan lahan telah menjadi perhatian dalam berbagai penelitian terdahulu, mengingat dinamika penggunaan lahan dipengaruhi oleh faktor-faktor ekologis, sosial, dan ekonomi dapat berdampak signifikan terhadap perencanaan tata ruang. Penelitian yang dilakukan oleh Alwan et al (2020), penelitian ini menambahkan beberapa faktor pendorong dalam analisis perubahan dan prediksi penggunaan lahan. Faktor-faktor pendorong tersebut dapat menghasilkan analisis yang berbeda, tergantung pada algoritma yang digunakan. Berbeda dengan hasil penelitian dari Kusniawati (2020) yang menggunakan algoritma *Multi Layer Perceptron* (MLP). Sementara, pada penelitian ini akan menggunakan algoritma *Logistic Regression* dengan 6 (enam) faktor pendorong terpilih, yaitu berupa kemiringan lereng, jarak terhadap jalan, jarak terhadap sungai, permukiman, pusat perdagangan, dan fasilitas umum yang masih belum banyak digunakan.

Kabupaten Semarang memiliki karakteristik topografi yang bervariasi, perpaduan antara wilayah dataran rendah, perbukiran, serta daerah penyanga yang mengalami tekanan urbanisasi dari wilayah sekitarnya. Karakteristik ini memberikan dinamika tersendiri terhadap pola perubahan penggunaan lahan di wilayah tersebut. Perbedaan konteks

wilayah membentuk adanya kesenjangan penelitian secara kontekstual, di mana studi ini akan secara spesifik mengidentifikasi faktor-faktor pendorong perubahan penggunaan lahan yang relevan dengan kondisi di Kabupaten Semarang. Untuk itu, penelitian ini bertujuan memprediksi perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Semarang sebagai dasar dalam mengidentifikasi potensi ketidaksesuaian dengan RTRW, mengacu pada adanya pembaharuan RTRW sebelum akhir masa berlakunya. Hasil dari penelitian prediktif berbasis konteks lokal dapat memberikan kontribusi yang lebih tepat guna dalam mendukung penyusunan kebijakan tata ruang yang adaptif terhadap dinamika wilayah. Penelitian ini dilakukan untuk memberikan gambaran masa depan kondisi di Kabupaten Semarang dengan pertimbangan karakteristik spasial dan kontekstualnya.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Rentang waktu yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari tahun 2013,

2018, dan 2024, dengan satu citra satelit yang mewakili masing-masing periode waktu tersebut. Pemilihan tahun-tahun tersebut sebagai rentang waktu penelitian didasarkan pada interval waktu yang representatif untuk melihat tren perubahan lahan serta ketersediaan data yang konsisten memberikan dasar yang kuat untuk memprediksi perubahan penggunaan lahan pada tahun 2034.

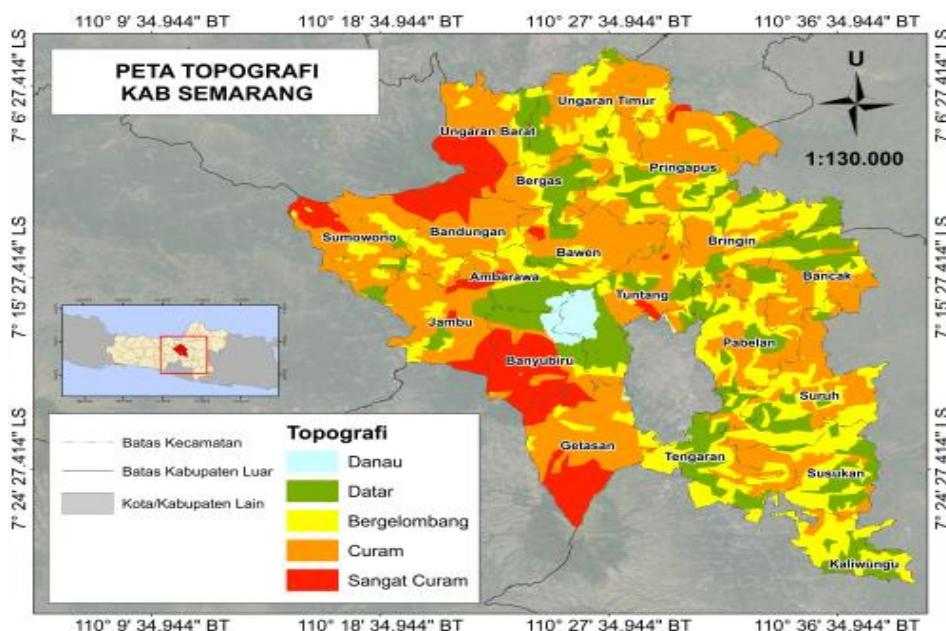
Penelitian dilakukan di Kabupaten Semarang, yang terletak di Provinsi Jawa Tengah. Secara administratif (Gambar 1), Kabupaten Semarang berbatasan dengan Kota Semarang di sebelah utara; Kabupaten Grobogan, Demak, dan Boyolali di sebelah timur, dan Kabupaten Kendal, Temanggung, dan Magelang di sebelah barat. Secara astronomis, Kabupaten Semarang terletak pada $7^{\circ}10'$ – $7^{\circ}30'$ Lintang Selatan dan $110^{\circ}9'$ – $110^{\circ}40'30''$ Bujur Timur. Kabupaten Semarang terdiri dari 19 kecamatan dan 235 desa/kelurahan, dengan total luas wilayah yang mencapai 101.838,43 ha, atau sekitar 2,92% dari luas Provinsi Jawa Tengah.



Gambar 1: Peta Administrasi Lokasi Penelitian

Secara topografis (Gambar 2), sebagian besar wilayah Kabupaten Semarang memiliki karakteristik bergelombang dengan ketinggian berkisar antara 500 – 2000 mdpl. Wilayah lainnya yang memiliki topografi curam dan sangat curam umumnya ditemukan di daerah sekitar kawasan pegunungan, seperti

Sumowono, Bandungan, dan Ungaran Barat yang berada di Kawasan Gunung Ungaran, lalu Banyubiru yang berada di Kawasan Gunung Telomoyo, dan Getasan yang berada di Kawasan Gunung Merbabu. Sementara itu, untuk wilayah dengan topografi datar ditemukan di sekitar Danau Rawa Pening, Ungaran, Bergas, Tengaran, dan Kaliwungu



Gambar 2: Peta Topografi Lokasi Penelitian

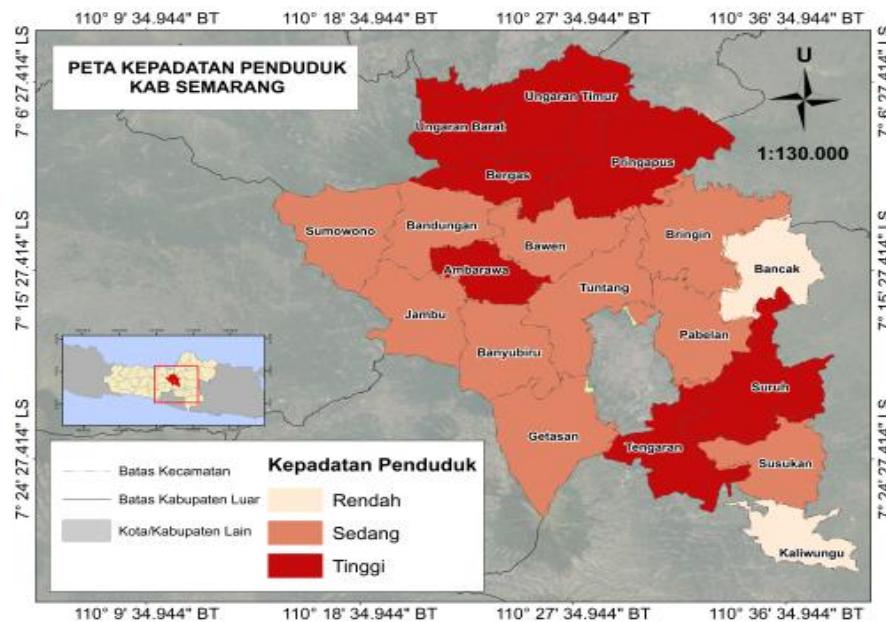
Secara demografis, Kabupaten Semarang memiliki penduduk yang mencapai 1.068.492 jiwa (SP 2020). Menurut kecamatan, jumlah penduduk tertinggi berada di Kecamatan Ungaran Barat dengan total 81.727 jiwa. Jika dirata-ratakan, kepadatan penduduk Kabupaten Semarang (Gambar 3) mencapai sebesar 1.048 orang/km², dengan tiga kecamatan kepadatan penduduk terbesar ditempati oleh Kecamatan Ambarawa, Kecamatan Bergas, dan Kecamatan Ungaran Barat.

Dalam mendukung mobilitas dan kegiatan ekonomi di Kabupaten Semarang, terdapat jaringan pergerakan (Gambar 4) yang menghubungkan orang, barang, dan jasa dari satu tempat ke tempat lainnya,

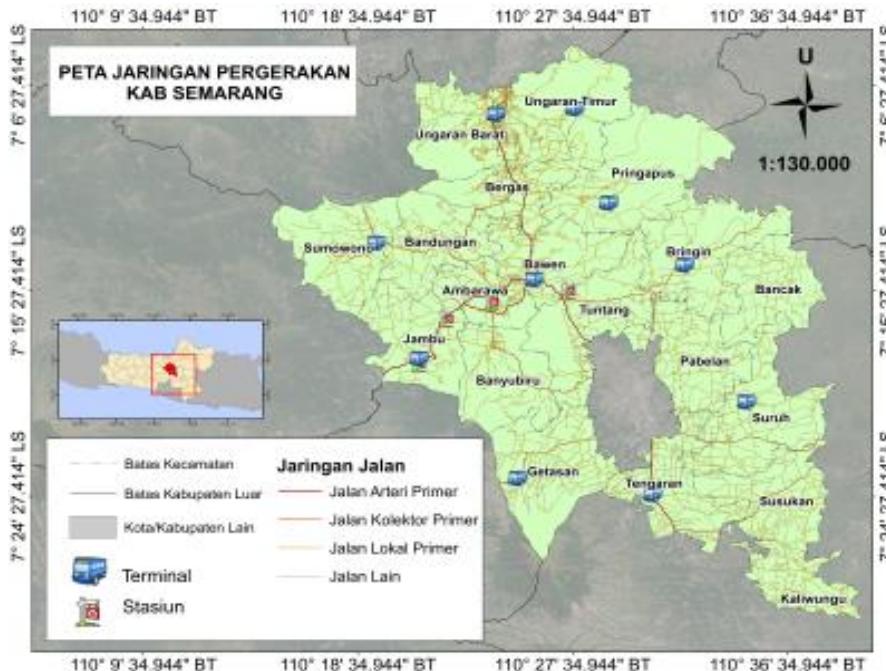
meliputi jaringan jalan, stasiun, dan terminal. Kabupaten Semarang sendiri dilewati Jalan Raya Semarang-Solo yang menghubungkan berbagai kawasan strategis, seperti Ungaran, Bawen, dan menuju ke arah selatan ke dekat Kota Salatiga. Kabupaten Semarang mempunyai terminal penumpang dengan tipe A dan tipe C. Terminal tipe A berlokasi di Bawen, sedangkan terminal tipe C berlokasi tersebar di Ungaran, Sumowono, Getasan, Kalongan, Pringapus, Bringin, Suruh, Tengaran, dan Jambu. Sebagian terminal tersebut berada di lokasi strategis yang dekat dengan jalur utama. Untuk stasiun kereta api, saat ini lebih dioptimalkan sebagai wisata sejarah

dalam bentuk museum, yaitu Stasiun Jambu, Stasiun Bedono, Stasiun Ambarawa, dan Stasiun Tuntang. Ketiga stasiun ini menjadi bagian dari Museum Kereta Api Ambarawa. Jaringan pergerakan ini turut mendukung sektor

industri dan perdagangan yang ada di Kabupaten Semarang, di mana wilayah konsentrasi ini sebagian besar berada pada Kecamatan Bergas, Tengaran, Bawen, Ungaran Timur, dan Pringapus.



