



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR RM-184831**

# **PREDIKSI PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN MENGUNAKAN METODE MARKOV CHAIN DARI DATA CITRA SATELIT LANDSAT (Studi Kasus: Kota Surabaya)**

**RIZKY AJI NUGROHO**  
NRP 033 1 16 4000 0068

Dosen Pembimbing  
Hepi Hapsari Handayani ST., M.Sc., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020









**TUGAS AKHIR RM-184831**

**PREDIKSI PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN  
MENGUNAKAN METODE MARKOV CHAIN  
DARI DATA CITRA SATELIT LANDSAT  
(Studi Kasus: Kota Surabaya)**

**RIZKY AJI NUGROHO  
NRP 033 1 16 4000 0068**

**Dosen Pembimbing  
Hepi Hapsari Handayani ST., M.Sc., Ph.D**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**FINAL PROJECT RM-184831**

**LAND COVER PREDICTION CHANGES USING  
MARKOV CHAIN METHOD FROM LANDSAT  
SATELLITE IMAGERY DATA  
(Case Study: Surabaya City)**

**RIZKY AJI NUGROHO  
NRP 033 1 16 4000 0068**

**Supervisor  
Hepi Hapsari Handayani ST., M.Sc., Ph.D**

**DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING  
Faculty of Civil, Planning and Geo-Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



# **Prediksi Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Metode Markov Chain dari Data Citra Satelit Landsat (Studi Kasus: Kota Surabaya)**

**Nama Mahasiswa : Rizky Aji Nugroho**  
**NRP : 033 1 16 40000 068**  
**Departemen : Teknik Geomatika**  
**Dosen Pembimbing : Hepsari Handayani ST., M.Sc., Ph.D**

## **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 berkaitan dengan keseimbangan ekosistem dan lingkungan 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. Pada uji Cramer's  $V$  faktor-faktor tersebut telah memenuhi nilai minimum sebesar 0,15 sehingga memiliki pengaruh terhadap model perubahan tutupan lahan. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan 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. Pada cubic trend perubahan tutupan lahan menunjukkan bahwa pola perkembangan wilayah di Kota Surabaya bersifat monosentrik dengan satu titik pusat, 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.*

*Prediksi perubahan tutupan lahan menggunakan metode Markov Chain menghasilkan tiga skenario. Berdasarkan perhitungan Relative Operating Characteristic (ROC) didapatkan dua skenario yang memenuhi nilai ambang batas minimum sebesar 0,800 yaitu skenario kedua dengan nilai Area Under Curve (AUC) 0,809 dan skenario ketiga dengan nilai Area Under Curve (AUC) sebesar 0,807, sehingga kedua model prediksi perubahan tutupan lahan tersebut dapat digunakan untuk memprediksi tutupan lahan pada periode berikutnya. Pada skenario kedua menghasilkan peluang perubahan tutupan lahan pada tahun 2025 untuk kelas Ruang Terbuka Hijau (RTH) menjadi bangunan sebesar 0,599, sedangkan untuk peluang kelas Ruang Terbuka Hijau (RTH) menjadi tetap (persistence) sebesar 0,401. Pada skenario ketiga besarnya peluang perubahan tutupan lahan pada tahun 2025 untuk kelas sawah menjadi bangunan sebesar 0,399, sedangkan untuk peluang kelas sawah menjadi tetap (persistence) sebesar 0,601 dan peluang kelas tambak untuk mengalami perubahan menjadi bangunan sebesar 0,106, sedangkan peluang kelas tambak menjadi tetap sebesar 0,894. Tingkat kesesuaian peta prediksi tutupan lahan tahun 2025 skenario kedua dengan peta Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Surabaya tahun 2014-2034 sebesar 79,21%, sedangkan untuk skenario ketiga memiliki tingkat kesesuaian 76,95% dan termasuk dalam kategori tinggi, sehingga hasil pemodelan prediksi tutupan lahan dapat digunakan sebagai pertimbangan pemerintah dan instansi terkait lainnya untuk melakukan evaluasi kesesuaian penataan ruang di suatu wilayah.*

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

# Land Cover Prediction Changes Using Markov Chain Method from Landsat Satellite Imagery Data (Case Study: Surabaya City)

**Name** : Rizky Aji Nugroho  
**ID** : 033 1 16 40000 068  
**Department** : Geomatics Engineering  
**Supervisor** : Hedi Hapsari Handayani ST., M.Sc., Ph.D

## ABSTRACT

*Infrastructure development is one of the government's priority programs in recent years. Along with the increase in infrastructure development activities, land requirements are also increasing, so that land use change often occurs to meet the availability of the land. However, this land use change is related to the environment and ecosystem balance in a region, herein, land cover change needs to be modeled to predict future land cover change conditions.*

*The model of land cover change in this study uses Landsat 5 TM satellite image classification in 1995 and Landsat 7 ETM + in 2005, combined with the driving factors for land cover change, includes road network, CBD (Central Business District) and river network. These three factors are chosen since they are determining factors in the city development model. The Cramer's V test of those factors has met the minimum value of 0.15 revealing that they influence the model of land cover change. Based on the results of the study, it is found that the model of land cover change in Surabaya City is dominated by land cover changes from green space class to buildings with a total area of change of 3,428.01 hectares. Regarding cubic trends, land cover changes show the development of Surabaya characterized in monocentric patterns, the cubic trend value is located in the city center and tends to go south, followed by the surrounding sub-districts.*

*Prediction of land cover change using the Markov Chain method produces three scenarios. Based on the Relative Operating Characteristic (ROC) calculation, two scenarios that meet the minimum threshold value of 0.800 are the second scenario with an Area Under Curve (AUC) value of 0.809 and the third scenario with an Area Under Curve (AUC) value*

