

# Prediksi Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Metode Markov Chain dan Citra Satelit Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Kota Surabaya)

Rizky Aji Nugroho dan Hepsari Handayani  
Departemen Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
*e-mail: hapsari@geodesy.its.ac.id*

**Abstrak**—Pembangunan infrastruktur merupakan salah satu program prioritas pemerintah dalam beberapa tahun ini. Seiring dengan meningkatnya aktifitas pembangunan infrastruktur, kebutuhan lahan juga semakin meningkat, sehingga perubahan tutupan lahan seringkali terjadi untuk mencukupi ketersediaan lahan tersebut. Perubahan tutupan lahan ini berkaitan dengan keseimbangan lingkungan dan ekosistem di suatu wilayah, sehingga perubahan tutupan lahan ini perlu dimodelkan untuk memprediksi kondisi tutupan lahan pada masa yang akan datang. Model perubahan tutupan lahan pada penelitian ini menggunakan data klasifikasi citra satelit Landsat 5 TM tahun 1995 dan Landsat 7 ETM+ tahun 2005 dan ditambah dengan faktor pendorong perubahan tutupan lahan yang meliputi jaringan jalan, CBD (*Central Business District*) dan jaringan sungai. Ketiga faktor ini dipilih karena merupakan faktor penentu dalam model perkembangan kota. Model perubahan tutupan lahan di Kota Surabaya didominasi dengan perubahan tutupan lahan dari kelas Ruang Terbuka Hijau (RTH) menjadi bangunan dengan luas total perubahan sebesar 3.428,01 hektar. Pola perubahan tutupan lahan menunjukkan bahwa perkembangan wilayah di Kota Surabaya bersifat monosentrik dengan satu titik pusat yang berada di wilayah Kecamatan Wonokromo dan cenderung mengarah ke selatan. Prediksi perubahan tutupan lahan menggunakan metode Markov Chain menghasilkan tiga skenario, dan didapatkan dua skenario yang memenuhi nilai *Area Under Curve* (AUC) minimum sebesar 0,800 yaitu skenario kedua dengan nilai AUC 0,809 dan skenario ketiga dengan nilai AUC sebesar 0,807. Pada skenario kedua menghasilkan peluang perubahan tutupan lahan pada tahun 2025 untuk kelas RTH menjadi bangunan sebesar 0,599. Pada skenario ketiga besarnya peluang perubahan tutupan lahan pada tahun 2025 untuk kelas sawah menjadi bangunan sebesar 0,399 dan peluang kelas tambak untuk mengalami perubahan menjadi bangunan sebesar 0,106.

**Kata Kunci**—Prediksi Tutupan Lahan, Kota Surabaya, Markov Chain.

## I. PENDAHULUAN

SURABAYA sebagai ibu kota provinsi Jawa Timur memiliki posisi yang strategis dalam sektor perdagangan dan jasa. Dalam struktur ekonomi Kota Surabaya dalam kurun waktu 10 tahun terakhir ini, sektor perdagangan dan jasa memegang peran besar dalam membentuk ekonomi di wilayah ini. Perkembangan sektor perdagangan menimbulkan permintaan fasilitas perdagangan baru seperti *mall*, pertokoan, perkantoran, dan ruko-ruko baru banyak bermunculan. Pada lima tahun terakhir, beberapa pusat perdagangan baru sudah mulai beroperasi, sehingga

berdampak pada peningkatan *output* sektor perdagangan, hotel dan restoran. Peningkatan sektor perdagangan, hotel dan restoran tentunya menimbulkan dampak pada perubahan penggunaan dan tutupan lahan di Kota Surabaya [1]. Oleh karena itu, diperlukan penelitian mengenai model perubahan tutupan lahan dan prediksi perubahan tutupan lahan di Kota Surabaya.

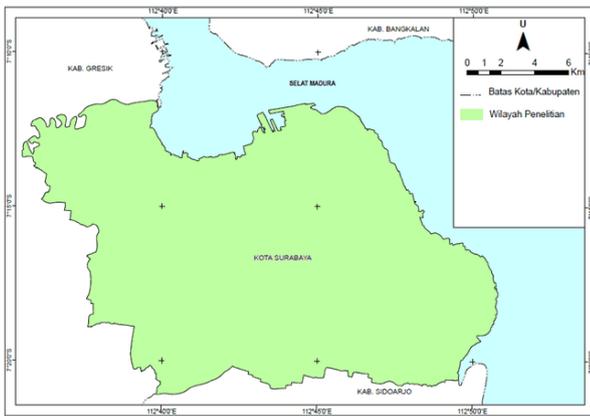
Prediksi perubahan tutupan lahan dapat dilakukan dengan menggunakan analisis berbasis spasial menggunakan data citra penginderaan jauh. Dalam penelitian ini prediksi perubahan tutupan lahan menggunakan metode Markov Chain. Metode Markov Chain merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk prediksi perubahan tutupan lahan. Hal ini dibuktikan dengan beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan metode Markov Chain seperti penelitian mengenai uji statistik independensi dan validasi perubahan tutupan lahan menggunakan hasil pemodelan CA Markov Chain di wilayah negara bagian Assam, India [2]. Selain itu penelitian lainnya mengenai prediksi perubahan tutupan lahan di DAS Sungai Citarum juga menggunakan metode Markov Chain dengan melibatkan parameter elevasi, kelerengan, jaringan jalan, jaringan sungai dan kepadatan penduduk [3]. Penelitian ini mengambil studi kasus prediksi perubahan tutupan lahan di Kota Surabaya pada tahun 2025 dengan menggunakan model perubahan tutupan lahan pada tahun 1995-2005. Pemilihan rentang waktu pemodelan tutupan lahan pada tahun 1995-2005 dikarenakan pada rentang tahun ini terjadi pembangunan yang cukup masif di Kota Surabaya seperti pembangunan Jalan Lingkar Dalam Timur Kota Surabaya dan juga Jembatan Suramadu, sehingga dengan adanya pembanguana infrastruktur ini diprediksi akan terjadi proses pembangunan infrastruktur pendukung maupun pembangunan perumahan di sekitar area tersebut [4].

