

ANALISIS SPASIAL PERKEMBANGAN FISIK WILAYAH KABUPATEN KLATEN MENGGUNAKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DAN PREDIKSINYA TAHUN 2025 DENGAN CA MARKOV MODEL

Benita Roseana*), Sawitri Subiyanto, Bambang Sudarsono

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : benitaroseana@student.undip.ac.id

ABSTRAK

Konversi lahan yang terus meningkat mengancam pemenuhan kebutuhan pangan. Pengendalian laju perubahan penggunaan lahan sangat diperlukan agar keberlanjutan lingkungan dapat tetap terjaga. Salah satu upaya untuk menjaga keberlanjutan tersebut adalah dengan mempelajari arah perkembangan fisik yang terjadi beberapa tahun sebelumnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui luas dan pola perkembangan wilayah Kabupaten Klaten pada tahun 2006-2018, prediksi perkembangan fisik Kabupaten Klaten pada tahun 2025 dengan *Cellular Automata Markov Model* dan kesesuaiannya terhadap RTRW Kabupaten Klaten tahun 2011-2031, dan faktor yang mempengaruhi perkembangan fisik wilayah Kabupaten Klaten berdasarkan regresi logistik. *CA-Markov Model* digunakan untuk memprediksi kondisi di waktu yang akan datang secara spasial. Regresi Logistik digunakan untuk menganalisis pengaruh variabel independen yang terdiri dari jarak ke jalan, jarak ke hutan, jarak ke pusat kegiatan, jarak ke permukiman 2018, dan kepadatan penduduk per piksel. Perkembangan Kabupaten Klaten tahun 2025 diprediksi menggunakan *CA-Markov*. Kabupaten Klaten dalam kurun waktu dari tahun 2006 dan tahun 2010 mengalami perubahan luasan penggunaan lahan sebesar 4.090,683 Hektar, sedangkan kurun dari tahun 2010 dan tahun 2018 Kabupaten Klaten mengalami perubahan luasan penggunaan lahan sebesar 1.352,928 Hektar. Kecamatan yang selalu mengalami perkembangan permukiman pada rentang waktu tahun 2006, 2010, dan 2018 ada delapan kecamatan, yaitu Kecamatan Delanggu, Kecamatan Jatinom, Kecamatan Kalikotes, Kecamatan Karanganom, Kecamatan Karangdowo, Kecamatan Klaten Tengah, Kecamatan Manisrenggo, dan Kecamatan Tulung. Kesesuaian hasil prediksi *CA-Markov* terhadap RTRW Kabupaten Klaten tahun 2011-2031, kelas penggunaan lahan permukiman, industri, sawah, perdagangan dan jasa, lahan kosong, badan air, dan penggunaan lainnya dikatakan sesuai 86,245% dan tidak sesuai sebesar 13,756%. Kecamatan yang paling sesuai dengan RTRW adalah Kecamatan Ngawen dengan kesesuaian sebesar 7,701%, sedangkan kecamatan yang paling tidak sesuai adalah Kecamatan Jatinom dengan ketidaksesuaian sebesar 17,224%. Hasil analisis regresi logistik dapat dikatakan bahwa variabel independen yang paling berpengaruh terhadap perkembangan wilayah Kabupaten Klaten tahun 2025 adalah jarak ke permukiman dengan nilai koefisien regresi sebesar 0,0033, sedangkan variabel independen yang paling tidak berpengaruh terhadap perkembangan wilayah Kabupaten Klaten tahun 2025 adalah jarak ke hutan dengan nilai koefisien regresi sebesar -0,00005953.

Kata Kunci : *Cellular Automata Markov, Global Moran's I, Kabupaten Klaten, Penggunaan Lahan, Regresi Logistik.*

ABSTRACT

Land conversion that continues to increase threatens the fulfillment of food needs. Controlling the rate of change in land use is needed so that environmental sustainability can be maintained. One effort to maintain sustainability is to study the direction of physical development that occurred several years before. This study aims to determine the area and development patterns of Klaten Regency in 2006-2018, predictions of the physical development of Klaten Regency in 2025 with the Cellular Automata Markov Model and their suitability for the Klaten Regency RTRW in 2011-2031, and factors affecting the physical development of the Regency area. Klaten is based on logistic regression. CA-Markov Model is used to predict conditions in the future spatially. Logistic Regression is used to analyze the effect of independent variables consisting of distance to the road, distance to the forest, distance to the center of activity, distance to settlements 2018, and population density per pixel. The development of Klaten Regency in 2025 is predicted to use CA-Markov. Klaten Regency in the period of 2006 and 2010 experienced changes in the area of land use of 4,090,683 hectares. Meanwhile, the period from 2010 and 2018 in Klaten District experienced a change in the area of land use of 1,352,928 hectares. Subdistricts that have always experienced the development of settlements in the time span of 2006, 2010 and 2018 there are eight districts, called Delanggu District, Jatinom District, Kalikotes District, Karanganom District, Karangdowo District, Klaten Tengah District, Manisrenggo District, and Tulung District. The suitability of CA-Markov's prediction results of the Klaten District RTRW in 2011-2031, the class of residential land use, industry, rice fields, trade and services, vacant land, water bodies, and other uses is said to be 86.245% and not suitable for 13.756%. The most suitable district with RTRW is Ngawen District with a suitability of 7.701%. Whereas the most inappropriate sub-district is Jatinom sub-district with a mismatch of 17.224%. The logistic regression analysis results can be said that the most influential independent variable on the development of the Klaten Regency in 2025 is the distance to the settlement with a regression coefficient value of 0.0033. Whereas the independent variable that at least influenced the development of the Klaten Regency area in 2025 was the distance to the forest with a regression coefficient of -0.00005953.

Key Words: *Cellular Automata Markov, Global Moran's I, Klaten Regency, Land Use, Logistic Regression.*

*)Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Secara administrasi Kabupaten Klaten berada di Provinsi Jawa Tengah. Kabupaten Klaten berada di antara dua kota besar, yaitu Surakarta dan Yogyakarta. Perkembangan fisik wilayah di Kota Surakarta dan Kota Yogyakarta yang pesat turut mempengaruhi perkembangan internal di Kabupaten Klaten. Semakin tinggi mobilitas penduduk dan jumlah populasi, semakin tinggi pula kebutuhan lahan terbangunnya. Hal tersebut menyebabkan Kabupaten Klaten mengalami perkembangan fisik wilayah berupa peningkatan pembangunan sarana prasarana dan aksesibilitas. Pembangunan yang meningkat menyebabkan berkurangnya lahan kosong dan lahan sawah produktif.

Fungsi lahan mengalami perubahan dari pertanian menjadi lahan terbangun, seperti permukiman, industri, dan perdagangan. Lahan yang banyak mengalami alih fungsi lahan adalah lahan sawah produktif di kanan-kiri jalan arteri. Lahan sawah produktif yang mengalami alih fungsi lahan terdapat di sepanjang jalan Kemalang, Prambanan, Manisrenggo. Daerah-daerah tersebut termasuk daerah pinggiran kota. Perkembangan ekonomi menyebabkan nilai jual objek pajak tinggi, sehingga biaya pajak bumi dan bangunan pada lahan sawah produktif di kanan-kiri jalan arteri juga semakin tinggi. Sejak tahun 2013 pengelolaan PBB sudah berada di tangan pemerintah daerah. Selain itu minat masyarakat untuk bertani semakin rendah karena hasil produksi pertanian tidak selalu menguntungkan.