*of 0.807, thus can be used to predict land cover in the next period. The second scenario generates land cover change in 2025 for the green space class to become a building with the opportunity of 0.599, while the opportunity of green space class to be fixed (persistence) is 0.401. The third scenario, land cover change in 2025 for the rice field class to become a building has the opportunity of 0.399, the rice field class has opportunity to be fixed (persistence) of 0.601, the pond class opportunity to change into a building is 0.106, and the opportunity of pond class to be fixed (persistence) is 0,894. The suitability level of the land cover prediction map for 2025 in the second scenario with the 2014-2034 Surabaya City Spatial Planning map (RTRW) is 79.21%, while the third scenario has a 76.95% of suitability level and is included in the high category. Herein, the results of the land cover prediction modeling can be used as consideration for the government and other relevant agencies to evaluate the suitability of spatial planning.*

***Keywords— Land Cover Prediction, Surabaya City, Markov Chain***

**LEMBAR PENGESAHAN  
PREDIKSI PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN  
MENGUNAKAN METODE MARKOV CHAIN DARI  
DATA CITRA SATELIT LANDSAT  
(Studi Kasus: Kota Surabaya)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**RIZKY AJI NUGROHO**  
NRP. 0331164000068

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:  
Hepi Hapsari Handayani ST., M.Sc., Ph.D.  
NIP. 19781212 200501 2 001



**SURABAYA, AGUSTUS 2020**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Prediksi Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Metode Markov Chain dari Data Citra Satelit Landsat (Studi Kasus: Kota Surabaya)”** dengan tepat waktu sesuai yang direncanakan.

Laporan ini disusun dalam rangka bentuk pertanggungjawaban intelektual atas telah dilakukannya penelitian Tugas Akhir yang dilakukan selama kurang lebih enam bulan terhitung sejak Bulan Januari hingga Bulan Juni tahun 2020.

Ucapan terima kasih penulis haturkan kepada pihak-pihak yang telah membantu penyelesaian Tugas Akhir ini sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan, khususnya kepada:

1. Kepada kedua orang tua penulis yang selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan kegiatan penelitian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Danar Guruh Pratomo, ST, MT, Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya serta segenap jajarannya yang telah memberikan kemudahan selama mengikuti pendidikan di Departemen Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
3. Ibu Hesti Hapsari Handayani ST., M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberikan arahan dan bimbingan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Teman-teman sekalian angkatan 2016 yang senantiasa membantu dan mendukung penulis.

Penulis berharap, penelitian ini dapat memberikan manfaat kepada banyak pihak serta dapat memperkaya literatur penelitian-penelitian sejenis yang akan dilakukan pada masa yang akan datang.

Penulis menyadari bahwa selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan ini terdapat banyak kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan ke depannya. Semoga laporan ini bisa memberikan manfaat kepada pembaca.

Surabaya, Agustus 2020

Penulis



## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vii
LEMBAR PENGESAHAN .....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah .....	5
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Penggunaan Lahan dan Tutupan Lahan .....	7
2.1.1 Klasifikasi Tutupan Lahan .....	8
2.2 Citra Satelit Landsat 5 TM .....	10
2.3 Citra Satelit Landsat 7 ETM+ .....	10
2.4 Pengolahan Citra .....	12
2.4.1 <i>Image Enhancement</i> .....	13
2.4.2 Koreksi Geometrik .....	14
2.5 Klasifikasi Citra .....	16
2.5.1 Klasifikasi Terselia ( <i>Supervised Classification</i> )....	16
2.5.2 Interpretasi Citra .....	18
2.5.3 Validasi Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan .....	23
2.6. Faktor Pendorong Perubahan Tutupan Lahan .....	25
2.6.1 Pengujian Pendorong Perubahan Tutupan Lahan..	28
2.7 Pemodelan Perubahan Tutupan Lahan .....	29
2.8 Prediksi Perubahan Tutupan Lahan .....	34
2.9 Validasi Model Prediksi Perubahan Tutupan Lahan .....	36
2.10 Rencana Tata Ruang Wilayah .....	37
2.11 Kesesuaian Lahan .....	39