Dengan mengetahui model perubahan tutupan lahan dan prediksi perubahan tutupan lahan di tahun 2025 mendatang, diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan pemerintah dan instansi terkait lainnya dalam menentukam kebijakan mengenai perencanaan penggunaan lahan di suatu daerah guna mendukung manajemen sumberdaya lahan dan perencanaan pembangunan daerah yang berkelanjutan.

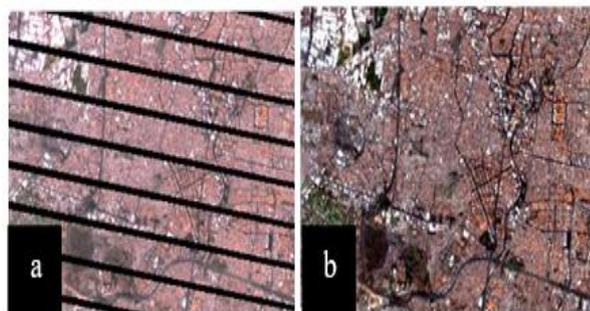
## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Lokasi Penelitian

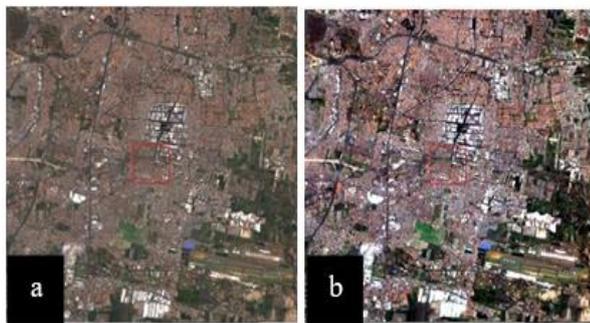
Lokasi penelitian ini terletak di Kota Surabaya, Jawa Timur. Kota Surabaya terletak pada koordinat 7°9' LS - 7°21' LS dan



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Sumber : Badan Informasi Geospasial).



Gambar 2. Hasil Proses *Gap Fill* a. Citra Sebelum Dilakukan *Gap Fill* b. Citra Sesudah Dilakukan *Gap Fill*.



Gambar 3. Hasil Proses *Image Enhancement* a. Citra Sebelum Dilakukan *Image Enhancement* b. Citra Sesudah Dilakukan *Image Enhancement*.

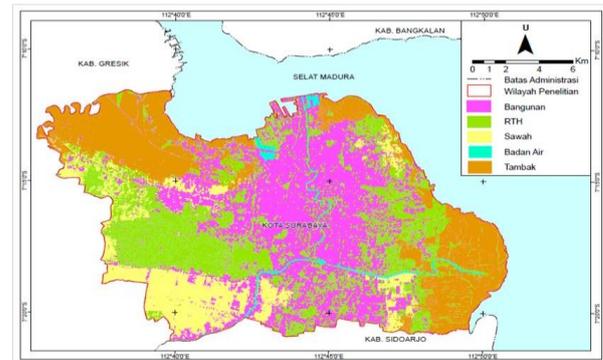
112°36' BT- 112°54' BT. Berikut adalah peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

**B. Data dan Peralatan**

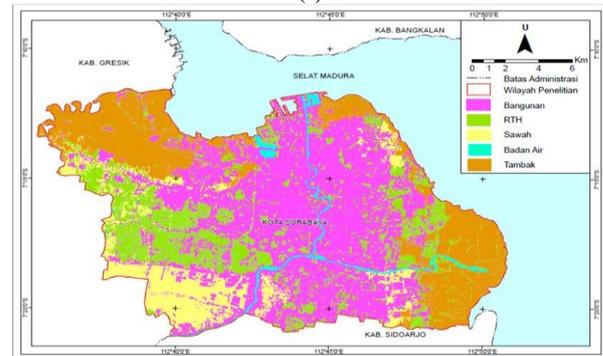
**1) Data**

Data yang akan digunakan pada penelitian ini adalah berupa:

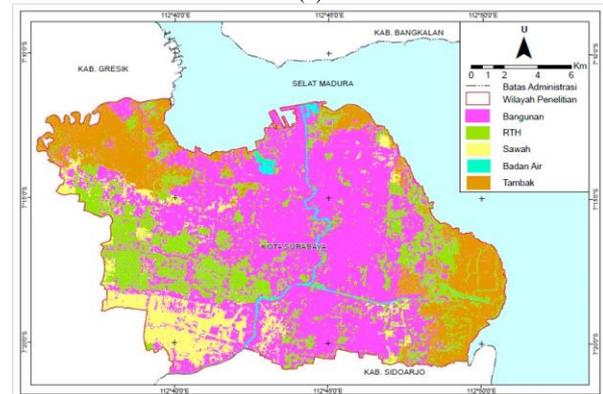
1. Data citra satelit Landsat 5 Level 1 TP path 118 row 65 dengan waktu akuisisi data pada 25 Juni 1995.
2. Data citra satelit Landsat 7 Level 1 TP path 118 row 65 dengan waktu akuisisi data pada 12 Juni 2005 (citra satelit yang akan diisi gap) dan 30 Juli 2005 (citra satelit untuk mengisi gap).
3. Data citra satelit Landsat 7 Level 1 TP path 118 row 65 dengan waktu akuisisi data pada 26 Juli 2015 (citra satelit yang akan diisi gap) dan 24 Juni 2015 (citra satelit untuk mengisi gap).
4. Data batas administrasi Kota Surabaya tahun 2015 yang dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG).