Kebutuhan lahan meningkat disebabkan oleh pertumbuhan jumlah populasi penduduk dan peningkatan pendapatan per kapita masyarakat. Oleh karena itu terjadi alih fungsi lahan. Hal tersebut tidak dapat dihindari karena ketersediaan lahan kosong terbatas. Peran manusia dan alam mendorong terjadinya perubahan penggunaan lahan yang terjadi secara dinamis (Koomen dkk., 2007). Perubahan iklim, peningkatan jumlah penduduk, dan proses urbanisasi merupakan penyebab umum yang dianggap sebagai faktor-faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya perubahan penggunaan lahan. Selain itu faktor ekonomi menjadi faktor pendorong yang cukup besar, sebagai contoh meningkatnya kebutuhan akan ruang tempat hidup, transportasi, dan tempat rekreasi akan mendorong terjadinya perubahan penggunaan lahan (Siswanto, 2006).

Perkembangan fisik wilayah Kabupaten Klaten dapat diprediksi secara spasial dengan berpedoman pada susunan tata guna lahan dalam citra satelit. Prediksi spasial mempunyai bentuk yang bermacam-macam, ada yang sederhana (*soft*) sampai sangat rumit (*hard*). Perencanaan dan pengembangan wilayah membutuhkan peran analisis yang bersifat peramalan (*forecasting*) dan prediksi (*prediction*) (Ernan dkk., 2011). Prediksi perubahan luasan penggunaan lahan dilakukan dengan metode *Markov Chain* dan metode *CA-Markov*.

Metode *Markov* adalah metode secara statistik dengan menggunakan matriks peluang peralihan berdasarkan efek kawasan pada algoritma yang mempengaruhi ruang (Kim dkk., 2011). Rantai *markov* diciptakan dengan data penggunaan lahan pada dua periode waktu tertentu. Dalam tahap ini proyeksi dilakukan dengan mengasumsikan jika pola perubahan yang terjadi saat ini atau dalam periode waktu tertentu akan serupa dengan perkembangan yang terjadi di masa depan (Ridwan dkk., 2017).

Peta RTRW tahun 2011-2031 digunakan sebagai acuan dalam memprediksi perkembangan fisik wilayah Kabupaten Klaten, sehingga dapat dilakukan pengawasan terhadap perkembangan fisik wilayah pada tahun 2025. Hal tersebut menjadi latar belakang penelitian untuk mengetahui luas dan pola perkembangan fisik wilayah Kabupaten Klaten tahun 2006, 2010, dan 2018. Selain itu perlu dibuat model prediksi perkembangan fisik wilayah Kabupaten Klaten tahun 2025 dengan *CA-Markov Model* sebagai acuan pemerintah dalam mengambil kebijakan. Hasil dari pemodelan *CA-Markov* akan dibandingkan dengan RTRW Kabupaten Klaten tahun 2011-2031 untuk mengetahui kesesuaiannya. Faktor-faktor yang mendorong perkembangan wilayah Kabupaten Klaten pada tahun 2025 akan dianalisis menggunakan regresi logistik untuk mengetahui faktor apa yang paling berpengaruh.

I.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini mempunyai beberapa rumusan masalah. Berikut penjelasannya.

1. Bagaimana luas dan pola perkembangan fisik wilayah Kabupaten Klaten berdasarkan peta penggunaan lahan tahun 2006-2018?
2. Bagaimana prediksi luas penggunaan lahan Kabupaten Klaten tahun 2025 dengan *CA-Markov Model* dan kesesuaiannya Kabupaten Klaten tahun 2011-2031?
3. Bagaimana faktor yang mempengaruhi perkembangan fisik wilayah Kabupaten Klaten tahun 2025 berdasarkan Regresi Logistik?

I.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini mempunyai beberapa tujuan. Berikut penjelasannya.

1. Mengetahui luas dan pola perkembangan fisik wilayah Kabupaten Klaten berdasarkan peta penggunaan lahan tahun 2006-2018.
2. Mengetahui prediksi luas penggunaan lahan Kabupaten Klaten tahun 2025 dengan *CA-Markov Model* dan kesesuaiannya terhadap RTRW Kabupaten Klaten tahun 2011-2031.
3. Mengetahui faktor yang mempengaruhi perkembangan fisik wilayah Kabupaten Klaten tahun 2025 berdasarkan Regresi Logistik.

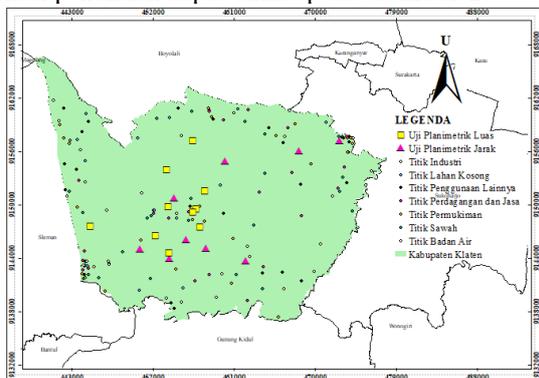
I.4 Batasan Masalah

Batasan masalah bertujuan untuk mencegah pembahasan yang terlalu melebar. Penelitian ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut.

1. Objek penelitian adalah Kabupaten Klaten Provinsi Jawa Tengah.
2. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.
 - a. Metode Sistem Informasi Geografis yang digunakan untuk mengklasifikasikan tutupan lahan adalah digitasi *on screen*. Proses tersebut menghasilkan peta perkembangan wilayah Kabupaten Klaten tahun 2006, 2010, dan 2018.
 - b. Metode yang digunakan untuk memperoleh luas perkembangan wilayah Kabupaten Klaten yaitu metode *overlay intersect*.
 - c. Analisis *Global Moran's Index* atau analisis tetangga terdekat yang berfungsi untuk mengetahui pola perkembangan fisik wilayah setiap kecamatan di Kabupaten Klaten.
 - d. Analisis *Rank Size Rule* digunakan untuk meranking setiap kecamatan di Kabupaten Klaten yang disesuaikan dengan jumlah penduduk pada setiap kecamatan.
 - e. Metode yang digunakan untuk membuat prediksi spasial perkembangan wilayah Kabupaten Klaten tahun 2025 adalah *CA-Markov*.
 - f. Hasil prediksi spasial perkembangan wilayah Kabupaten Klaten tahun 2025 akan dianalisis kesesuaiannya dengan RTRW Kabupaten Klaten tahun 2011-2031.
3. Hal yang dianalisis dalam penelitian ini, yaitu:
 - a. Luas dan pola perkembangan fisik wilayah.
 - b. Prediksi persebaran fisik wilayah tahun 2025 dengan *CA-Markov Model*.
 - c. Kesesuaian prediksi tahun 2025 terhadap RTRW Kabupaten Klaten Tahun 2011-2031.
 - d. Faktor yang mempengaruhi perkembangan fisik wilayah Kabupaten Klaten tahun 2025 berdasarkan Regresi Logistik.