2.12 Penelitian Sebelumnya.....	41
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>47</b>
3.1 Lokasi Penelitian .....	47
3.2 Data dan Peralatan .....	48
3.2.1 Data .....	48
3.2.2 Peralatan.....	49
3.3 Metodologi Penelitian.....	50
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISIS</b> .....	<b>57</b>
4.1 Hasil Pengolahan Data Citra Satelit .....	57
4.1.1 <i>Gap Fill</i> .....	57
4.1.2 <i>Image Enhancement</i> .....	58
4.1.3 Ketelitian Geometrik .....	59
4.1.4 Klasifikasi Citra Satelit .....	60
4.2 Faktor Pendorong Perubahan Tutupan Lahan .....	68
4.3 Model Perubahan Tutupan Lahan.....	75
4.4 Skenario Perencanaan Perubahan Tutupan Lahan .....	81
4.5 Analisis Skenario Perencanaan Tutupan Lahan.....	100
4.6 Prediksi Tutupan Lahan Tahun 2025.....	104
4.7 Analisis Skenario Perencanaan dengan Peta RTRW ....	110
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>115</b>
5.1 Kesimpulan.....	115
5.2 Saran .....	116
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>117</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>123</b>
<b>BIODATA PENULIS</b> .....	<b>145</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi kerusakan pada <i>Scan Line Corrector</i> .....	11
Gambar 2.2 Contoh citra satelit Landsat 7 SLC OFF.....	12
Gambar 2.3 Cara Kerja Metode <i>Supervised</i> .....	17
Gambar 2.4 Contoh Unsur Rona dan Warna.....	18
Gambar 2.5 Contoh Unsur Bentuk .....	19
Gambar 2.6 Contoh Unsur Ukuran.....	20
Gambar 2.7 Contoh Unsur Tekstur .....	20
Gambar 2.8 Contoh Unsur Pola.....	21
Gambar 2.9 Contoh Unsur Bayangan.....	21
Gambar 2.10 Contoh Unsur Situ .....	22
Gambar 2.11 Contoh Unsur Asosiasi .....	23
Gambar 2.12 Konsep perhitungan <i>Euclidean Distance</i> .....	28
Gambar 2.13 Perhitungan <i>Euclidean Distance</i> .....	28
Gambar 2.14 Perhitungan <i>gains and losses</i> .....	30
Gambar 2.15 Peta Perubahan Lahan.....	31
Gambar 2.16 Cubic Trend .....	32
Gambar 2.17 Proses MLP <i>Neural Network</i> . .....	33
Gambar 2.18 Peta RTRW Kota Surabaya .....	38
Gambar 2.19 Perkembangan lahan terbangun di Kota Bogor .....	42
Gambar 2.20 Perubahan Penggunaan Lahan DAS Bonehau .....	43
Gambar 2.21 Prediksi Tutupan Lahan DAS Citarum Hulu .....	44
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian .....	48
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian 1 .....	50
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian 2.....	51
Gambar 3.4 Diagram Alir Pengolahan Data Tutupan Lahan .....	52
Gambar 4.1 Hasil Proses <i>Gap Fill</i> .....	58
Gambar 4.2 Hasil Proses <i>Image Enhancement</i> .....	59
Gambar 4.3 Tutupan Lahan Periode Tahun 1995.....	63
Gambar 4.4 Tutupan Lahan Periode Tahun 2005.....	64
Gambar 4.5 Tutupan Lahan Periode Tahun 2015.....	65
Gambar 4.6 <i>Euclidean Distance</i> Jalan Utama .....	69
Gambar 4.7 <i>Euclidean Distance</i> Jalan Non Utama .....	70
Gambar 4.8 <i>Euclidean Distance</i> CBD .....	71

Gambar 4.9	<i>Euclidean Distance</i> Sungai.....	72
Gambar 4.10	<i>Gains and Losses</i> dalam Satuan Hektar.....	76
Gambar 4.11	<i>Cubic Trend</i> .....	77
Gambar 4.12	Perubahan Tutupan Lahan .....	80
Gambar 4.13	Transisi RTH ke Bangunan Skenario 1 .....	82
Gambar 4.14	Transisi Sawah ke Bangunan Skenario 1.....	83
Gambar 4.15	Transisi Tambak ke Bangunan Skenario 1 .....	84
Gambar 4.16	Prediksi Tutupan Lahan 2015 Skenario 1.....	87
Gambar 4.17	Transisi RTH ke Bangunan Skenario 2 .....	89
Gambar 4.18	Prediksi Tutupan Lahan 2015 Skenario 2.....	92
Gambar 4.19	Transisi Sawah ke Bangunan Skenario 3.....	95
Gambar 4.20	Transisi Tambak ke Bangunan Skenario 3 .....	96
Gambar 4.21	Prediksi Tutupan Lahan 2015 Skenario 3.....	99
Gambar 4.22	Perbandingan Luas Tutupan Lahan .....	101
Gambar 4.23	Perubahan Tutupan Lahan 1995-2005.....	102
Gambar 4.24	Prediksi Tutupan Lahan 2025 Skenario 2.....	108
Gambar 4.25	Prediksi Tutupan Lahan 2025 Skenario 3.....	109
Gambar 4.26	Persentase Kesesuaian Tutupan Lahan.....	113

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Tutupan Lahan.....	8
Tabel 2.2 Spesifikasi kanal ( <i>band</i> ) Landsat 5.....	10
Tabel 2.3 Spesifikasi kanal ( <i>band</i> ) Landsat 7.....	11
Tabel 2.4 Klasifikasi Kesesuaian Pola Ruang.....	41
Tabel 4.1 Nilai RMSE Hasil Koreksi Geometrik.....	60
Tabel 4.2 Jumlah <i>Training Area</i> .....	62
Tabel 4.3 Perbandingan Luas Tutupan Lahan 1995-2015.....	66
Tabel 4.4 Nilai Kappa dan <i>Overall Accuracy</i> .....	67
Tabel 4.5 Hasil Uji Cramer's V Faktor Jalan Utama.....	73
Tabel 4.6 Hasil Uji Cramer's V Faktor Jalan Non Utama.....	74
Tabel 4.7 Hasil Uji Cramer's V Faktor CBD.....	74
Tabel 4.8 Hasil Uji Cramer's V Faktor Sungai.....	75
Tabel 4.9 Tabel Perubahan Tutupan Lahan.....	79
Tabel 4.10 Matriks Probabilitas Transisi 2015 Skenario 1.....	85
Tabel 4.11 Matriks Area Transisi Tahun 2015 Skenario 1.....	86
Tabel 4.12 Perbandingan Luas Tutupan Lahan Skenario 1.....	88
Tabel 4.13 Matriks Probabilitas Transisi 2015 Skenario 2.....	90
Tabel 4.14 Matriks Area Transisi Tahun 2015 Skenario 2.....	91
Tabel 4.15 Perbandingan Luas Tahun 2015 Skenario 2.....	93
Tabel 4.16 Matriks Probabilitas Transisi 2015 Skenario 3.....	97
Tabel 4.17 Matriks Area Transisi Tahun 2015 Skenario 3.....	98
Tabel 4.18 Perbandingan Luas Tahun 2015 Skenario 3.....	100
Tabel 4.19 Perbandingan Nilai AUC.....	104
Tabel 4.20 Matriks Probabilitas Transisi 2025 Skenario 2.....	105
Tabel 4.21 Matriks Probabilitas Transisi 2025 Skenario 3.....	106
Tabel 4.22 Matriks Area Transisi Tahun 2025 Skenario 2.....	106
Tabel 4.23 Matriks Area Transisi Tahun 2025 Skenario 3.....	107
Tabel 4.24 Perbandingan Luas Tahun 2025 Skenario Kedua....	110
Tabel 4.25 Perbandingan Luas Tahun 2025 Skenario Ketiga ...	111