(a)



(b)



(c)

Gambar 4. Tutupan Lahan (a) Periode Tahun 1995 (b) Periode Tahun 2005 (c) Periode Tahun 2015.

5. Data jaringan jalan di wilayah Kota Surabaya yang dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) pada tahun 2006.
6. Data jaringan sungai di wilayah Kota Surabaya yang dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) pada tahun 2006.
7. Peta RBI Kota Surabaya skala 1:25.000 yang dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) pada tahun 2006.
8. Data validasi hasil klasifikasi citra satelit menggunakan *Google Earth Pro* dan Peta RBI Kota Surabaya skala 1:25.000.
9. Data koordinat *Central Business District* Kota Surabaya dari Peta RBI Kota Surabaya skala 1:25.000 dan hasil *tagging* menggunakan *Google Earth Pro*.

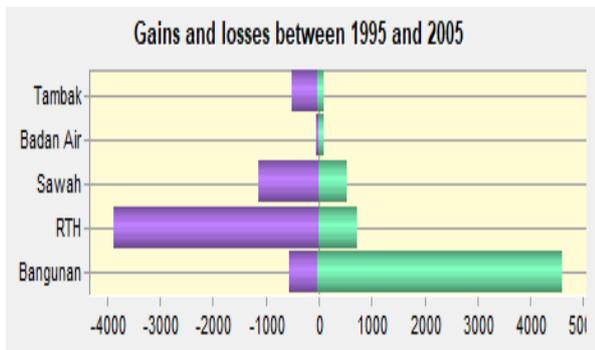
**2) Peralatan**

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa perangkat lunak dan keras:

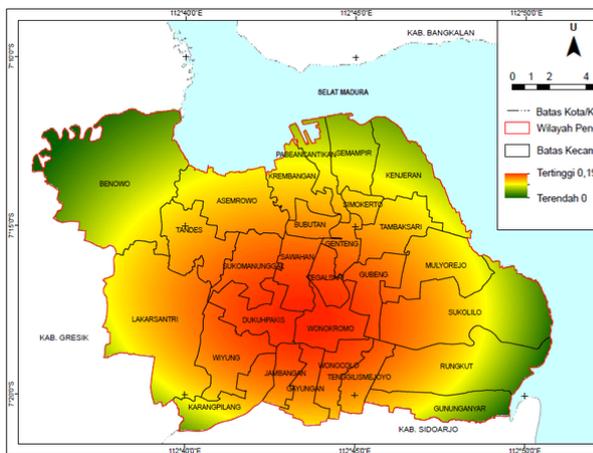
1. Perangkat Lunak :
  - Perangkat lunak pengolah data spasial
  - Perangkat lunak pengolah citra
  - Perangkat lunak pengolah kata

Tabel 1.  
Hasil Uji Cramer's V

Faktor Pendorong	Nilai Cramer's V
Jarak dari jalan utama	0,258
Jarak dari jalan non utama	0,403
Jarak dari CBD	0,325
Jarak dari sungai	0,198



Gambar 5. Gains and Losses.



Gambar 6. Cubic Trend.

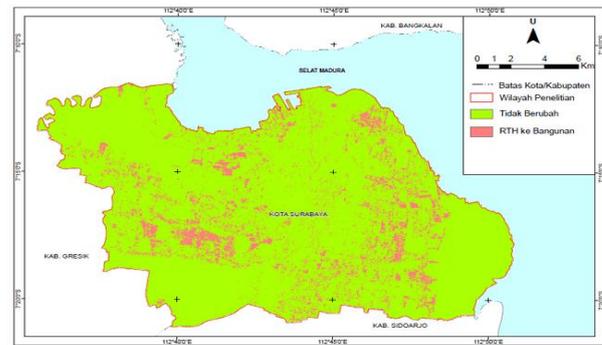
- Perangkat lunak perhitungan angka
- 2. Perangkat Keras :
- Personal Computer (PC)/ Laptop

C. Tahapan Pengolahan Data

1) Pengolahan Data Tutupan Lahan

Data tutupan lahan pada penelitian ini diperoleh dari hasil klasifikasi Citra Satelit Landsat 5 dan Landsat 7, namun khusus pada citra satelit Landsat 7 pengolahan data citra satelit diawali dengan melakukan proses *gap fill*. Pada penelitian ini proses *gap fill* dilakukan menggunakan metode *Two Band Gap Fill (Local Histogram Matching)*, metode ini menggunakan dua data citra Satelit Landsat 7 SLC off dengan interval waktu yang berdekatan. Setelah melakukan proses *gap fill*, maka dihasilkan citra satelit Landsat 7 yang utuh dan tidak terdapat garis-garis kosong, kemudian dilanjutkan dengan proses *image enhancement*. Proses *image enhancement* dilakukan dengan menggunakan metode *linear 2% stretches*. Setelah dilakukan *image enhancement* kemudian dilakukan pembuatan training area sebagai bahan yang digunakan untuk proses klasifikasi tutupan lahan.