I.5 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian mengambil Kabupaten Klaten yang terletak di Provinsi Jawa Tengah. Secara astronomis Kabupaten Klaten terletak di antara 110°30'-110°45' Bujur Timur dan 7°30'-7°45' Lintang Selatan. Kabupaten Klaten terdiri dari 26 kecamatan. Lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan sangat dibutuhkan manusia untuk memenuhi kebutuhan jasmani, rohani, maupun keduanya. Oleh karena itu penggunaan lahan merupakan hasil dari perilaku manusia secara periodik maupun permanen (Malingreau, 1978). Perencanaan wilayah membutuhkan unsur-unsur penting, salah satunya yaitu penggunaan lahan. Penggunaan lahan mempunyai dua macam secara umum, yaitu lahan terbangun dan lahan tidak terbangun.

II.2 RMSE

Root Mean Square Error terjadi karena nilai koordinat pengamatan mempunyai selisih dengan hasil perataannya. Hasil dari hitungan uji geometrik adalah nilai RMSE. Semakin kecil nilai RMSE, maka semakin tinggi tingkat ketelitiannya. Berdasarkan (Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 6 Tahun 2018 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar), RMSE merupakan akar kuadrat dari rata-rata kuadrat selisih antara nilai koordinat data dengan nilai koordinat sumber perhitungan seperti pada **Persamaan 1**.

$$RMSE = \sqrt{\frac{(x' + x_{orig})^2 - (y' + y_{orig})^2}{n}} \dots\dots\dots 1$$

Keterangan :

- x', y' : koordinat hasil koreksi
- x_{orig}, y_{orig} : koordinat GCP/ICP bidang
- n : jumlah GCP/ICP

Agar mendapatkan tingkat kepercayaan sebesar 90% (CE90), maka RMSE dari uji geometrik harus dilakukan perhitungan lebih lanjut. CE90 mempunyai persamaan seperti pada **Persamaan 2**.

$$CE90 = 1,5175 \times RMSE \dots\dots\dots 2$$

Keterangan :

RMSE : *Root Mean Square Error*

II.3 Topologi

Topologi adalah pendefinisian secara matematis yang menerangkan hubungan relatif antara obyek yang satu dan yang lain. Dalam GIS topologi didefinisikan oleh pengguna sesuai dengan karakteristik data, misal *polyline*, *polygon* maupun *point*. Setiap karakteristik data mempunyai aturan tertentu secara *default* telah disediakan oleh *software GIS* (Hanifah, 2015).

II.4 Global Moran's Index

Autokorelasi spasial atau *Global Moran's I* digunakan untuk mengukur autokorelasi spasial berdasarkan kedua lokasi fitur dan nilai fitur bersamaan (Fitriana dkk., 2017). Dapat mengevaluasi pola yang diekspresikan tersebar, acak, dan mengelompok. Alat ini menghitung nilai indeks *Moran's*, *Expected Index*, nilai variansi, *z-score*, dan *p-value* untuk mengevaluasi signifikansi indeks tersebut yang dapat diakses sebagai hasil *output* dalam bentuk model atau *script* di *browser internet default*.

II.5 Rank Size Rule

Rank Size Rule merupakan analisis yang bertujuan untuk mengetahui peringkat atau *ranking* suatu wilayah berdasarkan jumlah penduduknya. Adapun persamaan untuk mengetahui *ranking* suatu wilayah (Nurpiena, 2015) dapat dilihat pada **Persamaan 3**.

$$P_n = \frac{P_1}{n} \dots\dots\dots 3$$

Keterangan:

- P_n : jumlah penduduk yang ingin diketahui sesuai dengan *ranking*
- P₁ : jumlah penduduk terbanyak
- n : *rank* kota yang ditetapkan

II.6 Matriks Konfusi

Uji akurasi dilakukan dengan membandingkan dua peta yaitu antara peta bersumber dari analisis penginderaan jauh atau yang akan diuji dengan peta yang berasal dari sumber lainnya (Campbell dan Wynne, 2011). Matriks konfusi adalah matriks yang mengindikasikan tingkat akurasi citra yang telah terklasifikasi terhadap data referensi. Matriks konfusi ini melakukan perhitungan dengan 4 keluaran, yaitu *overall accuracy*, *user accuracy*, *producer accuracy*, dan *kappa accuracy*.

II.7 Cellular Automata

Metode ini merupakan sistem dinamis yang beroperasi dengan ruang dalam data raster dimana nilai data raster tersebut dapat didefinisikan kedalam data binari atau diskret dan perilakunya dipengaruhi oleh ketetanggaan (Wen, 2008). CA merupakan konsep yang dapat menggambarkan adanya transisi/pergerakan dari setiap elemen atau objek yang dinamakan *automaton*. Komponen utama dalam *Cellular Automata* antara lain :

1. Ruang Sel (*Automaton/Cell Space*)
Ruang sel tersusun atas sel individu. Meskipun sel tersebut terdiri dari berbagai bentuk geometrik, kebanyakan CA mengadopsi *grid regular* delapan (berbentuk persegi) untuk merepresentasikan ruangnya, yang membuat CA sangat mirip dengan struktur *cellular* pada data bertipe raster dalam SIG.
2. State Sel (*Cell States*)
State pada tiap sel mungkin merepresentasikan berbagai variabel spasial, contohnya berbagai variasi tipe penggunaan lahan. Pada CA klasik, aturan transisi merupakan suatu model *deterministik* dan tidak berubah selama waktu simulasi. Akan tetapi, aturan transisi dapat dimodifikasi ke dalam model stokastik dan metode logika samar yang terkontrol.
3. Ketetanggaan (*Neighborhood*)
Pada model CA dua dimensi terdapat dua model ketetanggaan, yaitu Model *Von Neumann* dengan 4 (empat) tetangga sel dan Model *Moore* dengan 8 (delapan) tetangga sel.

II.8 Keterbatasan Model CA-Markov

Prediksi perubahan penggunaan lahan diproses berdasarkan data atribut penggunaan lahan, kesesuaian lahan, dan tetangganya. Model *CA-Markov* merupakan proses pemodelan distribusi spasial dalam SIG (Subiyanto dan Amarrohman, 2019). Beberapa keterbatasan dari model *Cellular Automata* adalah sebagai berikut.

- a. Model ini melakukan prediksi berdasarkan perkembangan linier dari data masukan. Penyebabnya adalah karena hanya menggunakan dua citra multi temporal, maka *trend* perubahan akan mengikuti data masukan. Kondisi ini merupakan kelemahan karena pada kenyataannya perubahan penggunaan lahan tidak selalu berjalan dengan kecepatan konstan.
- b. Model ini tidak dapat mengakomodasi perkembangan yang disebabkan oleh pusat perkembangan kota yang baru.
- c. Model ini hanya dapat memfasilitasi model perembetan kota dengan pola perembetan berbentuk memanjang dan pola perembetan berbentuk konsentris.