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pembangunan infrastruktur merupakan salah satu program prioritas pemerintah dalam rentang waktu beberapa tahun ini. Hal ini dibuktikan dengan kenaikan indeks daya saing infrastruktur Indonesia, menurut laporan *Global Competitiveness Report 2019* yang dirilis WEF, sub-indeks infrastruktur Indonesia mengalami kenaikan sebesar 0,9 poin dari tahun sebelumnya (Schwab 2019). Seiring dengan meningkatnya aktifitas pembangunan infrastruktur, kebutuhan lahan juga semakin meningkat. Pembangunan infrastruktur membutuhkan lahan yang luas untuk proses pembangunannya, sehingga alih fungsi merupakan sebuah solusi untuk mencukupi ketersediaan lahan (Syarifuddin dkk. 2013). Selain faktor pembangunan infrastruktur, peningkatan jumlah penduduk juga meningkatkan kebutuhan lahan, sehingga mengakibatkan permintaan lahan meningkat (*Demand side*) tetapi ketersediaan lahan tidak berubah (*Supply side*). Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan proses perencanaan penggunaan lahan. Dalam proses pembangunan di suatu wilayah, perencanaan penggunaan lahan diperlukan untuk mengarahkan para pengambil keputusan untuk memilih jenis tutupan lahan yang sesuai, menentukan lokasi spasial yang optimal, mengidentifikasi dan merumuskan peluang untuk perubahan pemanfaatan lahan, dan mengantisipasi konsekuensi alih fungsi lahan (Arif dkk. 2017).

Kota Surabaya sebagai ibu kota provinsi Jawa Timur memiliki posisi yang strategis dalam sektor perdagangan dan jasa. Hal ini mengakibatkan pertumbuhan ekonomi di Surabaya terus meningkat, bahkan pada tahun 2018 pertumbuhan ekonomi di Surabaya mencapai 6,20% (BPS Kota Surabaya 2019). 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 (Jiwandono 2017). Oleh karena itu, diperlukan penelitian mengenai model perubahan tutupan lahan dan prediksi perubahan tutupan lahan di Kota Surabaya.

Alih fungsi lahan secara umum menyangkut perubahan fungsi dan cara pemanfaatan lahan dari satu penggunaan ke penggunaan lainnya (Fitrianingsih 2017). Perubahan fungsi ini mengakibatkan perubahan kondisi tutupan lahan yang terdapat di suatu wilayah. Perubahan tutupan lahan ini erat kaitannya dengan keseimbangan lingkungan dan ekosistem di suatu wilayah, sehingga model perubahan tutupan lahan ini perlu diketahui untuk memprediksi kondisi perubahan tutupan lahan kedepannya. 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. Penelitian sebelumnya pernah dilakukan oleh Mondal dkk. (2016) mengenai uji statistik independensi dan validasi perubahan tutupan lahan menggunakan hasil pemodelan CA Markov Chain di wilayah negara bagian Assam, India. Penelitian ini menghasilkan peta prediksi tutupan lahan di Distrik Metropolitan Kamrup di negara bagian Assam di India pada tahun 2007 menggunakan model perubahan tutupan lahan tahun 1987 sampai 1997, hasil uji validasi menggunakan metode *Kappa Index of Agreement* (KIA) menghasilkan nilai *Kno* sebesar 0,8347, *Klocation* sebesar 0,859, *Klocation Strata* sebesar 0,8591 dan *Kstandard* sebesar 0,7928. Selain itu penelitian lain yang dilakukan oleh Yusuf dkk. (2018) memprediksi perubahan tutupan lahan di DAS Sungai Citarum



menggunakan metode Markov Chain dengan melibatkan parameter elevasi, kelerengan, jaringan jalan, jaringan sungai dan kepadatan penduduk. Hasil prediksi perubahan tutupan lahan pada penelitian ini menunjukkan peningkatan luas lahan terbangun yang berasal dari kebun, ladang, lahan terbuka, sawah, dan tubuh air. Perubahan tutupan lahan yang terjadi di DAS Citarum Hulu lebih mengarah di bagian Kota Cimahi dan Kota Bandung, serta sebagian di tenggara DAS.

Dalam penelitian ini parameter pendorong perubahan tutupan lahan yang digunakan adalah jaringan jalan, jaringan sungai dan *Central Business District* (CBD). *Central Business District* (CBD) menurut Mulyawan (2010) adalah bagian kecil dari kota yang merupakan pusat dari segala kegiatan politik, sosial budaya, ekonomi dan teknologi. Hipotesis penelitian ini menunjukkan bahwa pusat semua kegiatan masyarakat yang berada di pusat perkotaan, secara tidak langsung memiliki dampak pada daerah pinggiran sebagai penyangga pusat perkotaan, hal ini menyebabkan pembangunan fasilitas untuk mendukung daerah pusat perkotaan di wilayah pinggiran semakin berkembang pesat, dengan demikian pola perkembangan kota mengarah ke daerah pinggiran. Pembangunan ini menyebabkan perubahan pada aspek spasial yang dapat diidentifikasi dengan citra satelit penginderaan jauh (Sari 2014).