Gambar 3: Peta Kepadatan Penduduk Lokasi Penelitian



Gambar 4: Peta Jaringan Pergerakan Lokasi Penelitian

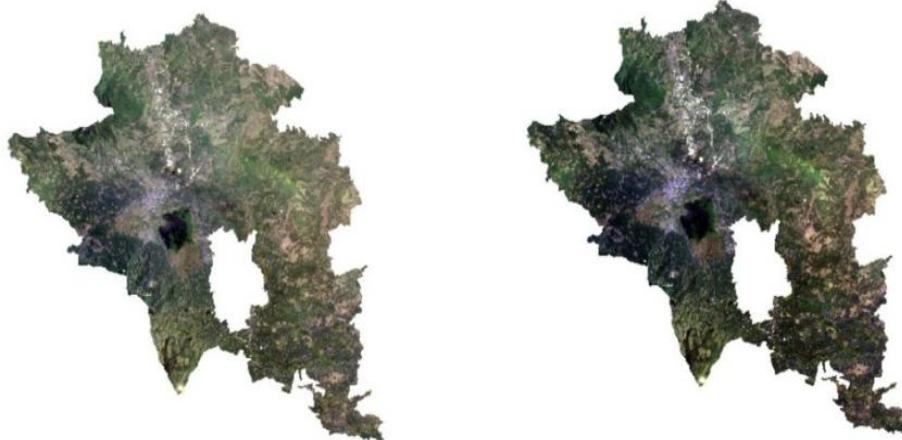
Alat dan Bahan

Tabel 1 berikut menunjukkan alat dan bahan yang digunakan dalam

penelitian. Selain itu, sumber data dan fungsinya. Salah satunya yaitu Citra Landsat (Gambar 5).

Tabel 1. Alat dan Bahan

Alat dan Bahan	Sumber	Fungsi
GPS Avenza Maps (2024)	Avenza Systems Inc.	Penanda hasil pengecekan lapangan
Citra Satelit Landsat (2013, 2018, 2024)	USGS	Penyedia informasi visual lokasi penelitian
Peta Dasar dan Tematik RTRW (2020)	DPUPR Kab Semarang	Penyedia data dan informasi lokasi penelitian
QGIS 3.8 (2024)	OSGeo	Pengolahan koreksi citra satelit
ArcGIS (ArcMap 10.8)	Esri	Pengolahan data dan visualisasi geospasial
Terrset (2020)	Clark Labs	Pengolahan permodelan <i>cellular automata</i> (CA)



Gambar 5: Citra Landsat Lokasi Penelitian

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif dengan pendekatan spasial berbasis SIG dan teknologi penginderaan jauh. Pendekatan spasial meliputi analisis data spasial dalam konteks keruangan, seperti klasifikasi citra penginderaan jauh, perubahan penggunaan lahan, dan permodelan *cellular automata* (CA). Data-data pendukung yang digunakan pada penelitian ini telah disajikan dalam Tabel 2.

Metode Pengumpulan, Pengolahan, dan Analisis Data

Alur penelitian Diawali dari koreksi citra Landsat 8 OLI/TIRS untuk tahun 2013 & 2018 dan Landsat 9 OLI/TIRS untuk tahun 2024. Pada tahap ini, koreksi meliputi *radiometric* dan *atmospheric correction* dengan QGIS yang dilengkapi plugins *Semi-Automatic Classification Plugins* (SCP). Setelah itu, citra yang telah terkoreksi (Gambar 5) dilakukan pengolahan *masking* untuk memilih bagian spesifik dari gambar citra sebagai *area of interest* (AOI) yang menjadi fokus kajian pada penelitian ini.

Tabel 2. Pengumpulan Data

Alat dan Bahan	Tahun	Sumber
Landsat 8 OLI/TIRS	2013 2018	USGS
Landsat 9 OLI/TIRS	2024	
DEMNAS	2018	Badan Informasi Geospasial
Wilayah administrasi Kab Semarang	2020	
Data jaringan jalan	2020	
Data sebaran permukiman	2020	
Data aliran sungai	2020	DPUPR Kab Semarang
Data pusat perdagangan	2020	
Data sebaran fasum	2020	

Akuisisi data citra pada penelitian ini dilakukan dengan interpretasi digital *supervised classification maximum likelihood* menggunakan ArcMap 10.8. Klasifikasi ini dilakukan untuk menghasilkan peta tematik penggunaan lahan yang dibagi ke dalam 4 kelas (Tabel 3). Dalam menganalisis perubahan penggunaan lahan, jenis klasifikasi yang digunakan mengacu pada klasifikasi menurut (FAO, 1995).

Tabel 3. Klasifikasi Penggunaan Lahan

No	Klasifikasi Penggunaan Lahan
1	Hutan dan Konservasi
2	Lahan Terbangun
3	Lahan Pertanian
4	Badan Air

Hasil dari interpretasi tersebut dilakukan uji akurasi dengan *confusion matrix* untuk mengevaluasi validitas hasil interpretasi penggunaan lahan berdasarkan keadaan aktual. Besaran *overall accuracy* (OA) dan *kappa coefficient* (KC), yang diperoleh dari Persamaan 1 dan 2, dihasilkan dari uji akurasi.

$$OA = \left(\frac{\sum_{i=1}^r X_{ii}}{N} \right) \times 100\% \quad (1)$$

$$KC = \left[\frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}} \right] \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan fungsi:

N : Banyaknya sampel

X_{i+} : Jumlah sampel dalam baris ke-i

X_{+i} : Jumlah sampel dalam kolom ke-i

X_{ii} : Nilai diagonal dari matriks kontigensi baris ke-i dan kolom ke-i

Pengolahan data-data untuk variabel pendorong dilakukan analisis kedekatan (*proximity analysis*) berupa *euclidean distance* menggunakan ArcMap 10.8. Hasil pengolahan *euclidean distance* kemudian dinormalisasi dengan *int*, lalu diubah ke dalam format ASCII agar dapat terdeteksi oleh sistem permodelan CA. Pada penelitian ini variabel pendorong yang akan digunakan ialah kemiringan lereng, jarak ke sungai, jarak ke jalan, jarak ke permukiman, jarak ke fasilitas umum, dan jarak ke pusat perdagangan.

Permodelan CA dilakukan dengan *Land Change Modeler* pada Idrisi Selva. Hasil klasifikasi penggunaan lahan dan variabel-variabel pendorongnya diolah ke dalam transisi sederhana CA yang terintegrasi dengan model *logisticreg*. Transisi tersebut menghasilkan probabilitas perubahan setiap jenis penggunaan lahan serta membantu identifikasi variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap perubahan melalui Persamaan 3 di bawah ini:

$$\text{logit}(p) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 \dots (3)$$

Keterangan:

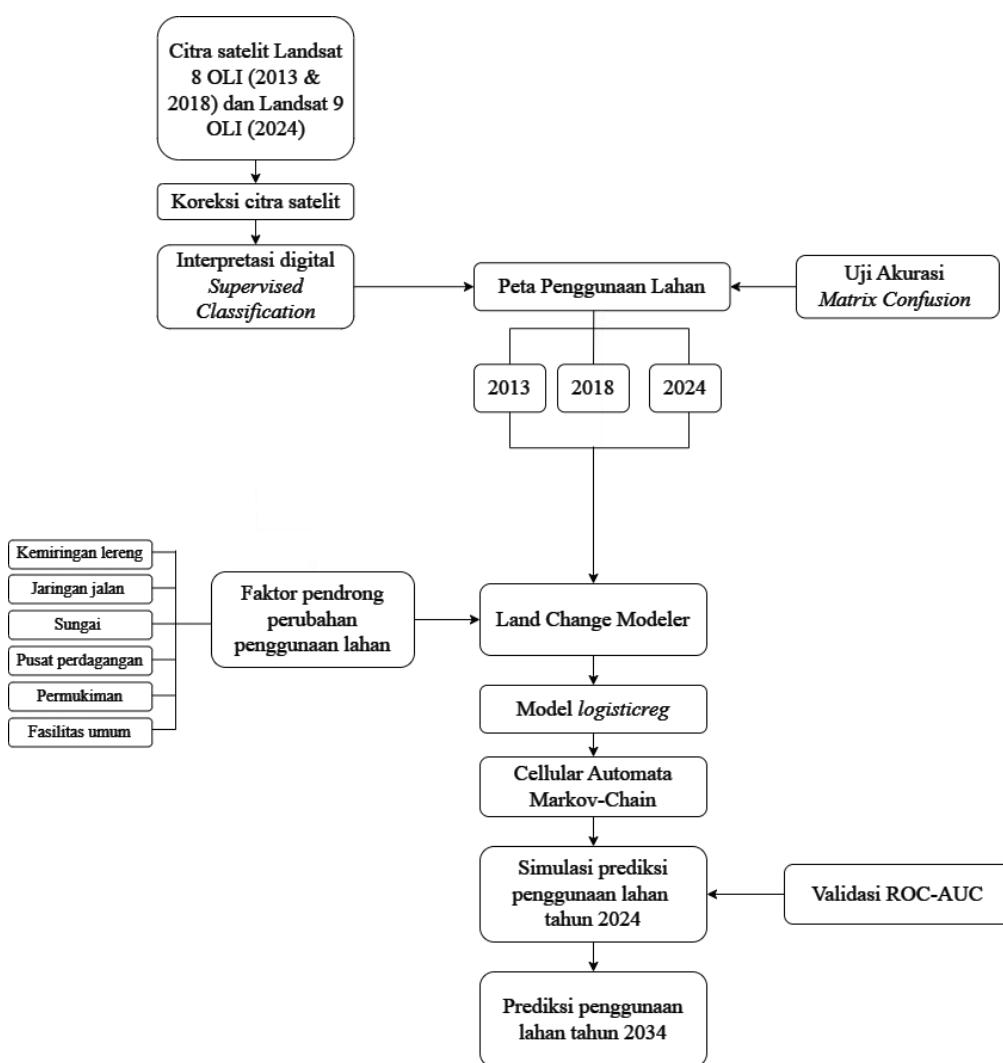
- $\text{logit}(p)$ = Probabilitas
- β_0 = Intercept (konstanta)
- $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ = Koefisien regresi
- X_1, X_2, \dots, X_n = Variabel prediktor