II.9 Kappa Accuracy

Hasil dari prediksi penggunaan lahan menggunakan metode *CA-Markov* harus divalidasi model terlebih dahulu untuk mengetahui tingkat ketelitian dari peta penggunaan lahan yang dihasilkan. Persamaan nilai *kappa accuracy* (Jensen, 1996) dapat dilihat pada **Persamaan 4**.

$$Kappa\ Accuracy = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times X_{x+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times X_{x+i})} \dots\dots\dots 4$$

Keterangan :

- x_i : luas tipe penggunaan lahan ke-i hasil observasi
- x_{i+} : luas tipe penggunaan lahan ke-i hasil simulasi
- x_{ji} : luas tipe penggunaan lahan ke-i hasil simulasi yang bersesuaian dengan luas tipe penggunaan lahan ke-i hasil observasi
- i : baris dan kolom
- r : jumlah tipe penggunaan lahan
- N : jumlah luas semua tipe penggunaan lahan

II.10 Regresi Logistik

Regresi logistik merupakan regresi yang menggunakan variabel bebas tipe biner untuk menghasilkan sebuah persamaan matematika. Persamaan matematika ini dapat digunakan untuk mengetahui prediksi peluang terjadinya perubahan penggunaan lahan dalam suatu wilayah. Struktur regresi logistik terdiri dari tiga bagian penting, yaitu (1) fungsi beberapa *Logit transform* yang linier dengan variabel bebas untuk memperkirakan nilai binomial, (2) peluang perubahan tergantung peubah bebas yang bersifat linier, dan (3) peubah respon terdiri dari binomial bebas yang menunjukkan perubahan. Hasil

dari regresi logistik adalah *odd ratio* atau perbandingan peluang yang berhubungan dengan setiap variabel bebas. *Odd ratio* atau perbandingan peluang merupakan hasil dari peluang muncul dibagikan dengan peluang tidak muncul. Persamaan matematis dari regresi logistik (Wijaya, 2012) dapat dilihat pada **Persamaan 5**.

$$\text{Logit } p(x_i) = \ln \frac{p(x_i)}{1-p(x_i)} = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_k X_k \dots\dots\dots 5$$

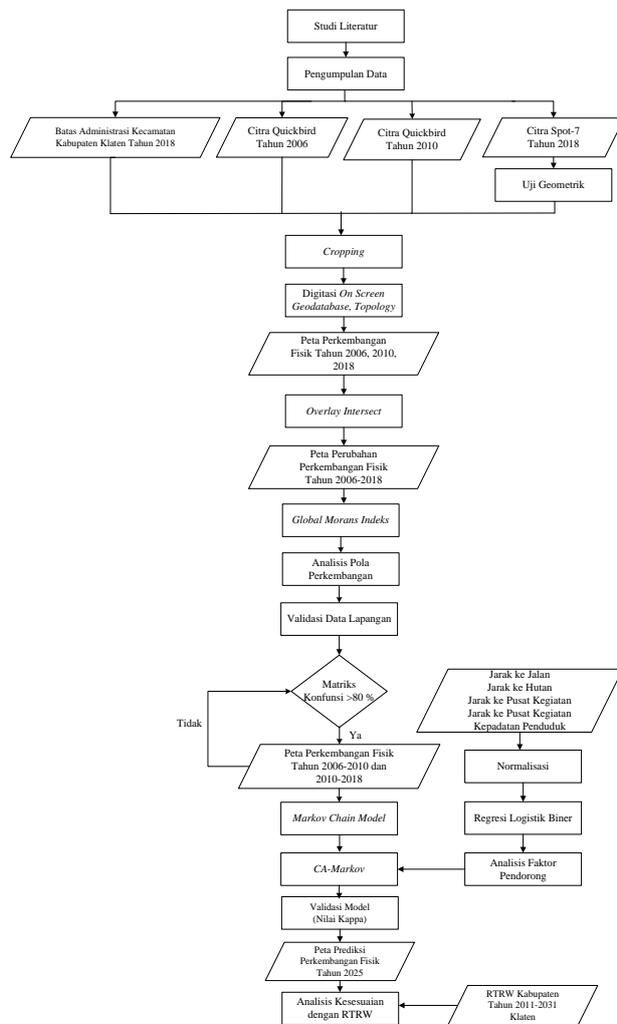
Keterangan :

- $p(x_i)$ = probabilitas terjadinya perubahan
- α = konstanta persamaan regresi linier
- β = koefisien dari variabel independen
- X = parameter simulasi perubahan atau variabel prediktor (1,2,...,p)

III. Metodologi Penelitian

III.1 Diagram Alir

Secara garis besar tahapan penelitian dilakukan sesuai dengan **Gambar 2**.



Gambar 2 Diagram alir penelitian

III.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

III.2.1 Peralatan Pengolahan Data

- a. Perangkat Keras (*Hardware*)
 - 1) Merek laptop : HP 6006U
 - 2) Sistem operasi : Windows 10
 - 3) *Processor* : Intel Core i3
 - 4) *System type* : 64-bit operating system
 - 5) RAM : 4 GB

b. Perangkat Lunak (*Software*)

- 1) ArcGIS 10.3
- 2) Aplikasi prediksi spasial
- 3) Microsoft Office 2016
- 4) Mobile Topographer

III.2.2 Data Penelitian

- a. Citra Quickbird Kabupaten Klaten tahun 2006 (BPN Kanwil Jawa Tengah)
- b. Citra Quickbird Kabupaten Klaten tahun 2010 (DLHK Jawa Tengah)
- c. Citra Spot-7 Kabupaten Klaten tahun 2018 (Pustekdata LAPAN)
- d. Batas Administrasi dan jaringan jalan Kabupaten Klaten tahun 2016 (Dinas PUPR Kabupaten Klaten)
- e. Peta RTRW Kabupaten Klaten tahun 2011-2031 (Dinas PUPR Kabupaten Klaten)
- f. Data Kependudukan Kabupaten Klaten tahun 2018 (BPS Kabupaten Klaten)

III.3 Pra Pengolahan

III.3.1 Uji Geometrik

Uji geometrik dilakukan untuk mengecek kualitas citra SPOT-7 karena citra SPOT-7 didapatkan dalam penelitian sudah terortorektifikasi. Pengecekan kualitas berguna untuk menentukan kelayakan citra SPOT-7 digunakan dalam penelitian ini. Uji geometrik dalam penelitian ini menggunakan metode *image to image* dan perbandingan data ukuran di lapangan dengan data ukuran pada citra SPOT-7.

Nilai RMSE CE90 citra SPOT-7 tahun 2018 yaitu sebesar 0,574 meter, sedangkan tingkat akurasi citra SPOT-7 berdasarkan Pustekdata LAPAN yaitu sebesar 1,5 meter. Hasil tersebut menunjukkan bahwa RMSE hasil uji geometrik citra SPOT-7 memenuhi toleransi, karena tidak melebihi akurasi CE90 dari citra SPOT-7 tahun 2018. Nilai RMSE CE90 citra SPOT-7 juga memenuhi nilai ketelitian geometri peta RBI pada kelas 1 yaitu 1:10.000.