Adapun data citra satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra satelit multitemporal. Data citra satelit multitemporal dapat digunakan dalam pemantauan perkembangan kota secara terus menerus sehingga dapat diaplikasikan untuk keperluan prediksi perkembangan lahan (Zahrotunisa & Wicaksono 2017). Jenis data citra satelit yang digunakan adalah citra satelit Landsat 5 dan Landsat 7. Citra satelit Landsat digunakan sebagai bahan penelitian dikarenakan citra satelit ini bersifat *open source*, memiliki resolusi spasial yang cukup baik untuk klasifikasi tutupan lahan dan ketersediaan data citra satelit ini pada rentang waktu yang sesuai dengan rentang waktu penelitian. Data citra satelit yang dibutuhkan adalah citra satelit

Landsat tahun 1995 sampai 2005 yang digunakan untuk membuat pemodelan perubahan tutupan lahan, dan citra satelit Landsat 2015 sebagai bahan pengujian pemodelan perubahan tutupan lahan. 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 pembangunan infrastruktur ini diprediksi akan terjadi proses pembangunan infrastruktur pendukung maupun pembangunan perumahan di sekitar area tersebut (Pemerintah Kota Surabaya 2019 a). Penelitian ini mengambil studi kasus prediksi perubahan tutupan lahan di Kota Surabaya pada tahun 2025.

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 menentukan kebijakan mengenai perencanaan penggunaan lahan di suatu daerah, hal ini sesuai dengan amanah Undang-Undang No. 32 Tahun 2004, tentang Pemerintah Daerah, dijelaskan bahwa pemerintah daerah mempunyai kewenangan serta tanggung jawab untuk melakukan perencanaan, pelaksanaan, pengawasan, pengendalian dan evaluasi terhadap sumberdaya alam di tingkat daerah. Oleh sebab itu, penelitian mengenai model perubahan tutupan lahan dan prediksi tutupan lahan di Kota Surabaya menjadi penting untuk dilakukan guna mendukung manajemen sumberdaya lahan dan perencanaan pembangunan daerah yang berkelanjutan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

- a. Bagaimana model perubahan tutupan lahan di Kota Surabaya pada tahun 1995-2005?
- b. Bagaimana prediksi perubahan tutupan lahan di Kota Surabaya pada tahun 2025 menggunakan metode Markov Chain?

- c. Bagaimana analisis perbandingan peta prediksi tutupan lahan di Kota Surabaya pada tahun 2025 dengan Peta RTRW Kota Surabaya Tahun 2014-2034?

### **1.3 Batasan Masalah**

- a. Kelas tutupan lahan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah ruang terbuka hijau, area terbangun, badan air, tambak, dan sawah.
- b. Faktor pendorong perubahan tutupan lahan meliputi jaringan jalan, jaringan sungai dan *Central Business District* (CBD) yang dikonfirmasi dengan perubahan tutupan lahan.
- c. *Central Business District* yang dimaksud pada penelitian ini merupakan pusat kegiatan masyarakat yang meliputi pusat pemerintahan (kantor pemerintahan provinsi, kota, kecamatan dan kelurahan), pusat perdagangan (pasar tradisional, *mall*), dan sarana transportasi (bandara, terminal dan stasiun).

### **1.4 Tujuan Penelitian**

- a. Mengidentifikasi model perubahan tutupan lahan di Kota Surabaya dari tahun 1995 hingga 2005.
- b. Membuat peta prediksi tutupan lahan di Kota Surabaya pada tahun 2025 berdasarkan metode Markov Chain.
- c. Menganalisis hasil prediksi tutupan lahan Tahun 2025 dengan Peta RTRW Kota Surabaya Tahun 2014-2034.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan model perubahan tutupan lahan di Kota Surabaya, dari model tersebut dapat digunakan sebagai bahan untuk memprediksi kondisi tutupan lahan di Kota Surabaya pada periode yang akan datang. Dengan mengetahui prediksi tutupan lahan di periode yang akan datang, dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan oleh pemerintah dan instansi terkait lainnya untuk menyusun perencanaan pembangunan dan perencanaan penggunaan lahan di suatu wilayah.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penggunaan Lahan ( *Land Use*) dan Tutupan Lahan (*Land Cover*)**

Penggunaan lahan (*land use*) dan tutupan lahan (*land cover*) pada hakekatnya berbeda walaupun menggambarkan hal yang sama, yaitu keadaan fisik permukaan bumi. Tutupan lahan merupakan perwujudan secara fisik objek-objek yang menutupi lahan tanpa mempersoalkan kegiatan manusia terhadap objek-objek tersebut, sedangkan penggunaan lahan berhubungan dengan kegiatan manusia pada suatu bidang lahan. Penggunaan lahan untuk pemukiman memiliki tutupan terdiri dari atap, permukaan yang diperkeras, rumput dan pepohonan (Ardiansyah 2017). Menurut Undang-undang Nomor 4 Tahun 2011 Tentang Informasi Geospasial, Tutupan lahan merupakan garis yang menggambarkan batas penampakan area tutupan di atas permukaan bumi yang terdiri dari bentang alam dan/atau bentang buatan. Sedangkan menurut SNI nomor 7645 tahun 2010, tutupan lahan dapat juga didefinisikan sebagai tutupan biofisik pada permukaan bumi yang dapat diamati dan merupakan hasil pengaturan, aktivitas, dan perlakuan manusia yang dilakukan pada jenis penutup lahan tertentu untuk melakukan kegiatan produksi, perubahan, ataupun perawatan pada areal tersebut (Badan Standardisasi Nasional 2010). Data tutupan lahan dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan antara lain:

- Analisis dinamika perkembangan hutan (degradasi, deforestasi dan reforestasi).
- Perhitungan cadangan dan emisi karbon.
- Perencanaan dan pengembangan suatu daerah/ areal (tata ruang wilayah).
- Pengawasan dan evaluasi terhadap kinerja pemegang izin usaha (konsesi) pada kawasan hutan (pemantauan areal penebangan, realisasi tanam dan pembukaan

- tambang).
- Pemantauan areal Kawasan Konservasi dan Kesatuan Pengelolaan Hutan dari perambahan, pembalakan liar dan kebakaran lahan dan hutan.

### **2.1.1 Klasifikasi Tutupan Lahan**

Klasifikasi tutupan lahan dan penggunaan lahan merupakan upaya pengelompokan berbagai jenis tutupan lahan atau penggunaan lahan ke dalam suatu kesamaan sesuai dengan sistem tertentu. Klasifikasi tutupan lahan dan klasifikasi penggunaan lahan digunakan sebagai pedoman atau acuan dalam proses interpretasi citra penginderaan jauh untuk tujuan pembuatan peta tutupan lahan maupun peta penggunaan lahan (Lillesand & Kiefer 1994). Tutupan lahan skala nasional memiliki 22 kelas tutupan lahan dengan 7 kelas tutupan hutan dan 15 kelas tutupan bukan hutan. Penetapan standar kelas ini didasarkan pada pemenuhan kepentingan secara khusus dan institusi-institusi terkait tingkat nasional secara umum (Badan Standardisasi Nasional 2010). Adapun jenis tutupan lahan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Jenis Tutupan Lahan

No.	Kode	Toponimi	Keterangan
1	2001	Hp	Hutan Lahan Kering Primer
2	2002	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder
3	2004	Hmp	Hutan Mangrove Primer
4	2005	Hrp	Hutan Rawa Primer
5	20041	Hms	Hutan Mangrove Sekunder
6	20051	Hrs	Hutan Rawa Sekunder
7	2006	Ht	Hutan Tanaman
8	2007	B	Belukar
9	2010	Pk	Perkebunan
10	2012	Pm	Pemukiman

Tabel 2.1 Lanjutan Jenis Tutupan Lahan

No.	Kode	Toponimi	Keterangan
11	2014	T	Tanah Terbuka
12	2500	Aw	Awan
13	3000	S	Savanna/ Padang rumput
14	5001	A	Badan Air
15	20071	Br	Belukar Rawa
16	20091	Pt	Pertanian Lahan Kering
17	20092	Pc	Pertanian Lahan Kering Campur
18	20093	Sw	Sawah
19	20094	Tm	Tambak
20	20121	Bdr	Bandara/ Pelabuhan
21	20122	Tr	Transmigrasi
22	20141	Pb	Pertambangan
23	50011	Rw	Rawa

Sumber: SNI 7645-2010 tentang Klasifikasi Tutupan Lahan

Selain berdasarkan SNI 7645-2010, jenis tutupan lahan dapat diklasifikasikan menurut Perda Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya Tahun 2014-2034. Penelitian ini mengacu pada kelas tutupan lahan menurut Perda Kota Surabaya Tahun 2014-2034 yang disesuaikan dengan metode penelitian ini, adapun kelas tutupan lahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a) Area Terbangun
- b) Badan Air
- c) Tambak
- d) Sawah
- e) Ruang Terbuka Hijau (RTH)

## 2.2 Citra Satelit Landsat 5 TM

Pengolahan Satelit Landsat 5 diluncurkan di California pada 1 Maret 1984. Satelit Landsat 5 mengorbit dengan membawa sensor *Multispectral Scanner* (MSS) dan *Thematic Mapper* (TM). Satelit Landsat 5 mengorbit pada ketinggian 705 km di atas permukaan bumi dengan sudut inklinasi 98,2°. Periode orbit landsat 5 adalah 16 hari dengan *equatorial crossing time* pada 09.45 a.m  $\pm$  15 menit. Data citra satelit Landsat 5 mengacu pada WRS-2 (*Worldwide Reference System-2*) (USGS 2019). Berikut merupakan spesifikasi beberapa kanal (*band*) yang dimiliki oleh Landsat 5:

Tabel 2.2 Spesifikasi kanal (*band*) Landsat 5

Kanal	Panjang Gelombang	Resolusi Spasial
<i>Band 1</i> (Biru)	0,45-0,52	30 meter
<i>Band 2</i> (Hijau)	0,52-0,60	30 meter
<i>Band 3</i> (Merah)	0,63-0,69	30 meter
<i>Band 4</i> (NIR)	0,76-0,90	30 meter
<i>Band 5</i> (NIR)	1,55-1,75	30 meter
<i>Band 6</i> (TIR)	10,4-12,4	30 meter
<i>Band 7</i> ( <i>Mid Infrared</i> )	2,08-2,35	30 meter

Sumber: <https://www.usgs.gov>

## 2.3 Citra Satelit Landsat 7 ETM+

Citra satelit Landsat 7 merupakan citra satelit bumi yang memiliki ETM (*Enhanced Thematic Mapper*) dan *Scanner* yang dapat membantu untuk pemotretan foto udara. Landsat 7 ini diluncurkan pada bulan April 1999. Kegunaan citra satelit Landsat 7 ini digunakan untuk pemetaan tutupan lahan, pemetaan geologi, serta pemetaan suhu permukaan laut (Kusuma 2016). Berikut merupakan spesifikasi beberapa kanal (*band*) yang dimiliki oleh Landsat 7:

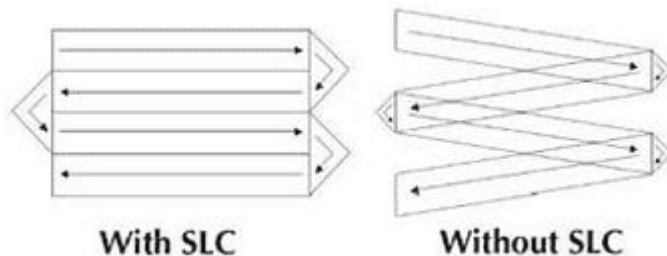


Tabel 2.3 Spesifikasi kanal (*band*) Landsat 7

Kanal	Panjang Gelombang	Resolusi Spasial
<i>Band 1</i> (Biru)	0,45-0,51	30 meter
<i>Band 2</i> (Hijau)	0,52-0,60	30 meter
<i>Band 3</i> (Merah)	0,63-0,69	30 meter
<i>Band 4</i> (NIR)	0,75-0,90	30 meter
<i>Band 5</i> (SWIR-1)	1,55-1,75	30 meter
<i>Band 6</i> (TIR)	10,4-12,5	30 meter
<i>Band 7</i> (SWIR-2)	2,09-2,35	30 meter
<i>Band 8</i> (Pankromatik)	0,52-0,90	15 meter

Sumber: <https://www.usgs.gov>

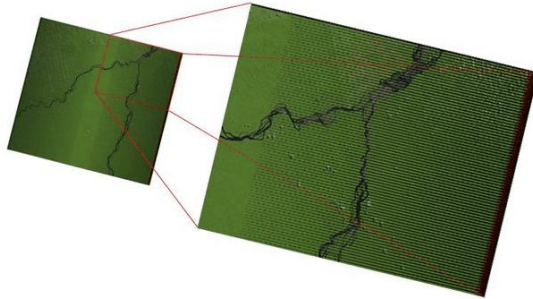
Sejak 21 Mei 2003, Satelit Landsat 7 mengalami kerusakan pada *Scan Line Corrector* (SLC), sehingga mengakibatkan garis pandang sensor melacak pola zig-zag di sepanjang jalur satelit (NASA 2016).

Gambar 2.1 Ilustrasi kerusakan pada *Scan Line Corrector* (SLC)

Sumber: <https://www.usgs.gov>

Kerusakan pada SLC mengakibatkan terjadinya gap data pada gambar citra satelit dan hanya menyisakan 78% piksel data yang tersisa dan 22% piksel nya hilang. Untuk mengatasi permasalahan ini, ilmuwan mengembangkan teknik yang dapat digunakan untuk mengisi daerah kosong pada data dari data landsat lainnya. Transformasi linear diaplikasikan untuk mengisi citra, menyesuaikan berdasarkan standar deviasi dan nilai rerata tiap

saluran, tiap scene. Cara ini kemudian lebih di kenal dengan istilah *gap fill*. proses *gap fill* dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak pengolah citra satelit dengan menambahkan *plug in gap fill* (Scaramuzza dkk. 2004).



Gambar 2.2 Contoh citra satelit Landsat 7 SLC OFF

Sumber: <https://www.usgs.gov>

Proses *gap fill* dapat dilakukan dengan berbagai metode, metode yang dapat dilakukan untuk melakukan proses *gap fill* pada data citra satelit Landsat 7 SLC off adalah sebagai berikut:

- *Single File Gap Fill (Triangulation)*
- *Two Band Gap Fill (Global Histogram Matching)*
- *Two Band Gap Fill (Local Histogram Matching)*

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.

## **2.4 Pengolahan Citra**

Pengolahan citra (*Image Processing*) adalah proses dalam kegiatan untuk mentransformasi suatu citra atau gambar dengan menggunakan teknik tertentu untuk menghasilkan citra baru. Koreksi citra diterapkan pada kesalahan yang telah dapat ditentukan nilai magnitude sebelumnya (kesalahan sistematis) ataupun yang belum ditentukan. Koreksi citra dilakukan pada dasarnya untuk mengondisikan agar citra yang digunakan dapat

memberikan informasi yang akurat secara radiometris dan geometris (Danoedoro 1996).

#### **2.4.1 Image Enhancement**

Proses *image enhancement* dimaksudkan untuk memperbaiki kualitas citra dengan meningkatkan ketajaman citra dan mempertegas perbedaan antar objek yang terdapat pada citra sehingga mempermudah dalam melakukan interpretasi visual. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam proses *image enhancement*, salah satunya adalah dengan menggunakan metode *stretching*. Pada metode *stretching* dibagi lagi menjadi beberapa jenis sebagai berikut (ENVI 2015):

- *Linear*

Menggunakan data minimum dan maksimum untuk melakukan peregangan kontras linear (tanpa kliping). Metode ini sangat berguna untuk menampilkan citra dengan hanya beberapa nilai data, di mana kliping mungkin memenuhi semua nilai.

- *Linear 0-255*

Peregangan ini tidak merentangkan data, tetapi justru menampilkan nilai DN aktual piksel sebagai nilai tampilan layar komputer yang berkisar dari 0 hingga 255, di mana 0 menunjukkan tidak ada kecerahan dan 255 menunjukkan kecerahan maksimum.