Klasifikasi tutupan lahan pada penelitian ini menggunakan metode *Maximum Likelihood* dan interpretasi visual. Hasil klasifikasi tutupan lahan kemudian divalidasi dengan data Citra Satelit yang terdapat pada Google Earth dan Peta RBI Kota Surabaya Skala 1:25.000. Selanjutnya perhitungan nilai



Gambar 7. Perubahan Tutupan Lahan.

Tabel 2.  
Matriks Probabilitas Transisi Tahun 2025 Skenario 2

	Bangunan	RTH	Sawah	Badan Air	Tambak
Bangunan	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
RTH	0,599	0,401	0,000	0,000	0,000
Sawah	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
Badan Air	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000
Tambak	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000

Tabel 3.  
Matriks Probabilitas Transisi Tahun 2025 Skenario 3

	Bangunan	RTH	Sawah	Badan Air	Tambak
Bangunan	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
RTH	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000
Sawah	0,399	0,000	0,601	0,000	0,000
Badan Air	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000
Tambak	0,106	0,000	0,000	0,000	0,894

validasi hasil klasifikasi tutupan lahan dilakukan dengan menggunakan perhitungan nilai kappa. Nilai Kappa yang masuk dalam kategori baik bernilai >0,85 [5].

2) Pengolahan Data Pendorong Perubahan Tutupan Lahan

Data pendorong perubahan tutupan lahan meliputi data jaringan jalan, data jaringan sungai dan data *Central Business District (CBD)*, dengan menggunakan algoritma *Euclidean Distance* maka dihasilkan peta jarak terhadap jalan, peta jarak terhadap sungai dan peta jarak terhadap CBD. Selanjutnya data pendorong tutupan lahan ini dilakukan pengujian untuk mengetahui tingkat hubungan antara setiap faktor terhadap perubahan tutupan lahan yang terjadi dengan menggunakan uji Cramer's V. Hasil uji Cramer's V dengan nilai 0,15 atau lebih tinggi pada pengujian faktor pendorong tutupan lahan dapat digunakan sebagai acuan bahwa faktor tersebut memiliki pengaruh pada perubahan tutupan lahan [6].

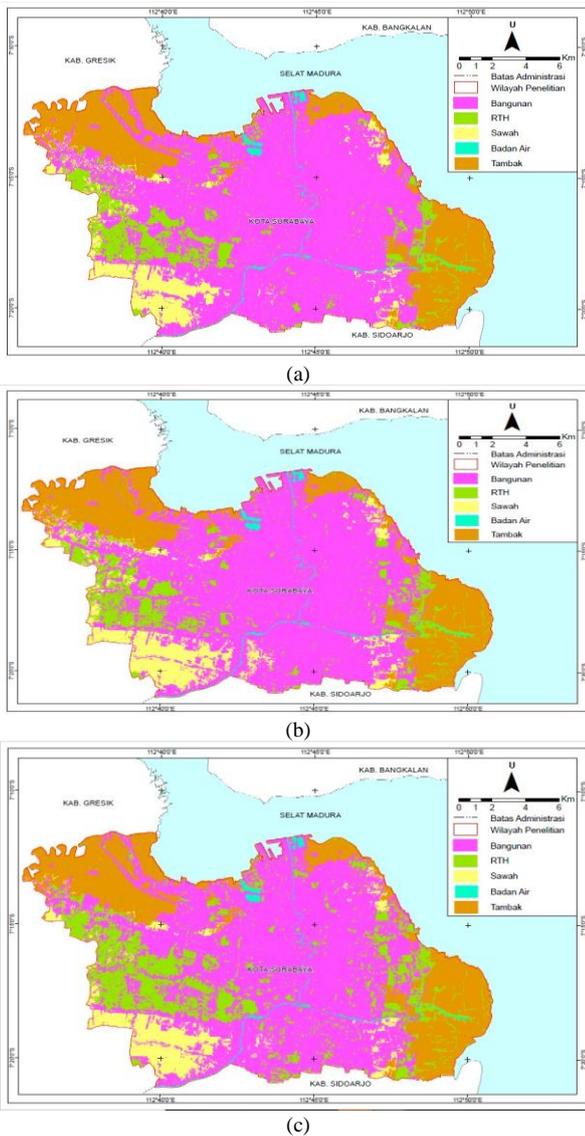
3) Pembuatan Model Prediksi Perubahan Tutupan Lahan

Model perubahan tutupan lahan terdiri dari nilai *gains and losses*, *cubic trend* perubahan lahan, peta perubahan lahan, matrik probabilitas transisi, matrik area transisi dan peta potensial transisi [6]. Model prediksi perubahan tutupan lahan menggunakan metode Markov Chain dapat dituliskan dalam formula berikut [2]:

$$S(t, t + 1) = f(S(t), N) \tag{1}$$

Dimana:

- S = himpunan batasan dan pernyataan diskrit *cellular*
- N = area *cellular*
- (t, t+1) = faktor perubahan waktu (*time series*)
- F = model transformasi di suatu wilayah



Gambar 8. Prediksi Tutupan Lahan 2015 a. Skenario Pertama b. Skenario Kedua c. Skenario Ketiga.