III.3.2 Pemotongan Citra

Pemotongan citra dilakukan dengan menggunakan data batas administrasi Kabupaten Klaten yang berbentuk vektor untuk memfokuskan penelitian ini pada daerah tersebut.

III.4 Pengolahan Data

III.4.1 Digitasi on Screen

Digitasi on screen menggunakan ArcGIS 10.3 bertujuan untuk memudahkan interpretasi citra. Pembuatan *shapefile* perlu dilakukan sebelum digitasi

on screen. Hal ini bertujuan agar klasifikasi penggunaan lahan dapat dilakukan dengan mudah.

III.4.2 Pembuatan *Geodatabase*

Geodatabase adalah gabungan dataset informasi geografis yang terdapat dalam sistem berkas *folder* biasa, basis data Ms Access, atau DBMS *Multiuser*. Pada umumnya *geodatabase* terdiri dari data spasial (*feature classes*) dan data non spasial (tabel).

III.4.3 Topologi

Topologi adalah cara yang digunakan untuk memperbaiki kesalahan hasil digitasi. Kesalahan yang dimaksud diantaranya adalah *overlay*, *gap*, *overshoot*, dan *dangle*. Kesalahan topologi akan mempengaruhi konsistensi data secara signifikan.

III.4.4 Perhitungan Luas Perkembangan Fisik

Setelah melakukan digitasi penggunaan lahan pada setiap citra Kabupaten Klaten, tahap selanjutnya adalah menghitung luas setiap penggunaan lahan pada tabel atribut. Tabel atribut merupakan tabel yang berisi data yang sudah disimpan dalam fitur.

III.4.5 *Overlay Intersect*

Overlay merupakan tahap menggabungkan dua atau lebih penggunaan lahan dari hasil digitasi citra. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perkembangan pada setiap kelas tutupan lahan. Pada penelitian ini jenis *overlay* yang digunakan adalah *overlay intersect*.

III.4.6 Pola Perkembangan

Pola perkembangan fisik wilayah Kabupaten Klaten dapat diketahui dengan analisis tetangga terdekat (*Global Moran's Index*). Tujuan proses analisis tetangga terdekat adalah untuk mengetahui pola perkembangannya termasuk ke dalam acak (*random*), tersebar (*dispersed*), atau mengelompok (*cluster*).

III.4.7 Prediksi *CA-Markov*

CA-Markov biasanya digunakan untuk memprediksi perkembangan wilayah menurut kelas penggunaan lahannya. Prediksi tersebut dapat digunakan menggunakan aplikasi prediksi spasial.

III.4.8 Validasi Model

Validasi model perlu dilakukan untuk mengetahui ketelitian dari model. Hal ini dilakukan dengan proses *Crosstab* peta perkembangan wilayah tahun 2018 terhadap peta prediksi perkembangan wilayah tahun 2018. *Crosstab* pada aplikasi prediksi spasial berfungsi untuk membangun klasifikasi silang (*cross-classification*), menunjukkan wilayah-wilayah yang tetap, dan mengalami perubahan penggunaan lahan.

III.4.9 *Kappa Accuracy*

Validasi model perlu dilakukan untuk mengetahui ketelitian dari model. Hal ini dilakukan dengan proses *Crosstab* peta perkembangan wilayah tahun 2018 terhadap peta prediksi perkembangan wilayah tahun 2018. Validasi model biasanya dilakukan dengan menghitung *kappa accuracy*.

III.4.10 Regresi Logistik

Regresi logistik berfungsi untuk mengetahui hubungan antara variabel perubahan penggunaan lahan dengan lima variabel bebas. Variabel-variabel bebas tersebut yaitu jarak ke jalan, jarak ke hutan, jarak ke

pusat kegiatan, jarak ke permukiman 2018, dan kepadatan penduduk per piksel.

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Hasil Uji Geometrik

Tingkat akurasi posisi piksel dapat diketahui dengan cara uji geometrik yang menghasilkan *Root Means Square Error (RMSE)*. Ketepatan posisi piksel akan semakin akurat, jika nilai RMSE semakin kecil. Metode yang digunakan dalam uji geometrik adalah *image to image* dengan *base image* yaitu citra Quickbird tahun 2010 dan *wrap image* citra SPOT-7 tahun 2018. Jumlah RMSE dari hasil uji geometrik sebesar 0,378 m.

Uji ketelitian CE90 dihitung berdasarkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.

$$CE90 = 1,5175 \times 0,378 \text{ m}$$

$$CE90 = 0,574 \text{ m}$$

Nilai RMSE CE90 citra SPOT-7 tahun 2018 yaitu sebesar 0,574 m.

IV.2 Hasil Pola Perkembangan Wilayah

Pola perkembangan wilayah Kabupaten Klaten menggunakan data pola perkembangan permukiman Kabupaten Klaten tahun 2006 sampai 2018 dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Pola Perkembangan Wilayah Tahun 2006, 2010, dan 2018

Pola Perkembangan Wilayah				
Kecamatan	2006	2010	2018	Keterangan
Bayat	Acak	Mengelompok	Mengelompok	Sedang
Cawas	Acak	Acak	Mengelompok	Sedang
Ceper	Tersebar	Mengelompok	Mengelompok	Sedang
Delanggu	Acak	Tersebar	Mengelompok	Cepat
Gantiwarno	Tersebar	Tersebar	Mengelompok	Sedang
Jatinom	Tersebar	Acak	Mengelompok	Cepat
Jogonalan	Acak	Mengelompok	Mengelompok	Sedang
Juwiring	Acak	Mengelompok	Mengelompok	Sedang
Kalikotes	Tersebar	Acak	Mengelompok	Cepat
Karanganom	Tersebar	Acak	Mengelompok	Cepat
Karandowo	Tersebar	Acak	Mengelompok	Cepat
Karangnongko	Acak	Mengelompok	Mengelompok	Sedang
Kebonarum	Tersebar	Mengelompok	Mengelompok	Sedang
Kemalang	Acak	Mengelompok	Mengelompok	Sedang
Klaten Selatan	Acak	Mengelompok	Mengelompok	Sedang
Klaten Tengah	Tersebar	Acak	Mengelompok	Cepat
Klaten Utara	Acak	Acak	Mengelompok	Sedang
Manisrenggo	Tersebar	Acak	Mengelompok	Cepat

Lanjutan **Tabel 2** Pola Perkembangan Wilayah Tahun 2006, 2010, dan 2018

Pola Perkembangan Wilayah				
Kecamatan	2006	2010	2018	Keterangan
Ngawen	Tersebar	Mengelompok	Mengelompok	Sedang
Pedan	Acak	Acak	Mengelompok	Sedang
Polanharjo	Acak	Mengelompok	Mengelompok	Sedang
Prambanan	Tersebar	Mengelompok	Mengelompok	Sedang
Trucuk	Tersebar	Mengelompok	Mengelompok	Sedang
Tulung	Tersebar	Acak	Mengelompok	Cepat
Wedi	Acak	Acak	Mengelompok	Sedang
Wonosari	Acak	Acak	Mengelompok	Sedang

IV.3 Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

Perubahan luas penggunaan lahan di Kabupaten Klaten dapat diperoleh dengan *overlay intersect* peta penggunaan lahan tahun pertama dan peta penggunaan lahan tahun kedua.