Untuk menentukan apakah hasil simulasi permodelan CA tersebut layak untuk dilakukan untuk tahun yang ditargetkan perlu dilakukan validasi. Validasi yang digunakan pada penelitian ini ialah ROC (*Relative Operating Characters*) pada Idrisi Selva yang

menghasilkan nilai AUC (*Area Under Curve*). Nilai AUC akan memberikan nilai numerik yang menunjukkan klasifikasi seberapa baik model memprediksi. Klasifikasi yang digunakan sebagai acuan pada penelitian ini milik Gorunescu (2011) yang dibagi ke dalam Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi Nilai AUC

Nilai	Klasifikasi
0,90 – 1,00	Klasifikasi sempurna
0,80 – 0,90	Klasifikasi sangat baik
0,70 – 0,80	Klasifikasi baik
0,60 – 0,70	Klasifikasi buruk
0,50 – 0,60	Klasifikasi salah



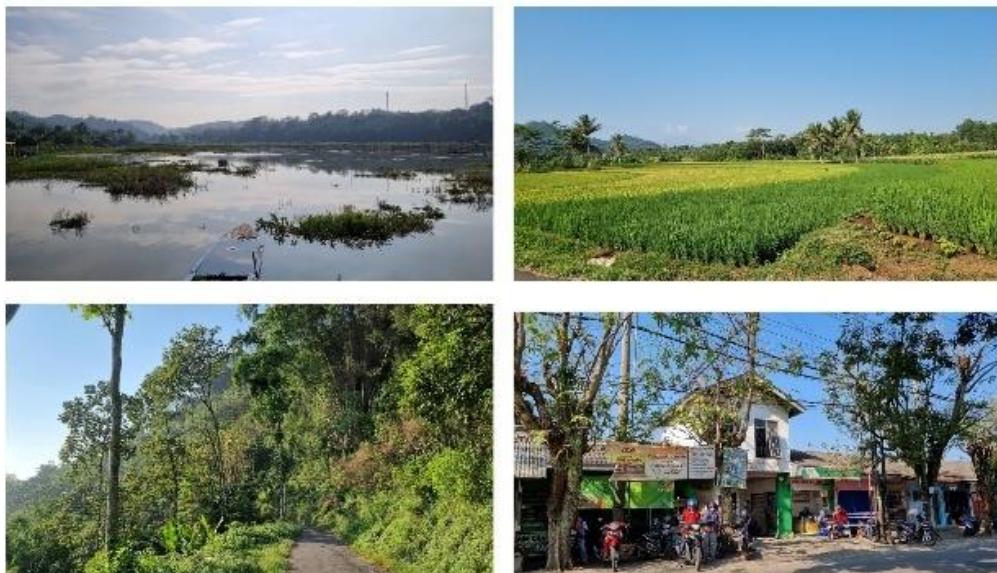
Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Akurasi Interpretasi Citra

Proses klasifikasi pada citra satelit penginderaan jauh yang dilakukan dengan uji akurasi, bertujuan untuk melihat tingkat kesalahan pada klasifikasi hasil

interpretasi citra di lokasi penelitian. Sebagai dasar validasi, dilakukan pengecekan lapangan di titik koordinat pada peta lokasi titik sampel uji akurasi citra. Kondisi yang ditemukan di lapangan terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Kondisi Eksisting di Lapangan

Hasil uji akurasi menunjukkan OA untuk tahun 2013 sebesar 93%, tahun 2018 sebesar 93%, dan tahun 2024 sebesar 96% dan KC untuk tahun 2013 sebesar 90%, tahun 2018 sebesar 90%, dan tahun 2024 sebesar 95% (Tabel 5). Hasil interpretasi citra yang dilakukan tergolong baik karena telah melebihi batas perhitungan matriks $\geq 85\%$. Hasil dapat diterima jika nilai *kappa coefficient* yang diperoleh sebesar $\geq 85\%$ sehingga dianggap benar (Riswanto, 2009).

Tabel 5. Hasil Uji Akurasi

Penggunaan Lahan	OA	KC
2013	93%	90%
2018	93%	90%
2024	96%	95%

Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2013, 2018, dan 2024

Klasifikasi penggunaan lahan yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan

FAO (1995). Berdasarkan klasifikasi tersebut, besar luasan penggunaan lahan yang ditemukan dapat dilihat pada Tabel 6.

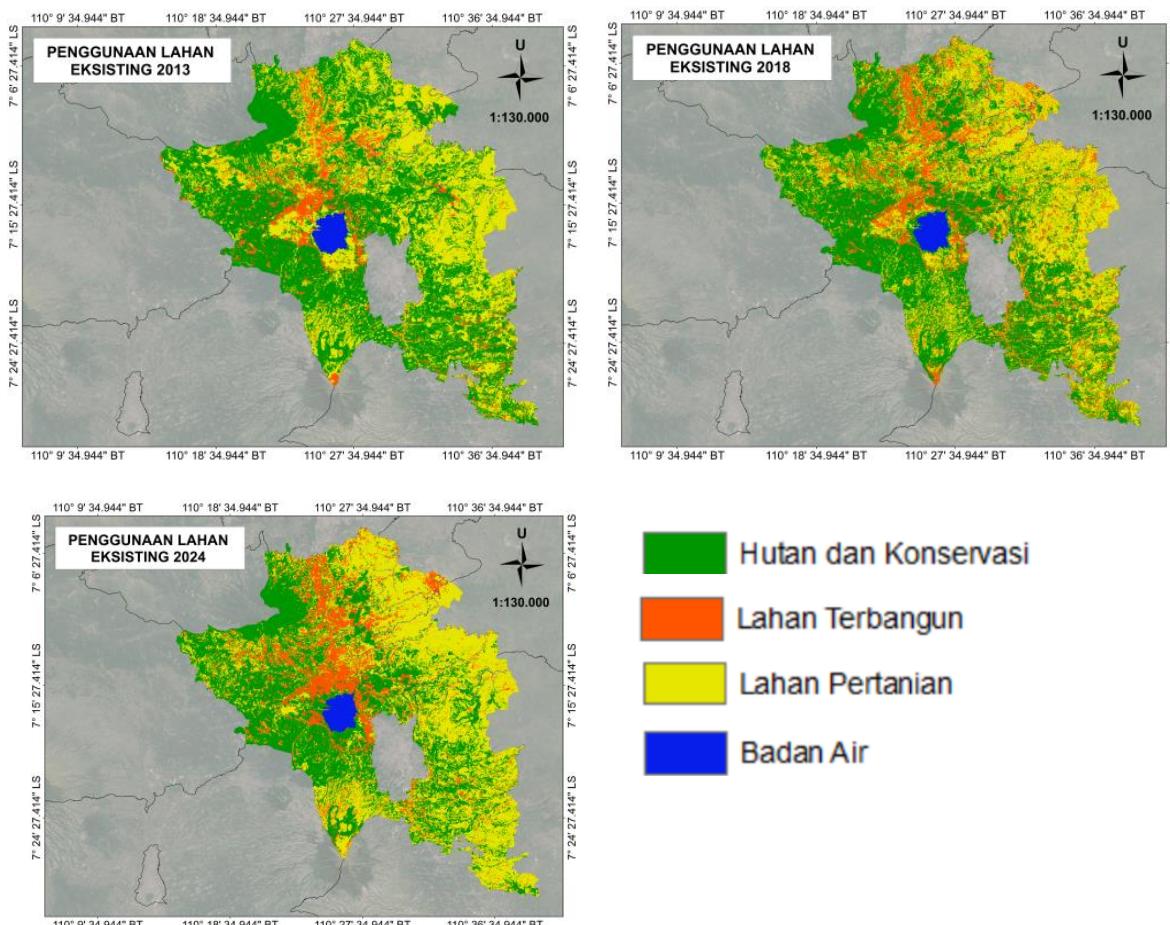
Tabel 6. Luas (ha) Penggunaan Lahan

PL	Luas (ha)	2013	2018	2024
HK	52013,33	45590,85	39530,88	
LTbg	8701,81	13204,62	14766,32	
LPrt	39023,74	41938,07	45438,02	
BA	2102,56	2102,55	2102,54	

Pada tahun 2013, lahan hutan dan konservasi mendominasi Kabupaten Semarang, dengan persentase luas mencapai 50,09% dari total seluruh wilayah. Namun, pada tahun 2018, terjadinya peningkatan pada lahan terbangun dan lahan pertanian, dengan luas masing-masing sebesar 4.502,8 ha dan 2.561,7 ha. Pada tahun 2024, lahan terbangun dan lahan pertanian kembali mengalami peningkatan dengan luas

masing-masing sebesar 2.561,7 ha dan 3.499,95. Perubahan ini mengubah pola penggunaan lahan yang ada, di mana tahun 2024 lahan pertanian menjadi jenis penggunaan lahan yang paling mendominasi, dengan persentase luas mencapai 44,18% dari total seluruh wilayah. Untuk badan air, Danau Rawa Pening menjadi perairan yang paling

dominan di Kabupaten Semarang. Perubahan badan air tidak terlihat begitu signifikan dibandingkan dengan jenis penggunaan lahan lainnya, dengan hanya memiliki persentase luas 2,06% dari total seluruh wilayah Kabupaten Semarang. Secara keseluruhan, perbedaan penggunaan lahan dari tahun 2013, 2018, dan 2024 dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Penggunaan Lahan Tahun 2013, 2018, dan 2024

Faktor-faktor Pendong Perubahan Penggunaan Lahan

Analisis perubahan penggunaan lahan, penelitian ini menggunakan faktor pendorong berbasis jarak berdasarkan pada teori yang diungkapkan oleh Poelmans dan Van Rompacy (2010) (dalam Weith et al., 2021). Adapun faktor yang digunakan berupa kemiringan lereng,

jarak ke sungai, jarak ke jalan, jarak ke permukiman, jarak ke pusat perdagangan, dan jarak ke fasilitas umum (Gambar 9). Setiap faktor pendorong dilakukan *proximity analysis*, pengecualian untuk kemiringan lereng karena datanya yang telah berbentuk kelas yang membantu untuk melakukan *scoring*.