4) Validasi Model Prediksi Perubahan Tutupan Lahan

Pengujian model perubahan tutupan lahan digunakan untuk menguji tingkat keakuratan yang dihasilkan dari model transisi perubahan lahan yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi tutupan lahan di Kota Surabaya tahun 2015 dan hasil klasifikasi tutupan lahan di Kota Surabaya tahun 2015. Untuk mengetahui tingkat keakuratan model transisi dapat menggunakan nilai AUC, nilai AUC minimum untuk dapat melakukan prediksi tutupan lahan pada periode tertentu adalah 0,800 [6]. Formula untuk menghitung nilai AUC adalah sebagai berikut [6]:

$$AUC = \sum [Xi + 1 - Xi] X [Yi + (Yi + 1 - Yi) / 2] \quad (2)$$

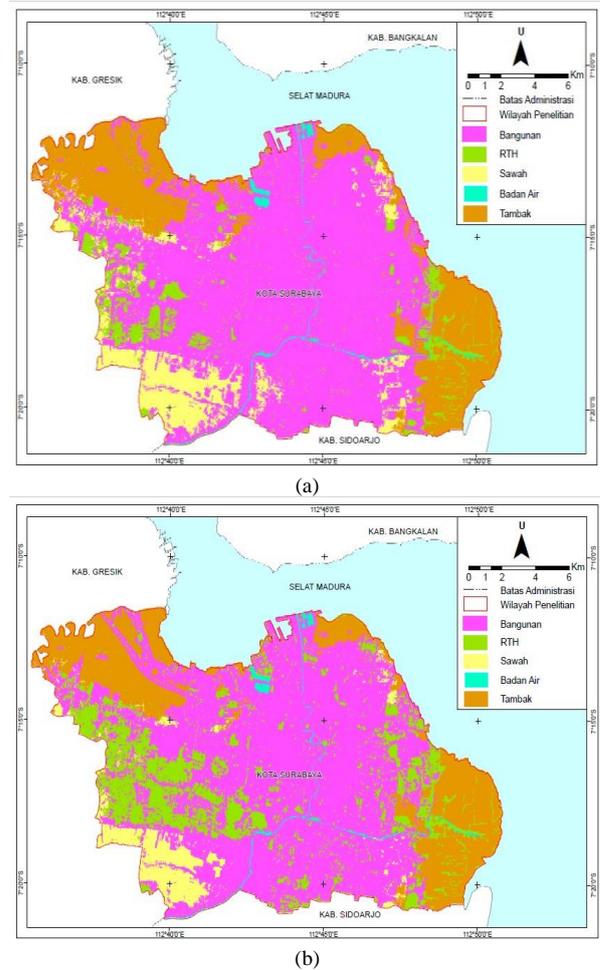
Dimana:

AUC = Area Under Curve

$X_i$  = Tingkat false positif dari threshold  $i$

$Y_i$  = Tingkat true positif dari threshold  $i$

$i$  = jumlah threshold



Gambar 9. Prediksi Tutupan Lahan 2015 a. Skenario Kedua b. Skenario Ketiga.

5) Pembuatan Peta Prediksi Tutupan Lahan

Pembuatan prediksi tutupan lahan dilakukan menggunakan peta potensial transisi tutupan lahan yang telah divalidasi dan dikombinasikan dengan matrik probabilitas transisi dan matrik area transisi tahun 2025. Dalam penelitian ini model transisi tutupan lahan digunakan untuk memprediksi kondisi tutupan lahan di Kota Surabaya pada tahun 2025 mendatang.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengolahan Citra Satelit

Citra satelit yang digunakan sebagai bahan klasifikasi tutupan lahan telah melewati tahap *pre processing* yang meliputi proses *gap fill* dan *image enhancement*. Hasil proses *gap fill* berupa citra satelit yang sudah utuh dan tidak terdapat garis garis kosong karena telah diisi oleh citra satelit yang lainnya, sehingga citra satelit hasil proses *gap fill* dapat digunakan untuk proses pengolahan selanjutnya. Adapun perbandingan citra satelit sebelum dan sesudah dilakukan proses *gap fill* dapat dilihat pada Gambar 2.

Hasil proses *image enhancement* secara visual akan menghasilkan citra satelit yang lebih tajam dan perbedaan antar objek yang ditampilkan pada citra menjadi dapat terlihat dengan jelas sehingga memudahkan dalam proses interpretasi maupun klasifikasi tutupan lahan. Pada citra satelit sebelum dilakukan *image enhancement* (gambar 3a) nampak lebih buram dan terlihat kurang jelas, hal ini berbeda dengan citra satelit yang sudah dilakukan *image enhancement* (gambar 3b)

yang nampak lebih terang dan tajam, hasil perbandingan citra satelit sebelum dan sesudah dilakukan proses *image enhancement* ditampilkan pada gambar 3.