IV.3.1 Analisis Perubahan Penggunaan Lahan tahun 2006-2010

Perubahan luas penggunaan lahan Kabupaten Klaten tahun 2006 terhadap tahun 2010 dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 3 Perubahan Luas Penggunaan Lahan Kabupaten Klaten Tahun 2006-2010

No	Perubahan Penggunaan Lahan		Luas Perubahan	
	2006	2010	Ha	%
1	Penggunaan Lainnya	Permukiman	937,980	22,9%
2	Lahan Kosong	Permukiman	471,849	11,5%
3	Sawah	Penggunaan Lainnya	351,194	8,6%
4	Penggunaan Lainnya	Perdagangan dan Jasa	74,466	1,8%
5	Lahan Kosong	Perdagangan dan Jasa	6,600	0,2%
6	Sawah	Perdagangan dan Jasa	49,966	1,2%
7	Industri	Perdagangan dan Jasa	7,155	0,2%
8	Permukiman	Perdagangan dan Jasa	41,415	1,0%
9	Penggunaan Lainnya	Industri	5,517	0,1%
10	Sawah	Industri	245,784	6,0%
11	Sawah	Permukiman	1898,756	46,4%
Jumlah			4090,683	100%

Berdasarkan data hasil penelitian pada **Tabel 2**, dapat diketahui bahwa Kabupaten Klaten dalam kurun waktu empat tahun yaitu dari tahun 2006 dan tahun 2010 mengalami perubahan penggunaan lahan sebesar

4.090,683 Hektar. Penggunaan lahan yang mengalami perubahan paling besar yaitu permukiman sebesar 80,9%. Penggunaan lahan yang mengalami perubahan paling kecil yaitu perdagangan dan jasa sebesar 4,4%. Kondisi perubahan lahan terbesar terjadi pada perubahan lahan sawah menjadi permukiman yaitu sebesar 46,4%, sedangkan kondisi perubahan lahan terkecil terjadi pada perubahan penggunaan lainnya menjadi industri yaitu sebesar 0,1%.

IV.4 Analisis Perubahan Penggunaan Lahan tahun 2010-2018

Perubahan luas penggunaan lahan Kabupaten Klaten tahun 2010 terhadap tahun 2018 dapat dilihat pada **Tabel 3**.

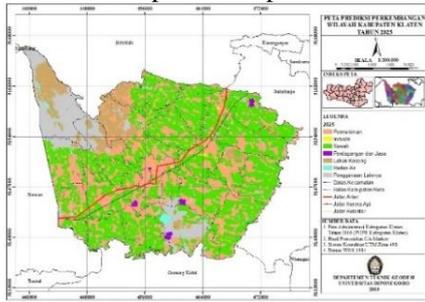
Tabel 4 Perubahan Penggunaan Lahan Kabupaten Klaten Tahun 2010-2018

No	Perubahan Penggunaan Lahan		Luas Perubahan	
	2010	2018	Ha	%
1	Perdagangan dan Jasa	Penggunaan Lainnya	51,436	3,8%
2	Perdagangan dan Jasa	Permukiman	81,472	6,0%
3	Sawah	Penggunaan Lainnya	16,900	1,2%
4	Penggunaan Lainnya	Perdagangan dan Jasa	106,677	7,9%
5	Lahan Kosong	Perdagangan dan Jasa	9,860	0,7%
6	Sawah	Perdagangan dan Jasa	97,077	7,2%
7	Permukiman	Perdagangan dan Jasa	78,941	5,8%
8	Sawah	Permukiman	309,501	22,9%
9	Penggunaan Lainnya	Industri	9,553	0,7%
10	Sawah	Industri	332,247	24,6%
11	Lahan Kosong	Permukiman	1,258	0,1%
12	Industri	Permukiman	258,006	19,1%
Jumlah			1.352,928	100%

Berdasarkan data hasil penelitian pada tabel **Tabel 3**, dapat diketahui bahwa Kabupaten Klaten dalam kurun waktu delapan tahun yaitu dari tahun 2010 dan tahun 2018 mengalami perubahan penggunaan lahan sebesar 1.352,928 Hektar. Penggunaan lahan yang mengalami perubahan paling besar yaitu permukiman sebesar 48,2%. Penggunaan lahan yang mengalami perubahan paling kecil yaitu perdagangan dan jasa sebesar 5,1%. Kondisi perubahan lahan terbesar terjadi pada perubahan lahan sawah menjadi industri yaitu sebesar 24,6%, sedangkan kondisi perubahan lahan terkecil terjadi pada perubahan lahan kosong menjadi permukiman yaitu sebesar 0,1%.

IV.5 Analisis Prediksi CA-Markov

Peta prediksi perkembangan wilayah dengan CA-Markov Model dapat dilihat pada **Gambar 3**.

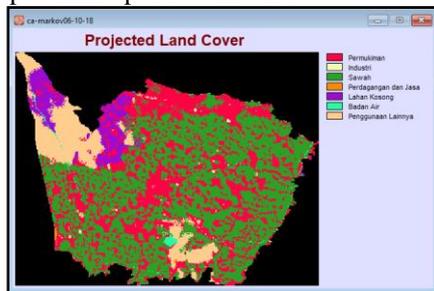


Gambar 3 Peta Prediksi Perkembangan Wilayah Tahun 2025 dengan CA-Markov Model

IV.6 Validasi Model CA-Markov

Model CA-Markov diperoleh dengan memasukkan matriks transisi area tahun 2006-2010 dan input dasar penggunaan lahan tahun 2018, sehingga prediksi tahun 2025 dapat dihasilkan. Sebelum dilakukan prediksi perkembangan wilayah Kabupaten Klaten tahun 2025 perlu dilakukan validasi model. Validasi model dapat dilakukan dengan melihat nilai *kappa accuracy*. Nilai *kappa accuracy* dikatakan memenuhi, jika nilainya lebih dari 85%. Persamaan *kappa accuracy* dapat dilihat seperti **Persamaan 4**. Data masukan untuk validasi model adalah peta penggunaan lahan eksisting tahun 2018. Proses *overlay* dengan memasukkan input penggunaan lahan tahun eksisting 2018 dan penggunaan lahan tahun 2018 hasil prediksi dengan CA-Markov.