Menggunakan Regresi logistik yang terintegrasi pada *software* Terrset, diperoleh koefisien regresi yang terdiri dari nilai positif dan negatif. Untuk memudahkan interpretasi dari hasil regresi tersebut, Mahapatra dan Kant (2005) (dalam Suni, et al., 2023) mengungkapkan bahwa nilai koefisien dapat diubah menjadi *Exp*, di mana apabila angka lebih dari 1, berarti variabel independen meningkatkan probabilitas kejadian dan jika angka kurang atau sama dengan 1, berarti variabel independen mengurangi probabilitas kejadian atau tidak memiliki efek. Setiap perubahan menghasilkan masing-masing koefisien regresi yang dapat dilihat pada Tabel 7, 8, dan 9.

Tabel 7. Koefisien Regresi Hutan dan Konservasi ke Lahan Terbangun

Variabel	Koefisien	Exp
Kemiringan lereng	0,0041757	1,004184
Sungai	-0,00018937	0,999811
Jalan	0,0005128	1,000513
Permukiman	-0,000007	0,999993
Perdagangan	0,0000503	1,000050
Fasilitas umum	0,0006472	1,000647

Berdasarkan hasil koefisien regresi yang tercantum dalam Tabel 7, perubahan hutan dan lahan konservasi menjadi lahan terbangun memiliki pengaruh terbesar dari variabel kemiringan lereng, yang memiliki nilai *Exp* tertinggi di antara variabel lainnya, yaitu sebesar 1,004184. Faktor kemiringan lereng sebagai karakteristik topografi menunjukkan bahwa area-area dengan kemiringan yang landai akan lebih cocok dibangun untuk aktivitas manusia, sedangkan area dengan kemiringan yang lebih curam cenderung lebih sulit dibangun (Norton, 1987). Kemiringan lereng yang landai mendorong perkembangan lahan terbangun untuk

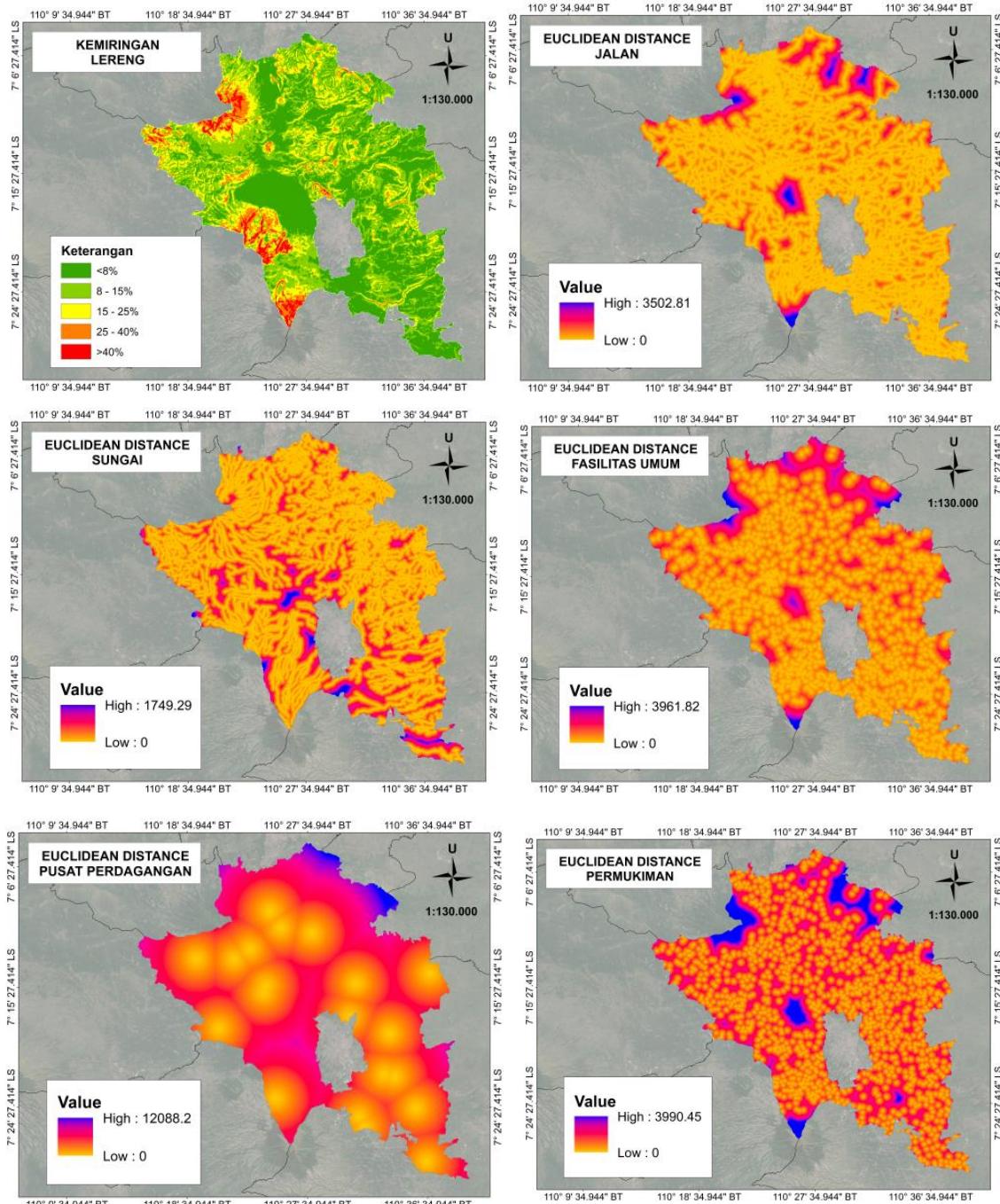
aktivitas manusia, seperti untuk kawasan permukiman atau untuk aktivitas ekonomi.

Selain kemiringan lereng, variabel jarak terhadap fasilitas dan jarak terhadap jaringan jalan turut memberikan pengaruh signifikan pada perubahan ini, dengan nilai *Exp* masing-masing sebesar 1,000647 dan 1,000513. Hal ini menunjukkan bahwa semakin dekat kawasan hutan dengan jalan, maka semakin besar kemungkinannya untuk ditebangi atau diubah menjadi lahan terbangun karena kemudahan akses untuk kegiatan ekonomi (Laurance et al, 2009).

Faktor kemiringan lereng dan jarak ke jalan saling berkaitan dalam memengaruhi perubahan tersebut karena keduanya berhubungan erat dengan aksesibilitas dan biaya pembangunan. Daerah yang landai dan dekat dengan jalan paling rentan terhadap perubahan, sedangkan daerah dengan lereng curam dan jauh dari jalan cenderung lebih terlindungi karena kendala fisik dan ekonomi. Aksesibilitas menjadi kunci dalam proses konversi lahan sehingga pembangunan jalan dan kondisi topografi berperan penting dalam menentukan seberapa cepat suatu kawasan mengalami perubahan. Dalam perubahan ini mengindikasikan bahwa semakin mudah akses menuju suatu lokasi, maka semakin tinggi pula peluang konversi lahan hutan menjadi lahan terbangun.

Tabel 8. Koefisien Regresi Hutan dan Konservasi ke Lahan Pertanian

Variabel	Koefisien	Exp
Kemiringan lereng	0,0041757	1,004184
Sungai	-0,00018937	0,999811
Jalan	0,0005128	1,000513
Permukiman	-0,000007	0,999993
Perdagangan	0,0000503	1,000050
Fasilitas umum	0,0006472	1,000647



Gambar 8: Faktor Pendorong Perubahan Penggunaan Lahan

Berikutnya, perubahan hutan dan konservasi menjadi lahan pertanian (Tabel 8) memiliki pengaruh terbesar dari variabel jarak terhadap sungai, dengan nilai Exp tertinggi di antara variabel lainnya, yaitu sebesar 1,000667. Hal ini sehubungan dengan akses air yang memadai dari sungai meningkatkan

kemungkinan pembukaan lahan hutan untuk pertanian. Air dari sungai digunakan untuk irigasi lahan pertanian, terutama untuk jenis tanaman yang memerlukan pasokan air yang tinggi, seperti padi dan tanaman hortikultura (Angelsen & Kaimowitz, 1999). Akses yang mudah terhadap sumber pengairan meningkatkan

peluang suatu area untuk dikelola menjadi lahan pertanian. Selain itu, tanah aluvial yang ditemukan di sepanjang dataran banjir tepi sungai memiliki tingkat kesuburan yang tinggi (Prasetyo & Setyorini, 2008), sehingga lebih menarik bagi petani untuk dibuka dan dikembangkan menjadi lahan pertanian. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa daerah di dekat sungai lebih mudah diakses untuk kegiatan pertanian karena tersedianya air untuk irigasi dan tingkat kesuburan yang tinggi pada tanah aluvial.

Selain itu, variabel jarak terhadap jaringan jalan dan jarak terhadap pusat industri dan perdagangan turut berperan signifikan dalam perubahan ini, dengan nilai Exp masing-masing sebesar 1,000154 dan 1,000120. Daerah yang dekat dengan jalan akan mengalami konversi lahan lebih cepat, terutama untuk kegiatan pertanian komersial karena adanya keuntungan dalam hal biaya operasional yang lebih rendah untuk mengangkut input (pupuk, bibit, dan alat-alat) dan menjual hasil panen ke pasar atau pusat industri (Chomitz & Gray, 1996). Pertimbangan kemudahan transportasi akan memengaruhi harga dari hasil produk untuk bersaing di pasar (Safitri et al., 2016), semakin mudah aksesnya maka semakin rendah pengeluaran biaya transportasinya sehingga produk dapat lebih mudah bersaing di pasar.

Pada perubahan lahan pertanian ke lahan terbangun (Tabel 9), jarak terhadap fasilitas umum memiliki pengaruh dominan, dengan nilai Exp tertinggi di antara variabel lainnya, yaitu sebesar 1,000267. Hal ini menjadi salah satu pendorong perubahan terhadap lahan terbangun karena fungsinya sebagai penyedia layanan penting yang memberikan kemudahan dan kenyamanan bagi yang berada di sekitarnya (Syafitri & Susetyo, 2018). Selain itu, faktor jarak terhadap fasilitas umum dapat meningkatkan aksesibilitas bagi penduduk

di sekitarnya, serta meningkatkan perkembangan permukiman.

Tabel 9. Koefisien Regresi Lahan Pertanian ke Lahan Terbangun

Variabel	Koefisien	Exp
Kemiringan lereng	0,0041757	1,004184
Sungai	-0,00018937	0,999811
Jalan	0,0005128	1,000513
Permukiman	-0,000007	0,999993
Perdagangan	0,0000503	1,000050
Fasilitas umum	0,0006472	1,000647

Di samping itu, variabel jarak terhadap permukiman dan jarak terhadap jaringan jalan turut berperan signifikan pada perubahan ini, dengan nilai Exp masing-masing sebesar 1,000057 dan 1,000033. Faktor jarak terhadap permukiman menjadi salah satu pendorong perubahan untuk lahan pertanian yang berada di dekatnya karena menjadi target utama dikonversi menjadi lahan terbangun. Hal ini disebabkan oleh lahan pertanian yang dekat dengan permukiman cenderung mendekati pusat-pusat aktivitas. Semakin dekat suatu lahan dengan kawasan permukiman, maka semakin tinggi nilai ekonominya untuk keperluan non-pertanian, misalnya berubah menjadi perumahan, pusat komersial, atau industri, karena permintaan lahan untuk fungsi non-pertanian lebih tinggi di daerah ini (Alonso et al, 2017).