Pada penelitian ini proses klasifikasi citra satelit menggunakan gabungan antara metode *Maximum Likelihood Classification* (MLC) dan interpretasi visual. Hasil klasifikasi citra satelit tersebut kemudian dilakukan proses validasi menggunakan data citra satelit yang terdapat pada Google Earth dengan menyesuaikan tahun perekaman citra satelit menggunakan fitur *Historical Imagery* dan ditambah dengan data tutupan lahan pada Peta RBI Kota Surabaya Skala 1:25.000. Pada proses validasi menggunakan 250 titik validator yang didapatkan dari hasil *checking* pada Google Earth dan Peta RBI Kota Surabaya. Hasil validasi tutupan lahan didapatkan nilai koefisien kappa dengan nilai minimum 0,860 pada tutupan lahan tahun 1995 dan nilai maksimum 0,915 pada tutupan lahan tahun 2005, sedangkan pada tutupan lahan tahun 2015 menghasilkan nilai koefisien kappa sebesar 0,890. Hasil proses klasifikasi citra satelit menghasilkan peta tutupan lahan Kota Surabaya pada Gambar 4.

### B. Faktor Pendorong Perubahan Tutupan Lahan

Faktor pendorong perubahan tutupan lahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari jaringan jalan (jalan utama dan jalan non utama), CBD (*Central Business District*) dan jaringan sungai. Hasil pengolahan *Euclidean Distance* untuk setiap faktor pendorong perubahan tutupan lahan kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui tingkat hubungan antara setiap faktor terhadap perubahan tutupan lahan yang terjadi. Berdasarkan hasil uji Cramer's V pada semua faktor perubahan tutupan lahan didapatkan nilai *Overall V* diatas 0,15, hal ini menunjukkan bahwa setiap faktor tersebut memiliki pengaruh pada perubahan tutupan lahan dan dapat dimasukkan kedalam model prediksi perubahan tutupan lahan [6]. Adapun nilai *Overall V* paling tinggi terdapat pada faktor jalan non utama, hal ini dikarenakan jalan non utama memiliki ketersebaran yang lebih merata, dan mampu menjangkau hampir di semua wilayah. Di kota Surabaya sebagai kota industri, jalan merupakan aset yang sangat penting karena sebagai media dalam distribusi barang dan jasa. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan uji Cramer's V. Hasil Uji Cramer's V pada setiap faktor perubahan tutupan lahan ditampilkan pada tabel 1. Model Prediksi Perubahan Tutupan Lahan terdiri antara lain:

#### 1) Nilai *gains and losses*

Nilai *gains and losses* dibuat berdasarkan nilai pengurangan dan penambahan untuk masing-masing kelas tutupan lahan berdasarkan perubahan tutupan lahan yang terjadi pada tahun 1995 sampai 2005, Berdasarkan nilai *gains and losses* tersebut diperoleh kelas tutupan lahan yang mengalami pengurangan terbesar adalah kelas ruang terbuka hijau dengan pengurangan sebesar 3.881 hektar dan kelas tutupan lahan yang mengalami penambahan terbesar adalah Bangunan dengan penambahan 4.636 hektar. Nilai *gain and losses* ditampilkan pada gambar 5.

#### 2) *Cubic Trend* Perubahan Lahan

*Cubic trend* dapat digunakan untuk mengetahui arah perkembangan kota dinilai dari perubahan semua kelas tutupan lahan menjadi area terbangun. Berdasarkan peta *cubic trend* tersebut dapat diketahui bahwa pola perkembangan wilayah di Kota Surabaya bersifat

monosentrik dengan satu titik pusat dan nilai *cubic trend* tertinggi berada di pusat kota dan cenderung mengarah ke selatan. Kecamatan dengan nilai *cubic trend* tertinggi adalah Kecamatan Wonokromo, kemudian diikuti dengan kecamatan di sekitarnya yang meliputi Kecamatan Wonocolo, Dukuh Pakis, Tegalsari, Sawahan dan Gubeng. Kecamatan Wonokromo merupakan jalur utama lalu lintas Kota Surabaya sehingga memiliki potensi yang sangat besar dibidang ekonomi dan perdagangan dan menjadikan wilayah ini sebagai area *central business district* yang menarik investor ataupun masyarakat untuk membangun perumahan di wilayah tersebut. Peta *cubic trend* di wilayah Kota Surabaya dapat dilihat pada Gambar 6.

#### 3) Peta Perubahan Tutupan Lahan

Perubahan tutupan lahan yang ditampilkan adalah perubahan tutupan lahan dari RTH menjadi bangunan, hal ini dikarenakan berdasarkan nilai *gains and losses* dan tabel perubahan tutupan lahan, kelas yang mengalami perubahan terbesar adalah RTH dan bangunan. Kelas RTH yang mengalami perubahan menjadi kelas bangunan, sebesar 3.129,866 hektar. Adapun peta perubahan tutupan lahan kelas RTH menjadi bangunan yang dihasilkan dari periode tahun 1995 sampai tahun 2005 pada Gambar 7.

#### 4) Peta Potensial Transisi

Peta potensial transisi dihasilkan dari proses pemodelan perubahan tutupan lahan, pemodelan perubahan tutupan lahan dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *Multi-Layer Perceptron* (MLP) *Neural Network*. Berdasarkan hasil pemodelan *Multi-Layer Perceptron* (MLP) *Neural Network* didapatkan jenis potensial transisi pada masing masing skenario sebagai berikut:

- a. Skenario Pertama; (1)Perubahan RTH menjadi bangunan; (2)Perubahan sawah menjadi bangunan; (3)Perubahan tambak menjadi bangunan; (4)Badan air tidak mengalami perubahan
- b. Skenario Kedua; (1)Perubahan RTH menjadi bangunan; (2)Sawah tidak mengalami perubahan; (3)Tambak tidak mengalami perubahan; (5)Badan air tidak mengalami perubahan
- c. Skenario Ketiga; (1)Perubahan sawah menjadi bangunan; (2)Perubahan tambak menjadi bangunan; (3)RTH tidak mengalami perubahan; (4)Badan air tidak mengalami perubahan