Model prediksi penggunaan lahan tahun 2018 diperoleh dengan cara analisis CA-Markov Model. Data input tahun pertama adalah tahun 2006, sedangkan data input kedua adalah 2010. Berdasarkan hasil uji validasi model dapat diperoleh nilai *kappa accuracy* sebesar 0,8722. Nilai *kappa accuracy* tersebut menunjukkan bahwa model prediksi yang dihasilkan sangat baik. Hal tersebut menunjukkan bahwa metode CA-Markov dapat digunakan untuk memprediksi penggunaan lahan tahun 2025. Hasil model prediksi penggunaan lahan tahun 2018 dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4 Hasil Prediksi Tahun 2018

Hasil validasi model yang diolah menggunakan aplikasi SIG menunjukkan nilai akurasi sebesar 0,8722. Hal ini menunjukkan bahwa prediksi perkembangan wilayah Kabupaten Klaten tahun 2025 dikatakan baik dan dapat diterima. Nilai *kappa* 0,8722 menunjukkan bahwa hasil prediksi penggunaan lahan tahun 2018

berimbang dengan penggunaan lahan eksisting tahun 2018 dalam hal penyebaran spasial dan luas penggunaan lahannya.

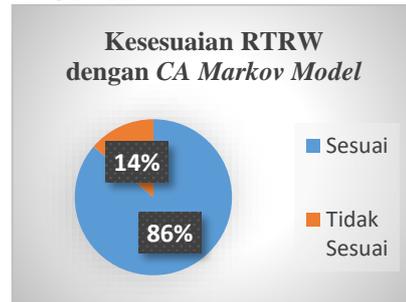
IV.7 Analisis Kesesuaian Prediksi CA-Markov dengan RTRW

Hasil prediksi CA-Markov untuk setiap kelas tutupan lahan dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 5 Luas Prediksi CA-Markov

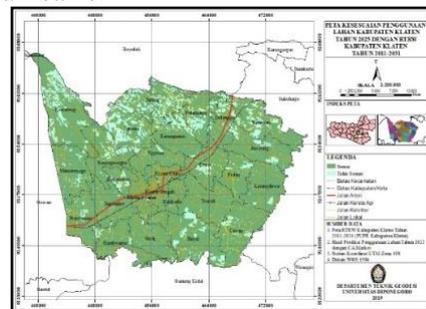
No	Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	Presentase (%)
1	Permukiman	24175,851	36,900
2	Industri	115,939	0,177
3	Sawah	33722,708	51,472
4	Perdagangan dan Jasa	372,134	0,568
5	Lahan Kosong	2097,975	3,202
6	Penggunaan Lainnya	4590,239	7,006
7	Badan Air	441,877	0,674
Jumlah		65516,722	100,000

Hasil kesesuaian luas antara CA-Markov dengan RTRW Kabupaten Klaten tahun 2011-2031 dapat dilihat pada **Gambar 5**.



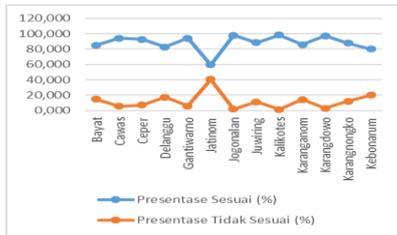
Gambar 5 Kesesuaian CA-Markov dengan RTRW

Berdasarkan **Gambar 5** dapat diketahui bahwa kesesuaian luas antara CA-Markov dengan RTRW Kabupaten Klaten tahun 2011-2031 menggunakan metode *overlay intersect* adalah sebesar 86,245%. Peta kesesuaian CA-Markov dengan RTRW dapat dilihat pada **Gambar 6**.

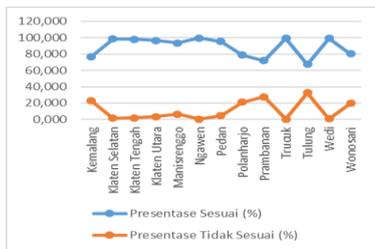


Gambar 6 Peta Kesesuaian CA-Markov dengan RTRW

Kesesuaian CA-Markov dengan RTRW setiap kecamatan dapat dilihat pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**.



Gambar 7 Kesesuaian CA-Markov dengan RTRW Per Kecamatan



Gambar 8 Kesesuaian CA-Markov dengan RTRW Per Kecamatan (Lanjutan)

Berdasarkan Gambar 7 dan Gambar 8 dapat diketahui bahwa Kecamatan yang paling sesuai dengan RTRW adalah Kecamatan Ngawen dengan kesesuaian sebesar 99,512%, sedangkan kecamatan yang paling tidak sesuai adalah Kecamatan Jatimom dengan ketidaksesuaian sebesar 40,471%.

IV.8 Analisis Regresi Logistik

Berdasarkan perhitungan dengan aplikasi prediksi spasial, maka menghasilkan persamaan regresi logistik seperti Persamaan 6.

$$\text{Logit Prediksi 2025} = -9,9676 + (-0,0025 \cdot X_1) + (-0,00005953 \cdot X_2) + (0,0033 \cdot X_3) + (0,0002413 \cdot X_4) + (0,00003020 \cdot X_5) \dots \dots \dots 6$$

Keterangan :

- X₁ = Jarak ke jalan
- X₂ = Jarak ke hutan
- X₃ = Jarak ke permukiman 2018
- X₄ = Jarak ke pusat kegiatan
- X₅ = Kepadatan penduduk per piksel

Variabel independen yang paling berpengaruh terhadap perkembangan wilayah tahun 2025 adalah variabel jarak ke permukiman. Hal ini disebabkan karena koefisien regresi X₃ paling tinggi, yaitu 0,0033, sedangkan variabel independen yang mempunyai pengaruh paling kecil terhadap perkembangan wilayah tahun 2025 adalah variabel jarak ke hutan. Hal ini disebabkan karena koefisien regresi X₂ paling tinggi, yaitu -0,00005953.

Nilai *Pseudo R Square* yang dihasilkan proses regresi logistik sebesar 0,7891. Nilai tersebut dianggap cukup baik, sehingga hubungan antara variabel dependen dan variabel independen memiliki hubungan yang kuat. Hal ini dibuktikan dengan teori Clark dan Hosting yang menyatakan bahwa nilai *Pseudo R Square* dikatakan relatif kuat jika nilainya lebih besar dari 0,2.

Observed	Fitted-0	Fitted-1	Percent correct
0	2656	267	90,8655
1	87	4642	98,1603

Odds ratio = 530,7655

Gambar 9 Nilai Odds Ratio

Selain nilai *Pseudo R Square*, hasil yang didapat dari regresi logistik adalah nilai *Odd Ratio*. Nilai *Odd Ratio* merupakan nilai perbandingan peristiwa sebenarnya yang tidak sebenarnya dari suatu prediksi. Nilai ambang batas dari *Odd Ratio* adalah 0,5. Nilai *Odd Ratio* dapat digunakan untuk prediksi perkembangan wilayah jika nilainya lebih dari 1.

V. Penutup

V.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal untuk menjawab rumusan masalah. Berikut adalah hal-hal yang dapat disimpulkan dalam penelitian ini.