Perubahan ini juga berkaitan dengan faktor terhadap jalan. Akses akan infrastruktur jalan meningkatkan nilai ekonomis lahan, terutama di wilayah pinggiran perkotaan. Lahan pertanian yang berada dekat dengan jaringan jalan atau permukiman memiliki aksesibilitas yang baik sehingga lebih mudah untuk dikembangkan menjadi kawasan terbangun karena kebutuhan hunian dan fasilitas publik (Seto et al, 2012).

Dari seluruh bentuk perubahan penggunaan lahan, terdapat faktor jarak

terhadap jalan yang selalu muncul di setiap bentuk perubahan. Hal ini menunjukkan bahwa keterkaitan suatu area dengan jarak terhadap jalan dapat memengaruhi pola perubahan penggunaan lahan yang terjadi. Dengan kata lain, semakin tinggi aksesibilitas terhadap jalan, maka probabilitas perubahan penggunaan lahan di suatu area juga dapat meningkat.

Simulasi Prediksi Penggunaan Lahan Tahun 2024

Sebelum melakukan permodelan prediksi pada tahun yang dituju, perlu dilakukan terlebih dahulu simulasi pada tahun *eksisting* untuk dapat memastikan kelayakan permodelan yang dilakukan. Simulasi penggunaan lahan tahun 2024 selanjutnya digunakan untuk validasi terhadap penggunaan lahan tahun 2024 hasil interpretasi (kondisi *eksisting*) dengan ROC-AUC.

Simulasi dilakukan dengan *tools Land Change Modeler* pada perangkat lunak Idrisi Selva menggunakan permodelan CA-Markov yang terintegrasi dengan *logisticreg*. Pada hasil transisi ini, diperoleh nilai peluang kejadian dari setiap perubahan penggunaan yang terjadi (Gambar 10). Berdasarkan transisi tersebut, diperoleh peluang terjadinya perubahan dari hutan dan konservasi ke lahan terbangun berkisar 0 sampai dengan 0,54, perubahan dari hutan dan konservasi ke lahan pertanian berkisar 0 sampai dengan 0,76, dan perubahan dari lahan pertanian ke lahan terbangun berkisar 0 sampai dengan 0,68. Dari ketiga hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa peluang terbesar perubahan terjadi pada perubahan dari hutan dan konservasi ke lahan pertanian karena memiliki rentang nilai peluang mendekati 1 yang menunjukkan tingginya probabilitas perubahan.

Pada tahap selanjutnya, diperoleh data-data numerik berupa matriks potensi perubahan yang menunjukkan peluang

atau kemungkinan perubahan penggunaan lahan yang direpresentasikan dalam rentang angka 0 – 1. Hasil dari matriks potensi perubahan pada simulasi ini ditampilkan dalam Tabel 10.

Tabel 10. Matriks Potensi Perubahan

	HK	LTbg	LPrt	BA
HK	0,6650	0,0557	0,2793	0,0000
LTbg	0,2067	0,5317	0,2615	0,0000
LPrt	0,2140	0,2378	0,5482	0,0000
BA	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000

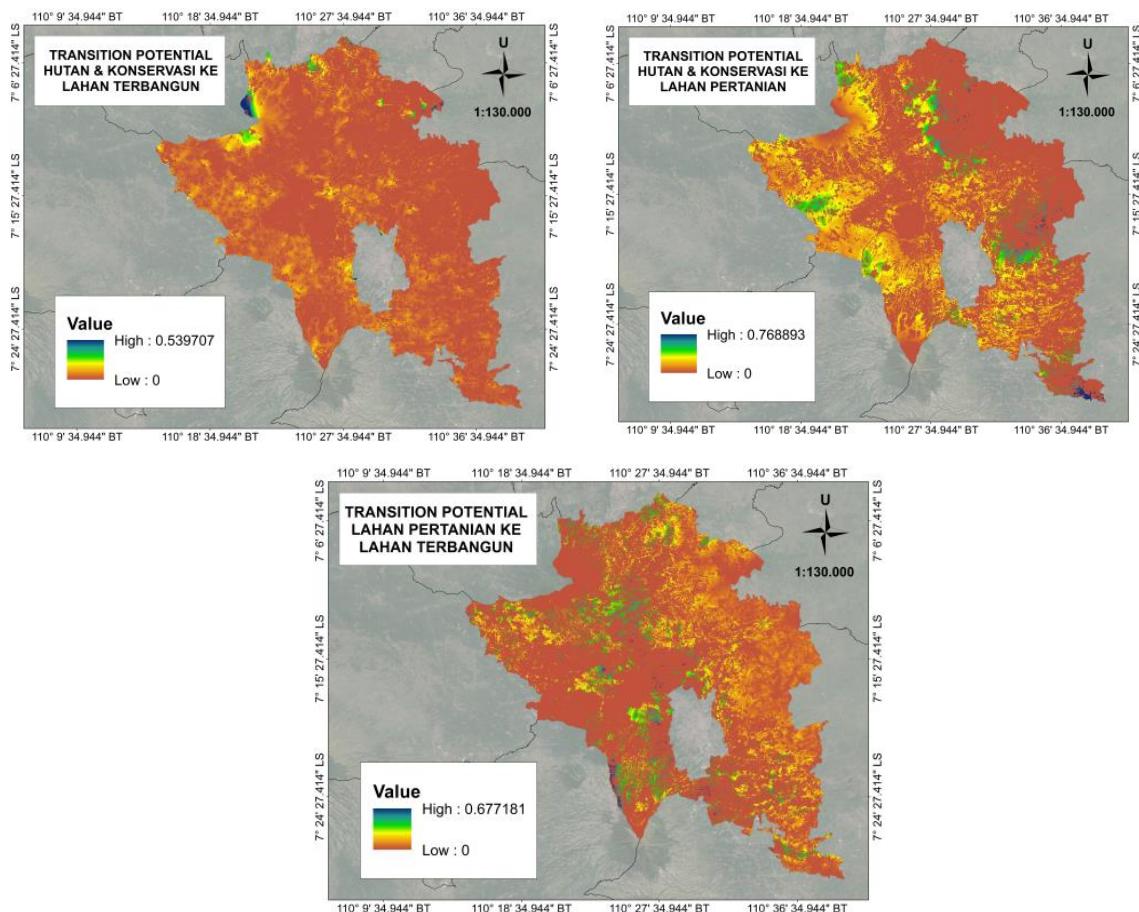
Nilai rentang 0 – 1 menunjukkan jika semakin mendekati angka 0 maka kemungkinan perubahannya tinggi, dan sebaliknya jika semakin mendekati angka 1 peluang perubahannya rendah. Pada hasil di atas, yang diberi tanda dengan kotak merah atau biasa disebut dengan *diagonal block*, badan air memiliki kemungkinan berubah paling rendah dengan angka 1, sedangkan lahan terbangun mempunyai peluang perubahan paling tinggi dengan angka 0,5317.

Di luar *diagonal block*, terdapat *off diagonal* yang menunjukkan peluang perubahan dari satu tipe penggunaan lahan ke tipe yang lainnya dengan nilai rentang 0 – 1. Pada *off diagonal* menunjukkan semakin mendekati 0 maka semakin kecil kemungkinan perubahan dari tipe satu ke tipe lainnya dan sebaliknya. *Off diagonal* pada Tabel 10 ditandai dengan panah ke bawah dan ke samping tabel matriks. Pada kolom dengan panah ke samping, terdapat hutan dan konservasi dengan peluang yang rendah untuk berubah ke lahan terbangun dengan nilai 0,0557, tetapi memiliki peluang yang lebih tinggi untuk berubah ke lahan pertanian dengan nilai 0,2793. Namun, hutan dan konservasi sama sekali tidak ada kemungkinan untuk berubah ke badan air karena memiliki nilai 0. Lalu, terdapat lahan terbangun yang memiliki kemungkinan untuk berubah ke hutan dan konservasi dan lahan pertanian, dengan nilai 0,2067 dan 0,2615. Kemudian, terdapat lahan pertanian yang memiliki

kemungkinan untuk berubah ke hutan dan konservasi dan lahan terbangun, dengan nilai 0,2140 dan 0,2378.

Sementara itu, pada kolom dengan panah ke bawah menandakan adanya kemungkinan penambahan luas dari satu tipe ke tipe yang lain, dengan rentang nilai 0 – 1, di mana semakin mendekati 0 berarti memiliki kemungkinan penambahan yang rendah. Pada hutan dan konservasi memiliki kemungkinan mendapatkan

penambahan luas lahan dari lahan terbangun dan lahan pertanian, dengan nilai 0,2067 dan 0,2140. Pada lahan terbangun memiliki kemungkinan mendapatkan penambahan luas dari hutan dan konservasi dan lahan pertanian, dengan nilai 0,0557 dan 0,2378. Pada lahan pertanian memiliki kemungkinan mendapatkan penambahan luas dari hutan dan konservasi dan lahan terbangun, dengan nilai 0,2793 dan 0,2615.