### C. Prediksi Tutupan Lahan Tahun 2015

Prediksi tutupan lahan yang dihasilkan dalam penelitian ini menggunakan metode *multi-objective land allocation* (MOLA). MOLA menghasilkan peta tutupan lahan dengan memaksimalkan kesesuaian lahan untuk masing-masing kelas tutupan lahan dengan mempertimbangkan bobot yang terdapat pada potensial transisi pada masing-masing skenario. Skenario pertama mengarah pada perubahan tutupan lahan yang memprioritaskan pembangunan kota (*urban*), pada skenario ini memprediksi penambahan kelas terbangun yang berasal dari kelas RTH, sawah dan tambak. Pada perbandingan luas dengan kondisi aktual, luas area terbangun hasil prediksi memiliki selisih yang besar yaitu 1.311,84 hektar. Hal ini mengindikasikan perubahan yang terlalu berlebihan pada kelas bangunan sehingga kurang sesuai dengan kondisi perubahan tutupan lahan yang terjadi di Kota Surabaya.

Pada skenario kedua yang memiliki tingkat akurasi model tertinggi dapat memprediksi secara tepat perubahan tutupan lahan pada kelas bangunan pada tahun 2015, sehingga hasil uji validasi juga menghasilkan nilai yang relatif tinggi, hal ini dikarenakan proporsi kelas bangunan memiliki persentase yang paling besar di wilayah Kota Surabaya. Skenario ketiga menggunakan perubahan tutupan lahan yang mengarah pada pembangunan kota dengan mempertahankan kondisi Ruang Terbuka Hijau (RTH), hasil prediksi perubahan tutupan lahan pada skenario ini memiliki selisih yang lebih proporsional pada masing-masing kelas tutupan lahan, sehingga luas tutupan lahan hasil prediksi skenario ketiga memiliki kemiripan dengan luas tutupan lahan aktual. Pada skenario ini terdapat selisih luas yang cukup besar pada kelas bangunan dengan selisih 895,14 hektar dan luas ini lebih kecil dari kondisi aktual, namun untuk kelas RTH memiliki total luas 527,49 hektar lebih tinggi dibanding dengan kondisi aktual sehingga model ini dapat dipertimbangkan apabila kebijakan pemerintah memprioritaskan ketersediaan RTH publik dalam perencanaan wilayahnya. Hasil prediksi tutupan lahan pada periode tahun 2015 dapat dilihat pada Gambar 8.

Hasil prediksi tutupan lahan tahun 2015 selanjutnya dilakukan proses validasi untuk menentukan tingkat akurasi model prediksi tutupan lahan. Proses validasi menggunakan peta perubahan tutupan lahan hasil klasifikasi Citra Satelit Landsat pada tahun 2015. Pada penelitian ini untuk menguji akurasi model prediksi menggunakan model ROC (*Relative Operating Characteristic*). Tingkat akurasi hasil prediksi berdasarkan nilai AUC (*Area Under Curve*) tertinggi dihasilkan dari pemodelan skenario kedua dengan nilai AUC sebesar 0,809 dan skenario ketiga dengan nilai AUC sebesar 0,807. Sedangkan untuk nilai AUC terendah terdapat pada skenario pertama dengan nilai AUC sebesar 0,780. Berdasarkan ketiga skenario tersebut, nilai AUC yang memenuhi ambang batas minimum 0,800 terdapat pada skenario kedua dan ketiga, sehingga skenario pertama tidak dapat digunakan untuk melakukan prediksi tutupan lahan pada periode berikutnya.

#### D. Prediksi Tutupan Lahan Tahun 2025

Pada skenario perubahan tutupan lahan terdapat dua skenario yang memiliki nilai AUC lebih dari 0,800 yaitu skenario kedua dan ketiga, sehingga kedua skenario ini dapat digunakan untuk memprediksi tutupan lahan pada tahun 2025. Matrik probabilitas transisi tahun 2025 skenario kedua menghasilkan peluang perubahan tutupan lahan pada tahun 2025 untuk kelas RTH menjadi bangunan mengalami peningkatan sebesar 0,211 menjadi sebesar 0,599, sedangkan untuk peluang kelas RTH menjadi tetap (*persistence*) mengalami penurunan 0,160 menjadi sebesar 0,401. Peningkatan peluang perubahan tutupan lahan untuk kelas RTH menjadi bangunan ini menunjukkan tren tingkat pembangunan di Kota Surabaya diprediksi semakin masif dan proses alih fungsi lahan pada tahun 2025 diprediksi semakin meningkat. Matrik probabilitas transisi tahun 2025 skenario kedua ditampilkan pada tabel 2.

Pada matriks probabilitas transisi tahun 2025 skenario ketiga besarnya peluang perubahan tutupan lahan pada tahun 2025 untuk kelas sawah menjadi bangunan mengalami peningkatan sebesar 0,211 menjadi sebesar 0,399, sedangkan untuk peluang kelas sawah menjadi tetap (*persistence*)

mengalami penurunan 0,011 menjadi sebesar 0,601. Kelas tambak juga mengalami peningkatan peluang untuk mengalami perubahan menjadi bangunan sebesar 0,052 menjadi 0,106 dan peluang kelas tambak menjadi tetap mengalami penurunan 0,052 hingga menjadi 0,894. Selain matrik probabilitas transisi, metode Markov Chain juga menghasilkan matrik area transisi pada tahun 2025 dapat dilihat Tabel 3.