1. Luas dan pola perkembangan wilayah Kabupaten Klaten adalah sebagai berikut.
 - a. Perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Klaten tahun 2006 dan 2010 sebesar 4.090,683 Hektar. Penggunaan lahan yang beralih fungsi menjadi permukiman sebesar 80,9%, industri sebesar 6,1%, perdagangan dan jasa sebesar 4,4%, penggunaan lainnya sebesar 8,6% dari total perubahan penggunaan lahan tahun 2006 dan 2010. Perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Klaten tahun 2010 dan 2018 sebesar 1.352,928 Hektar. Penggunaan lahan yang beralih fungsi menjadi permukiman sebesar 48,1%, industri sebesar 25,3%, perdagangan dan jasa sebesar 21,6%, penggunaan lainnya sebesar 5,1% dari total perubahan penggunaan lahan tahun 2010 dan 2018.
 - b. Pola perkembangan wilayah di Kabupaten Klaten dianalisis menurut persebaran permukiman setiap kecamatan pada tahun 2006, 2010, dan 2018. Pola yang terbentuk yaitu pola kelompok. Disebut wilayah berkembang dikarenakan pada kecamatan di Kabupaten Klaten mengalami perubahan pola yang berbeda pada rentang waktu tahun 2006, 2010, dan 2018. Hasil dari analisis *Global Moran's Index* untuk mengetahui pola perkembangan permukiman apakah berkembang atau tidak. Semua kecamatan di Kabupaten Klaten mengalami perkembangan, karena dari beberapa tahun yang dianalisis memiliki pola perkembangan yang berubah-ubah. Kecamatan yang selalu mengalami perkembangan pola permukiman pada rentang waktu tahun 2006, 2010, dan 2018 ada delapan kecamatan, yaitu Kecamatan Delanggu, Kecamatan Jatimom, Kecamatan Kalikotes, Kecamatan Karanganyam, Kecamatan Karangulowo, Kecamatan Karangponogo, Kecamatan Kebonreum, Kecamatan Kemalang, Kecamatan Klaten Selatan, Kecamatan Klaten Tengah, Kecamatan Klaten Utara, Kecamatan Mansirango, Kecamatan Ngawen, Kecamatan Pedan, Kecamatan Polanharjo, Kecamatan Prambanan, Kecamatan Trucuk, Kecamatan Tulung, Kecamatan Wedi, dan Kecamatan Wonosari.

- Karanganom, Kecamatan Karangdowo, Kecamatan Klaten Tengah, Kecamatan Manisrenggo, dan Kecamatan Tulung.
- Perkembangan Kabupaten Klaten tahun 2025 diprediksi menggunakan *CA-Markov*. Berdasarkan analisis kesesuaian hasil prediksi *CA-Markov* terhadap RTRW Kabupaten Klaten tahun 2011-2031, kelas penggunaan lahan permukiman, industri, sawah, perdagangan dan jasa, lahan kosong, badan air, dan penggunaan lainnya dikatakan sesuai sebesar 86,245% dan tidak sesuai sebesar 13,755%. Kecamatan yang paling sesuai dengan RTRW adalah Kecamatan Ngawen dengan kesesuaian sebesar 99,512%, sedangkan kecamatan yang paling tidak sesuai adalah Kecamatan Jatinom dengan ketidaksesuaian sebesar 40,471%.
 - Berdasarkan analisis regresi logistik variabel independen atau variabel bebas yang paling berpengaruh terhadap perkembangan wilayah Kabupaten Klaten tahun 2025 adalah jarak ke permukiman dengan nilai koefisien regresi sebesar 0,0033, sedangkan variabel bebas yang paling tidak berpengaruh terhadap perkembangan wilayah Kabupaten Klaten tahun 2025 adalah jarak ke hutan dengan nilai koefisien regresi sebesar -0,00005953. Keterkaitan antara variabel dependen dengan variabel independen ditunjukkan dengan nilai koefisien. Jika nilai koefisien regresi logistik mendekati nilai 1, maka semakin erat keterkaitannya.
- ## V.2 Saran
- Dalam penelitian ini ditemukan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya. Adapun saran yang dapat disampaikan sebagai berikut.
- Saat melakukan penelitian lebih baik menggunakan citra satelit dengan resolusi yang sama.
 - Pada penelitian selanjutnya disarankan menggunakan *supervised classification*, sehingga proses identifikasi penggunaan lahan menjadi lebih teliti.
 - Penelitian selanjutnya disarankan untuk mempertimbangkan variabel sosial ekonomi, contohnya yaitu: tingkat pendidikan, jenis pekerjaan, dan tingkat penghasilan.
 - Penelitian selanjutnya disarankan membandingkan beberapa metode untuk mendapatkan matriks probabilitas transisi, sehingga metode yang paling baik dapat diketahui.
- ## Daftar Pustaka
- Campbell, J.B., Wynne, R.H., 2011. Introduction to remote sensing. Guilford Press.
- Ernan, R., Sunsun, S., Dyah, R.P., 2011. Perencanaan dan Pengembangan Wilayah. Jakarta. Crestpent Press dan Yayasan Pustaka.
- Fitriana, A.L., Subiyanto, S., Firdaus, H.S., 2017. Model Cellular Automata Markov untuk Prediksi Perkembangan Fisik Wilayah Permukiman Kota Surakarta Menggunakan Sistem Informasi Geografis 6, 8.
- Hanifah, 2015. Topologi & Query Dan Geoprocessing Sistem Informasi Geografis (Sig). Topologi & Query Dan Geoprocessing. URL <http://syarifahkiman.blogspot.com/2015/05/> (accessed 2.20.19).
- Jensen, J.R., 1996. Introductory Digital Image Processing Remote Sensing Perspective.
- Kim, I., Jeong, G., Park, S., Tenhunen, J., 2011. Predicted land use change in the Soyang river basin, South Korea, in: 2011 TERRECO Science Conference, Karlsruhe Institute of Technology, Garmisch-Partenkirchen, Germany. pp. 2-7.
- Koomen, E., Stillwell, J.C.H., Bakema, A., Scholten, H.J., 2007. Modelling Land-use change; Progress and Applications, *GeoJournal*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5648-2>
- Malingreau, J., 1978. Penggunaan lahan pedesaan penafsiran citra untuk inventarisasi dan analisisnya. Yogyakarta: PUSPICS UGM BAKOSURTANAL.
- Nurpiena, D.S., 2015. Mata Kuliah Perencanaan Kota. Institut Teknologi Surabaya, Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota.
- Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 6 Tahun 2018 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar, n.d.
- Ridwan, F., Ardiansyah, M., Gandasasmita, K., 2017. Modeling Land Use/Cover Change Using Artificial Neural Network and Logistic Regression Approach (Case Study: Citarum Watershed, West Jawa) 9.
- Siswanto, 2006. Evaluasi Sumberdaya Lahan. UPN Press, Surabaya.
- Subiyanto, S., Amarrohman, F.J., 2019. Analysis of Changes Settlement and Fair Market Land Prices to Predict Physical Development Area Using Cellular Automata Markov Model and SIG in East Ungaran Distric. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 313, 012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/313/1/012002>
- Wen, W., 2008. Wetland Change Prediction Using Markov Cellular Automata Model In Lore Lindu National Park Central Sulawesi Province, Indonesia 30.
- Wijaya, M.S., 2012. Integrasi Model Spasial Cellular Automata dan Regresi Logistik Biner untuk Pemodelan Dinamika Perkembangan Lahan Terbangun (Studi Kasus Kota Salatiga) (Skripsi). Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.