Gambar 9: Transition Potential

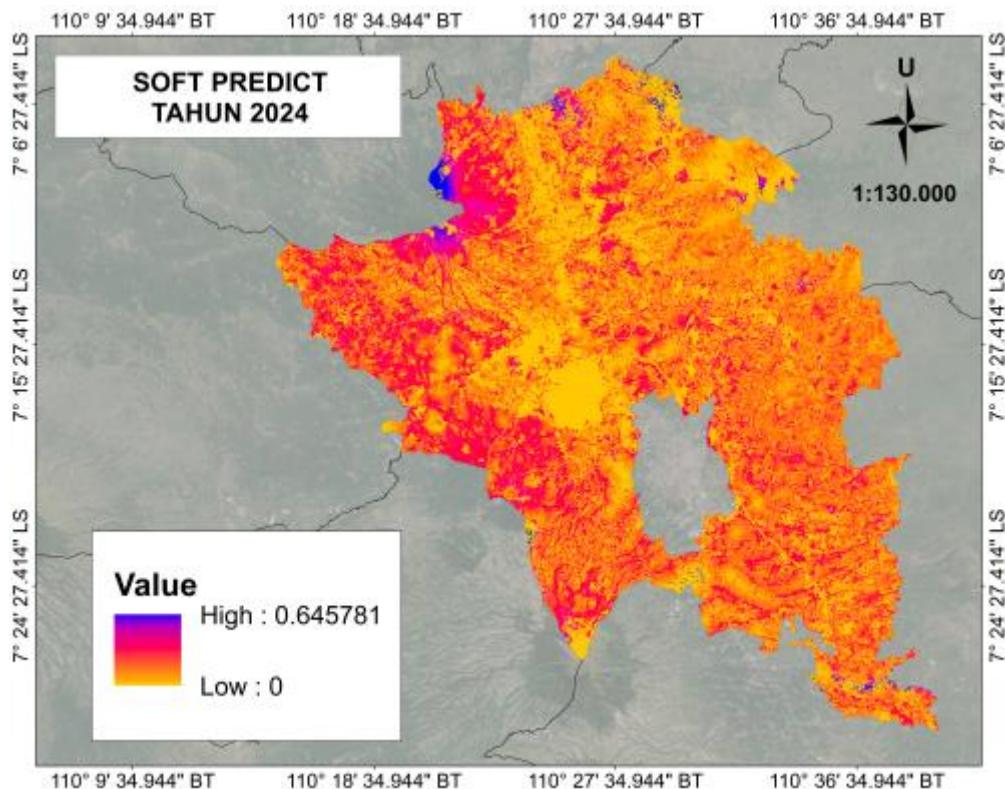
Matriks potensi perubahan dapat disajikan secara visual dalam bentuk *soft predict*. Pada Gambar 11, disajikan peta dengan informasi berupa nilai rentang 0 – 1, yang berarti jika semakin mendekati angka 0 perubahannya semakin rendah, dan sebaliknya jika mendekati angka 1 perubahannya semakin tinggi. Pada peta

tersebut, nilai-nilai digambarkan dengan warna kuning menandakan area dengan nilai mendekati 0 dan gambar warna ungu menandakan area dengan nilai mendekati 1.

Untuk menghasilkan simulasi prediksi tahun 2024, digunakan model *Markov Chain*. Dari hasil simulasi yang

dilakukan, terdapat perbedaan luas antara penggunaan lahan tahun 2024 hasil prediksi dengan kondisi eksisting. Perbedaan tersebut dapat terjadi dengan beberapa alasan. Permodelan CA mencakup komponen ruang sel yang bersifat homogen, di mana semua sel bersifat identik dan dicirikan secara spesifik oleh keberadaannya (Yang, Mu, & Hou, 2022). Permodelan CA yang menggunakan transisi sederhana untuk menentukan perubahan status sel tidak berinteraksi dengan kendala lain yang ditemukan di lapangan, seperti kendala

ekonomi, kendala sosial, demografi, ataupun kebijakan pemerintah, karena tidak diikutsertakan ke dalam proses simulasi (Santé, García, Miranda, & Crescente, 2010). Oleh karena itu, representasi lahan sebagai grid dan sel-sel homogen tidak seluruhnya menangkap variabilitas dan kompleksitas lahan yang sebenarnya di lapangan. Transisi dari permodelan CA cenderung bersifat statis, tetapi proses yang mengatur perubahan penggunaan lahan dapat bervariasi dari waktu ke waktu dan dari ruang ke ruang.



Gambar 11. *Soft Predict 2024*

Hasil simulasi yang telah dilakukan selanjutnya divalidasi menggunakan ROC. Validasi dari ROC akan menghasilkan nilai AUC yang diperoleh dari *soft predict*. Berdasarkan proses validasi menggunakan ROC (Gambar 12), diperoleh nilai 0,741, di mana angka ini telah termasuk ke dalam klasifikasi baik. Berdasarkan klasifikasi yang diperoleh, dari hasil validasi ini dapat

dikatakan bahwa simulasi yang telah dilakukan dapat digunakan untuk tahap prediksi pada tahun tujuan, yaitu tahun 2034.

Prediksi Penggunaan Lahan Tahun 2034

Untuk memprediksi penggunaan lahan di tahun 2034, tahap-tahap yang

dilakukan sama dengan saat melakukan simulasi pada bagian sebelum ini. Hasil

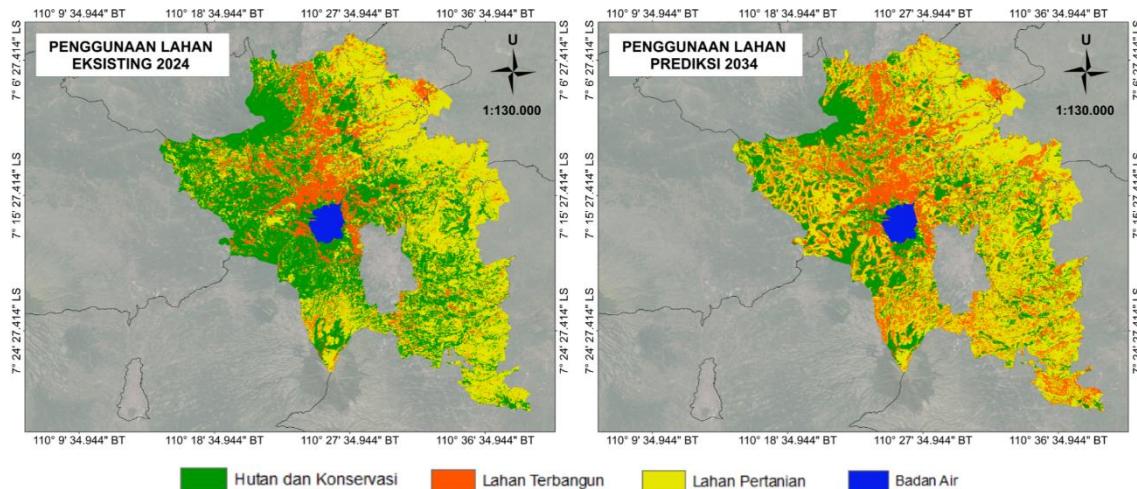
prediksi penggunaan lahan tahun 2034 dapat dilihat pada Gambar 13.

Result of ROC**																							
=====																							
AUC = 0.741																							

The following section list detailed statistics for each threshold.																							

With each threshold, the following 2x2 contingency table is calculated																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; padding: 2px;">Simulated by threshold</th> <th colspan="2" style="text-align: center; padding: 2px;">Reality (reference image)</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center; padding: 2px;">1</th> <th style="text-align: center; padding: 2px;">0</th> <th style="text-align: center; padding: 2px;">1</th> <th style="text-align: center; padding: 2px;">0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">A (number of cells)</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">B (number of cells)</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">0</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">C</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">D</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; padding: 2px;">For the given reference image:</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">A+C=438829</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">B+D=1911116</td> </tr> </tbody> </table>				Simulated by threshold		Reality (reference image)		1	0	1	0	1	A (number of cells)	B (number of cells)		0	C	D		For the given reference image:		A+C=438829	B+D=1911116
Simulated by threshold		Reality (reference image)																					
1	0	1	0																				
1	A (number of cells)	B (number of cells)																					
0	C	D																					
For the given reference image:		A+C=438829	B+D=1911116																				

Gambar 12. Hasil Validasi ROC-AUC



Gambar 13. Penggunaan Lahan Eksisting 2024 dan Prediksi 2034

Berdasarkan hasil prediksi yang telah dilakukan, terdapat luas dari setiap penggunaan lahan yang mengalami perubahan. Tabel 11 menunjukkan luas setiap penggunaan lahan pada prediksi tahun 2034 memiliki perbedaan yang cukup signifikan dengan penggunaan lahan pada tahun 2024. Pada tahun 2024, hutan dan konservasi memiliki luas 39.530,88 ha, sedangkan pada tahun 2034

mengalami penurunan menjadi 21.097,88 ha. Pada tahun 2024, lahan terbangun memiliki luas 14.766,32 ha, lalu pada tahun 2034 mengalami peningkatan menjadi 24.082,15 ha. Pada tahun 2024, lahan pertanian memiliki luas 45.438,02 ha, lalu pada tahun 2034 mengalami peningkatan menjadi 54.492,76 ha. Pada tahun 2024, badan air memiliki luas 2.102,56 ha, lalu pada tahun 2034

mengalami penurunan menjadi 2.048,62 ha.

Tabel 11. Perbandingan Penggunaan Lahan Tahun 2024 dan Prediksi Tahun 2034

Penggunaan Lahan	Luas Tahun 2024 (ha)	Luas Prediksi 2034 (ha)
Hutan dan Konservasi	39.530,88	21.097,88
Lahan Terbangun	14.766,32	24.082,15
Lahan Pertanian	45.438,02	54.492,76
Badan Air	2.2012,56	2.408,62

Secara keseluruhan, penggunaan lahan terbangun dapat dikatakan sebagai lahan yang paling berkembang, dengan prediksi peningkatan seluas 9.315,83 ha. Penambahan luas lahan terbangun didorong dari adanya pengurangan pada lahan hutan dan konservasi serta lahan pertanian. Prediksi perubahan lahan hutan dan konservasi menjadi lahan terbangun sebagian besar terjadi di Kecamatan Ungaran Barat. Perubahan ini didorong dari adanya fenomena suburbanisasi yang semakin berkembang di Ungaran sebagai dampak dari aksesibilitas jalur transportasi yang mendukung mobilitas manusia. Jalur transportasi menjadi salah satu faktor dari perkembangan sarana dan prasarana serta permukiman penduduk (Masykuroh & Rudiarto, 2016).

Perubahan penggunaan lahan terbangun juga turut terjadi di Kecamatan Bandungan dan Sumowono karena meningkatnya perkembangan pariwisata di Kabupaten Semarang. Daerah tersebut ditetapkan sebagai kawasan pusat pengembangan pariwisata oleh pemerintah, yang mencakup Kawasan Pariwisata Bandungan dan Kawasan Pariwisata Kopeng. Peningkatan aktivitas pariwisata dapat memengaruhi kebutuhan akomodasi, sarana dan prasarana, serta fasilitas pendukung untuk setiap lokasi wisata yang tersedia pada area tersebut. Keberadaan aktivitas pariwisata dapat memengaruhi perubahan penggunaan

lahan, terutama untuk lahan terbangun, seperti pertambahan warung/toko, *homestay*, serta sarana wisata lainnya untuk mendukung wisatawan yang datang (Pamungkas & Muktiali, 2015). Pertambahan luas pada lahan terbangun yang terjadi pada tiap periode di tahun 2013, 2018, 2024, dan hingga prediksi tahun 2034 berasal dari konversi lahan hutan dan konservasi maupun lahan pertanian. Peningkatan ini akan terus terjadi apabila masih terdapat lahan yang kosong atau memadai untuk dibangun (Nugroho & Sugiri, 2009).

Pada prediksi perubahan lahan pertanian, diperoleh peningkatan seluas 9.054, ha. Penambahan luas lahan pertanian hanya didorong oleh penurunan pada lahan hutan dan konservasi. Prediksi perubahan lahan hutan dan konservasi menjadi lahan pertanian sebagian besar ditemukan di Kecamatan Jambu, Banyubiru, Tengaran, dan Suruh. Perubahan ini dapat terjadi dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya ialah faktor ekonomi, di mana perubahan ke lahan pertanian dengan tujuan sebagai penopang kebutuhan ekonomi yang tercipta dari pertumbuhan penduduk yang meningkat dari tahun ke tahun (Bella & Rahayu, 2021).