Prediksi tutupan lahan dihasilkan dengan menggunakan metode *multi-objective land allocation* (MOLA). Pada prediksi tutupan lahan tahun 2025 skenario kedua, di wilayah Surabaya Selatan terus terjadi perubahan tutupan lahan yang sangat masif pada kelas RTH untuk menjadi bangunan, hampir semua wilayah RTH di Surabaya Selatan dikonversi menjadi bangunan, pada daerah lain seperti Surabaya Barat dan Surabaya Timur juga terjadi peningkatan alih fungsi lahan dari RTH menjadi bangunan, namun tidak semasif apabila dibandingkan dengan wilayah Surabaya Selatan. Pada prediksi tutupan lahan tahun 2025 di wilayah Surabaya Timur sebagian besar wilayah RTH juga sudah dikonversi menjadi bangunan.

Pada prediksi tahun 2025 skenario ketiga, di wilayah Surabaya Selatan terjadi peningkatan perubahan tutupan lahan pada kelas sawah untuk menjadi bangunan, sehingga sebagian besar wilayah sawah di Surabaya Selatan terus berkurang dan dikonversi menjadi bangunan, pada daerah lain seperti Surabaya Barat dan Surabaya Timur juga mengalami perubahan yang sangat masif pada kelas sawah menjadi bangunan, sedangkan untuk perubahan kelas Tambak menjadi bangunan terjadi di wilayah Surabaya Barat dan sebagian wilayah Surabaya Timur. Di wilayah Surabaya Barat perubahan kelas dari tambak menjadi bangunan tetap mengikuti pola jaringan jalan yang terdapat di wilayah tersebut. Tutupan lahan hasil prediksi tahun 2025 skenario kedua dan ketiga ditampilkan pada gambar 9.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa: (1) Model perubahan tutupan lahan di Kota Surabaya dari tahun 1995 hingga 2005 didominasi dengan perubahan tutupan lahan dari kelas Ruang Terbuka Hijau (RTH) menjadi bangunan dengan luas total perubahan sebesar 3.428,01 hektar. Pola perkembangan wilayah di Kota Surabaya bersifat monosentrik dengan satu titik pusat yang berada di wilayah Kecamatan Wonokromo dan cenderung mengarah ke selatan; (2) Berdasarkan perhitungan ROC (*Relative Operating Characteristic*) didapatkan dua skenario yang memenuhi nilai ambang batas minimum sebesar 0,800 yaitu skenario kedua dengan nilai AUC (*Area Under Curve*) 0,809 dan skenario ketiga dengan nilai AUC (*Area Under Curve*) sebesar 0,807, sehingga kedua model prediksi perubahan tutupan lahan tersebut dapat digunakan untuk memprediksi tutupan lahan pada periode berikutnya; (3) Matriks probabilitas transisi tahun 2025 skenario kedua menunjukkan besarnya peluang perubahan tutupan lahan pada tahun 2025 untuk kelas RTH menjadi bangunan sebesar 0,599, sedangkan untuk peluang kelas RTH menjadi tetap (*persistence*) sebesar 0,401. Pada matriks probabilitas transisi tahun 2025 skenario ketiga menunjukkan besarnya peluang perubahan tutupan lahan pada tahun 2025 untuk kelas sawah menjadi bangunan sebesar 0,399, dan peluang kelas sawah menjadi tetap (*persistence*) sebesar 0,601, sedangkan untuk peluang kelas tambak mengalami perubahan menjadi

bangunan sebesar 0,106 dan peluang kelas tambak menjadi tetap sebesar 0,894.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya dan Badan Informasi Geospasial atas dukungannya untuk data yang diperlukan dalam menunjang penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Surabaya, "Pertumbuhan kota studi kasus interaksi kepentingan antara pengusaha dengan pemerintah dalam pembangunan hotel di surabaya," *J. Polit. Muda*, vol. 6, no. 1, pp. 16–26, 2017.
- [2] M. S. Mondal, N. Sharma, P. K. Garg, and M. Kappas, "Statistical independence test and validation of ca markov land use land cover (lulc) prediction results," *Egypt. J. Remote Sens. Sp. Sci.*, vol. 19, no. 2, pp. 259–272, 2016, doi: 10.1016/j.ejrs.2016.08.001.
- [3] S. M. Yusuf, K. Murtiaksiono, Y. Hidayat, and Y. Suharnoto, "Analisis dan prediksi perubahan tutupan lahan di das citarum hulu," *J. Pengelolaan Sumberd. Alam dan Lingkung. (Journal Nat. Resour. Environ. Manag.*, vol. 8, no. 3, pp. 365–375, 2018, doi: 10.29244/jpsl.8.3.365-375.
- [4] P. K. Surabaya, "Geografi kota Surabaya," 2019. <https://surabaya.go.id/id>.
- [5] F. Simamora, B. Sasmito, and H. Haniah, "Kajian metode segmentasi untuk identifikasi tutupan lahan dan luas bidang tanah menggunakan citra pada google earth (studi kasus : kecamatan tembalang, semarang)," *J. Geod. UNDIP*, vol. 4, no. 4, pp. 43–51, 2015.
- [6] J. R. Eastman, "Idrisi selva manual. 17.01," *Clark Labs, Clark Univ.*, pp. 309–336, 2012.