Sementara itu, lahan hutan dan konservasi menjadi jenis penggunaan lahan yang mengalami penurunan pada prediksi tahun 2034. Lahan hutan dan konservasi pada tahun 2024 dengan luas 39.530,88 ha diprediksi akan berkurang menjadi 21.097,88 ha pada tahun 2034. Pengurangan lahan hutan dan konservasi mendukung penambahan luas bagi lahan pertanian dan terbangun, tetapi lahan ini tidak dapat penambahan luas dari lahan manapun. Lahan hutan dan konservasi yang tersebar di Kecamatan Sumowono, Jambu, Banyubiru, dan Tengaran sebagian besar dipredikikan beralih menjadi lahan pertanian. Peralihan ini turut terjadi pada lahan terbangun yang

cenderung berkembang mendekati lahan pertanian yang berubah di dekatnya.

Dari hasil prediksi, perubahan penggunaan lahan menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan pada lahan pertanian dan lahan terbangun, sedangkan terjadi penurunan pada lahan hutan dan konservasi. Bentuk perubahan lahan yang terjadi tersebut memicu terjadinya peningkatan kerusakan lahan yang berimbas pada tingginya laju erosi yang berdampak pada tingginya sedimentasi di badan air Danau Rawa Pening (Apriliyana, 2015). Bentuk perubahan ini menjadi salah satu penyebab daerah tangkapan air di wilayah hulu sub-DAS Rawa Pening mengalami degradasi. Berdasarkan pernyataan tersebut, diprediksikan badan air Danau Rawa Pening dapat mengalami penyusutan luas pada permukaan airnya sebesar 53,94 ha, dari yang semula 2.102,56 ha pada tahun 2024 menjadi 2.048,62 ha pada tahun 2034. Hasil prediksi ini akan beriringan dengan peningkatan pada lahan pertanian dan lahan terbangun yang terus mengalami pertumbuhan, terutama pada lahan yang berada di sekitar Danau Rawa Pening.

Secara keseluruhan, dari hasil prediksi penggunaan lahan yang diperoleh, lahan pertanian akan menjadi jenis lahan yang mengalami perubahan paling signifikan. Pada tahun 2034 diprediksikan hampir sebagian besar dari wilayah Kabupaten Semarang beralih dari lahan hutan dan konservasi menjadi lahan pertanian. Peningkatan luas lahan pertanian seringkali menjadi salah satu dampak langsung dari pertumbuhan jumlah penduduk, di mana semakin banyak populasi yang harus dipenuhi kebutuhannya, maka semakin besar pula permintaan terhadap pasokan bahan pangan. Kondisi ini mengakibatkan pengalihan fungsi lahan dari hutan, lahan konservasi, atau lahan non-produktif lainnya menjadi area pertanian guna

mengakomodasi kebutuhan pangan yang semakin meningkat.

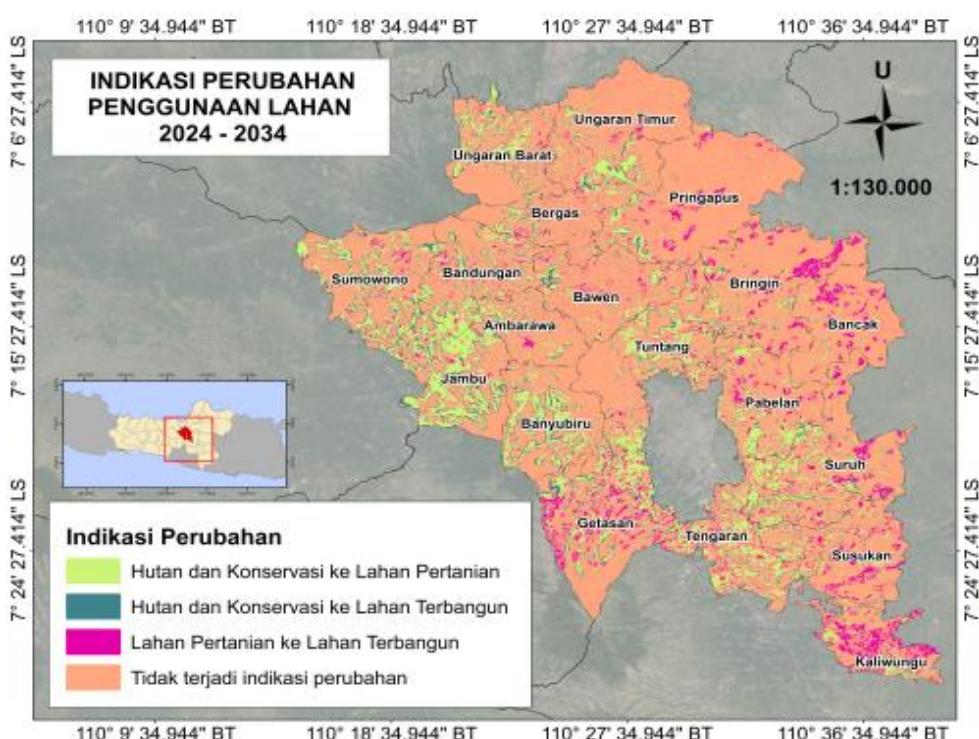
Laju peningkatan permintaan pangan berkorelasi dengan pertumbuhan jumlah penduduk, di mana untuk menjaga ketahanan pangan dan mengimbangi lonjakan kebutuhan akibat pertumbuhan populasi, perlu adanya perluasan lahan pertanian (Munibah et al, 2009). Hasil proyeksi penduduk BPS Provinsi Jawa Tengah (2023), diperkirakan penduduk Kabupaten Semarang akan meningkat menjadi 1.137,21 jiwa di tahun 2030 dan 1.166,61 jiwa di tahun 2035. Diproyeksikan dapat terjadi pertumbuhan penduduk kurang lebih sebesar 98.000 jiwa, jika dibandingkan pada tahun 2023. Pertumbuhan penduduk ini akan beriringan dengan hasil prediksi penggunaan lahan tahun 2034, di mana terjadinya peningkatan pada luas dari lahan pertanian menunjukkan hasil yang cukup signifikan. Peningkatan kebutuhan lahan pertanian juga didorong oleh adanya pola konsumsi yang akan berubah, di mana semakin banyak populasi yang bergerak ke arah konsumsi pangan yang lebih beragam dan berkualitas sehingga meningkatkan permintaan terhadap lahan untuk kawasan pertanian (Lambin & Meyfroidt, 2011).

Bentuk perubahan lahan hutan dan konservasi menjadi lahan pertanian turut dipengaruhi oleh beberapa faktor. Dari hasil analisis menggunakan regresi logistik, terdapat faktor jarak terhadap sungai, jarak terhadap jalan, dan jarak terhadap pusat perdagangan yang berpengaruh signifikan pada perubahan lahan hutan dan konservasi menjadi lahan pertanian. Faktor jarak terhadap sungai berkaitan dengan akses yang mudah terhadap sumber pengairan, hal ini dilihat dari sebagian besar area yang mengalami perubahan tersebut cenderung berada di dekat aliran sungai. Sedangkan, untuk faktor jarak terhadap jalan dan pusat perdagangan berkaitan dengan kemudahan akses dalam mobilitas input bahan

pertanian dan distribusi hasil pertanian. Hal ini dilihat dari keberadaan infrastruktur jalan, terutama jalan utama, yang telah menjangkau sebagian besar kawasan-kawasan pertanian yang ada di Kabupaten Semarang. Faktor jarak terhadap jalan juga menjadi faktor pendorong yang ditemukan dalam setiap bentuk perubahan penggunaan lahan yang terjadi. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa sebagian besar bentuk perubahan penggunaan lahan yang terjadi di Kabupaten Semarang paling dipengaruhi secara signifikan oleh faktor jarak terhadap jalan.

Berdasarkan hasil prediksi, dapat diketahui potensi wilayah dengan indikasi perubahan penggunaan lahan yang akan

terjadi di masa depan dengan membandingkannya terhadap kondisi terkini. Jika dibandingkan dengan penggunaan lahan tahun 2024, Gambar 14 menunjukkan beberapa wilayah di Kabupaten Semarang yang memiliki potensi perubahan tertinggi pada prediksi tahun 2034 meliputi Kecamatan Ungaran Barat, Sumowono, Jambu, Banyubiru, dan Tengaran. Indikasi perubahan ini didominasi oleh perubahan dari lahan hutan dan konservasi menjadi lahan pertanian. Selain itu, juga terdapat indikasi perubahan dari lahan pertanian menjadi lahan terbangun yang sebagian besar ditemukan di Kecamatan Getasan, Bringin, dan Kaliwungu.



Gambar 14. Indikasi Perubahan Penggunaan Lahan 2024 Terhadap 2034

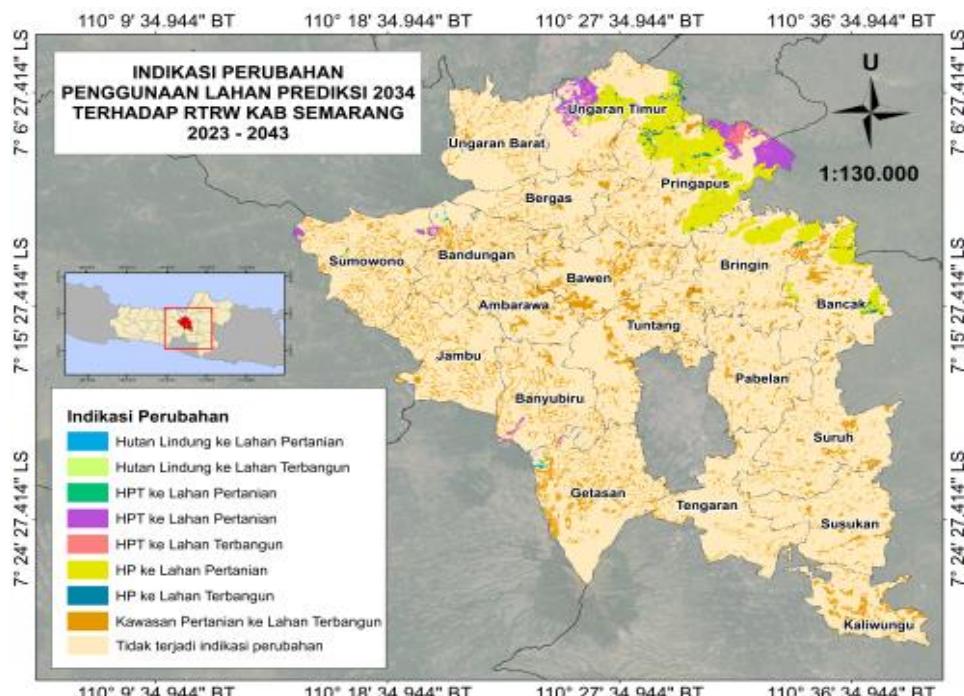
Hasil prediksi penggunaan lahan untuk tahun 2034 juga digunakan untuk melihat persebaran wilayah dengan potensi perubahan yang tidak sejalan dengan RTRW Kabupaten Semarang tahun 2023 – 2043 (Gambar 15). Perbandingan ini dilakukan untuk

mengidentifikasi penyimpangan antara skenario prediktif dan perencanaan tata ruang yang telah ditetapkan. Berdasarkan dari Gambar 15, probabilitas indikasi perubahan tertinggi dapat terjadi pada perubahan hutan produksi tetap (HP) ke lahan pertanian di Kecamatan Ungaran

Timur, Pringapus, Bergas, dan Bancak. Indikasi perubahan berikutnya juga akan cenderung terjadi pada perubahan hutan produksi terbatas.

Berdasarkan hasil perbandingan tersebut, diperkirakan terdapat 29358,85 ha atau setara dengan 28,82% wilayah yang mengalami indikasi ketidaksesuaian pola penggunaan lahan pada tahun 2034.

Probabilitas tertinggi terjadi pada perubahan hutan produksi ke lahan pertanian yang ditemukan di Kecamatan Ungaran Timur, Pringapus, Bergas, Bancak, dan Sumowono. Dengan demikian, perlu dilakukannya pengendalian yang lebih intensif pada wilayah-wilayah tersebut di masa depan.



Gambar 15. Indikasi Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap RTRW Kabupaten Semarang Tahun 2023 - 2043

KESIMPULAN

Perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Semarang pada rentang waktu 2013 – 2024 memperlihatkan jenis lahan hutan dan konservasi mengalami penurunan luas tertinggi sebesar 12.482,44 ha, sedangkan terdapat lahan terbangun yang mengalami pertambahan luas tertinggi sebesar 7.064,5 ha. Pada tahun 2013, penggunaan lahan di Kabupaten Semarang didominasi oleh lahan hutan dan konservasi dengan luas 51.013,33 ha atau 50,09% dari total seluruh wilayah, tetapi pada tahun 2024 penggunaan lahan di Kabupaten Semarang beralih

didominasi oleh lahan pertanian dengan luas 45.438,02 ha atau 44,62% dari total seluruh wilayah. Berdasarkan hasil dari pengolahan dengan model regresi logistik, didapat bahwa variabel jarak terhadap jaringan jalan menjadi faktor yang paling signifikan dalam mempengaruhi perubahan penggunaan lahan. Prediksi penggunaan lahan tahun 2034 di Kabupaten Semarang menunjukkan pertambahan luas pada lahan terbangun sebesar 9.315,83 ha dan pada lahan pertanian sebesar 9.054,79 ha, sedangkan pengurangan luas pada hutan dan konservasi sebesar 18.433 ha dan pada

badan air sebesar 53,94 ha. Hasil prediksi menunjukkan indikasi perubahan terbesar terjadi pada perubahan dari hutan dan konservasi ke lahan pertanian. Adapun wilayah dengan potensi perubahan tertinggi ditemukan di Kecamatan Ungaran Barat, Sumowono, Jambu, Banyubiru, Tengaran, Getasan, Bringin, dan Kaliwungu.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan mengenai perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Semarang yang dapat dijadikan gambaran awal dalam merencanakan tata ruang yang lebih efektif, bijak, dan sejalan dengan arah pertumbuhan wilayah. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan, terutama pada pemilihan variabel yang belum sepenuhnya mempertimbangkan kondisi lapangan secara mendalam. Oleh karena itu, tindak lanjut yang disarankan adalah melakukan penelitian lanjutan dengan pendekatan yang lebih komprehensif, melibatkan variabel tambahan yang relevan, serta verifikasi lapangan untuk meningkatkan ketepatan dan kebermanfaatan hasil dalam pengambilan kebijakan tata guna lahan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA:

- Alonso, A., Monzón, A., & Wang, Y. (2017). Modelling Land Use and Transport Policies to Measure Their Contribution to Urban Challenges: The Case of Madrid. *Sustainability (Switzerland)*, 9(3). doi:10.3390/su9030378
- Alwan, Barkey, R. A., & Syafri. (2020). Perubahan Penggunaan Lahan dan Keselarasan Rencana Pola Ruang Di Kota Kendari, 3(1), 1–5.
- Angelsen, A., & Kaimowitz, D. (1999). Rethinking the Causes of Deforestation: Lessons from Economic Models. *The World Bank Research Observer*, 14(1), 73–98.
- Antrop, M. (1998). *Landscape Change: Plan or Chaos?*
- Apriliyana, D. (2015). Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Sub DAS Rawapening terhadap Erosi dan Sedimentasi Danau Rawapening. *Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Kota*, 11(1), 103–116.
- Baja, S. (2012). *Perencanaan Tata Guna Lahan dan Pengembangan Wilayah: Pendekatan Spasial & Aplikasinya*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Bella, H. M., & Rahayu, S. (2021). Alih Fungsi Lahan Hutan Menjadi Lahan Pertanian di Desa Berawang, Kecamatan Ketol, Kabupaten Aceh Tengah. *Pros. SemNas. Peningkatan Mutu Pendidikan*, 2(1), 88–91.
- Briassoulis, H. (2020). *Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches* (Second). WVU Research Repository.
- Chomitz, K. M., & Gray, D. A. (1996). Roads, Land Use, and Deforestation: A Spatial Model Applied to Belize Downloaded from. *The World Bank Economic Review*, 10(3), 487–512. Retrieved from <http://wber.oxfordjournals.org/>
- Difanty, A., & Supriatna, S. (2021). *Spatial Modeling for Prediction Agricultural Land-use Change in Jampang Kulon, Sukabumi Regency*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 623). IOP Publishing Ltd. doi:10.1088/1755-1315/623/1/012084
- FAO. (1995). Land & Water.
- Gorunescu. (2011). Classification Performance Evaluation. In *Data Mining: Concepts, Models, and Techniques* (pp. 319–330).
- Hakim, A. M. Y., Baja, S., Rampisela, D. A., & Arif, S. (2021). Modelling Land Use/Land Cover Changes Prediction Using Multi-Layer Perceptron Neural Network (MLPNN): A Case Study in

- Makassar City, Indonesia. *International Journal of Environmental Studies*, 78(2), 301–318.
doi:10.1080/00207233.2020.1804730
- Kusniawati, I., Subiyanto, S., & Janu Amarrohman, F. (2020). *Analisis Model Perubahan Penggunaan Lahan Menggunakan Artificial Neural Network di Kota Salatiga*. *Jurnal Geodesi Undip Januari* (Vol. 9).
- Lambin, E. F., & Meyfroidt, P. (2011). Global Land Use Change, Economic Globalization, and The Looming Land Scarcity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(9), 3465–3472.
doi:10.1073/pnas.1100480108
- Laurance, W. F., Goosem, M., & Laurance, S. G. W. (2009, December). Impacts of Roads and Linear Clearings on Tropical Forests. *Trends in Ecology and Evolution*. doi:10.1016/j.tree.2009.06.009
- Masykuroh, D. K., & Rudiarto, I. (2016). Kajian Perubahan Penggunaan Lahan dan Harga Lahan di Wilayah Sekitar Pintu TOL Ungaran. *Tataloka*, 18(1), 53–66.
- Munibah, K., P R Santun, Sitorus, & Rustiadi, E. (2009). Model Hubungan Antara Jumlah Penduduk dengan Luas Lahan Pertanian dan Permukiman (Studi Kasus DAS Cidanau, Provinsi Banten). *Jurnal Tanah Dan Lingkungan*, 11.
- Norton, W. (1987). Humans, Land, and Landscape: A Proposal for Cultural Geography. *The Canadian Geographer*, 21–30.
- Nugroho, P., & Sugiri, A. (2009). Studi Kebijakan Pembangunan Terhadap Perubahan Tata Ruang di Kota Semarang. *Riptek*, 3(2), 41–51. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/265082978>
- Pamungkas, I., & Mukitali, M. (2015). Pengaruh Keberadaan Desa Wisata Karangbanjar Terhadap Perubahan Penggunaan Lahan, Ekonomi, dan Sosial Masyarakat. *Teknik PWK*, 4(3), 361–372.
- Prasetyo, B. H., & Setyorini, D. (2008). Karakteristik Tanah Sawah dari Endapan Aluvial dan Pengelolaannya. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 2(1), 1–14.
- Riswanto. (2009). *Evaluasi Akurasi Klasifikasi Penutupan Lahan Menggunakan Citra Alos Palsar Resolusi Rendah Studi Kasus di Pulau Kalimantan*. IPB (Bogor Agricultural University).
- Safitri, H. Y. S., Budisusanto, Y., Wahyu, U., & Dediyono, A. (2016). Analisis Pengaruh Lokasi Central Business District Terhadap Nilai Tanah di Daerah Sekitarnya (Studi Kasus: Daerah Industri di Surabaya). *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), A744–A749.
- Santé, I., García, A. M., Miranda, D., & Crecente, R. (2010). Cellular Automata Models for The Simulation of Real-World Urban Processes: A Review and Analysis. *Landscape and Urban Planning*, 96(2), 108–122.
doi:10.1016/j.landurbplan.2010.03.001
- Seto, K. C., Güneralp, B., & Hutyra, L. R. (2012). Global Forecasts of Urban Expansion to 2030 and Direct Impacts on Biodiversity and Carbon Pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(40), 16083–16088.
doi:10.1073/pnas.1211658109
- Su Ritohardoyo. (2013). *Penggunaan dan Tata Guna Lahan*. Yogyakarta: Penerbit Ombak.
- Suni, M. A., Muis, H., Arianingsih, I., Misra, M., & Baharuddin, R. F.

- (2023). Analisis dan Permodelan Spasial Perubahan Tutupan Lahan di Hutan Produksi Terbatas Kecamatan Kulawi Kabupaten Sigi. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 10(2), 273–284.
doi:10.21776/ub.jtsl.2023.010.2.11
- Syafitri, R., & Susetyo, C. (2018). Permodelan Pertumbuhan Lahan Terbangun sebagai Upaya Prediksi Perubahan Lahan Pertanian di Kabupaten Karanganyar. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2), C255–C262.
- Weith, T., Barkmann, T., Gaasch, N., Rogga, S., Strauß, C., & Zscheischler, J. (2021). *Sustainable Land Management in a European Context*. The Springer. Retrieved from <http://www.springer.com/series/8599>
- Yang, W., Mu, L., & Hou, K. (2022). *Progress on Geographic Cellular Automata Model*. In *Proceedings - 2022 Global Conference on Robotics, Artificial Intelligence and Information Technology, GCRAIT 2022* (pp. 333–336). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
doi:10.1109/GCRAIT55928.2022.00077.