- *Linear 2%*

Menerapkan metode linier dengan klip 2% di kedua ujung data yang ditampilkan.

- *Gaussian*

Menerapkan metode Gaussian dengan rata-rata DN 127 dan nilai standar deviasi data bernilai  $\pm 3$  diatur masing-masing ke 255 dan 0.

- *Equalization*  
Metode ini menerapkan pemerataan histogram ke data yang ditampilkan.
- *Square Root*  
Metode ini mengambil akar kuadrat dari *input* histogram kemudian menerapkan peregangan linier.

#### **2.4.2 Koreksi Geometrik**

Geometrik merupakan posisi geografis yang berhubungan dengan distribusi keruangan (*spatial distribution*). Geometrik memuat informasi data yang mengacu bumi (*geo-referenced data*), baik posisi (sistem koordinat lintang dan bujur) maupun informasi yang terkandung didalamnya. Geometrik citra penginderaan jauh mengalami pergeseran, karena orbit satelit sangat tinggi dan medan pandangnya kecil, maka terjadi distorsi geometrik (Lukiawan dkk. 2019).

Kesalahan geometrik citra dapat terjadi karena posisi dan orbit maupun sikap sensor pada saat satelit mengindera bumi, kelengkungan dan putaran bumi yang diindera. Akibat dari kesalahan geometrik ini maka posisi *pixel* dari data indera satelit tersebut tidak sesuai dengan posisi (lintang dan bujur) yang sebenarnya.

Berdasarkan sumbernya kesalahan geometrik pada citra penginderaan jauh dapat dikelompokkan menjadi dua tipe kesalahan, yaitu kesalahan internal (*internal distortion*), dan kesalahan eksternal (*external distortion*). Kesalahan sistematis merupakan kesalahan yang dapat diperkirakan sebelumnya, dan besar kesalahannya pada umumnya konstan, oleh karena itu dapat dibuat perangkat lunak koreksi geometrik secara sistematis. Kesalahan geometri yang bersifat random (acak) tidak dapat diperkirakan terjadinya, maka koreksinya

harus ada data referensi tambahan yang diketahui (Dwijayanti 2015).

Koreksi *geometric* dilakukan sesuai dengan jenis atau penyebab kesalahannya, yaitu kesalahan sistematik dan kesalahan random, dengan sifat distorsi *geometric* pada citra. Koreksi geometrik mempunyai tiga tujuan, yaitu:

1. Melakukan rektifikasi (pembetulan) atau restorasi (pemulihan) citra agar koordinat citra sesuai dengan koordinat geografis.
2. Meregistrasi (mencocokkan) posisi citra dengan citra lain yang sudah terkoreksi (*image to image rectification*) atau mentransformasikan system koordinat citra multispectral dan multi temporal.
3. Meregistrasi citra ke peta atau transformasi system koordinat citra ke koordinat peta (*image to map rectification*), sehingga menghasilkan citra dengan system proyeksi tertentu.

Koreksi geometrik harus dilakukan dengan mengacu ke data geospasial dasar seperti peta RBI atau LPI dengan skala yang sama atau lebih besar dari data yang akan dibuat. Sebagai contoh, untuk menghasilkan peta mangrove skala 1:50.000, maka peta dasar untuk koreksi geometrik yang digunakan adalah peta RBI dengan skala 1:50.000 atau 1:25.000 (Pusfatja 2015).

Pada penelitian ini, citra satelit yang digunakan yaitu Citra Landsat 5 TM dan Landsat 7 ETM+ dengan tipe L1T (*Level 1 Terrain*) sehingga sudah terkoreksi geometrik menggunakan GCP (*Ground Control Point*) dengan datum WGS 1984. Koreksi *Terrain* juga telah dilakukan dengan menggunakan data *Digital Elevation Model* (DEM) untuk mengurangi efek relief displacement (USGS 2014). Pada metadata citra satelit diketahui nilai residual x dan y pada setiap GCP yang kemudian dapat dilakukan perhitungan *RMSerror* untuk masing masing

data citra satelit.  $RMS_{error}$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$RMS\ error = \sqrt{(Xp - Xi)^2 + (Yp - Yi)^2} \quad (2.1)$$

Dimana:

$X_i$  dan  $Y_i$  = Koordinat awal (*source coordinates*)

$X_p$  dan  $Y_p$  = Koordinat (*retransformed coordinate*)

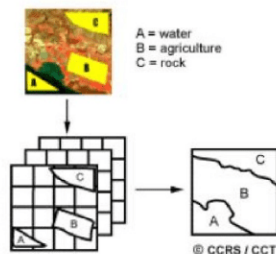
Pada perhitungan RMS (*Root Mean Square*)Error, jika nilai RMSe kurang atau sama dengan 1 piksel ( $RMSe \leq 1$  piksel) maka diperoleh citra yang terkoreksi secara geometrik tetapi jika nilai RMSe lebih 1 piksel ( $RMSe > 1$  piksel) maka dilakukan koreksi geometrik ulang (Jayanti 2015).

## 2.5 Klasifikasi Citra

### 2.5.1 Klasifikasi Terselia (*Supervised Classification*)

Klasifikasi terbimbing adalah klasifikasi yang analisisnya mempunyai sejumlah piksel yang mewakili masing - masing kelas atau kategori yang diinginkan (Jaya 2007). Menurut Marini (2014) klasifikasi terbimbing merupakan metode yang diperlukan untuk mentransformasikan data citra multispektral ke dalam kelas-kelas unsur spasial dalam bentuk informasi tematis. Kriteria pengelompokan kelas ditetapkan berdasarkan penciri kelas yang diperoleh melalui pembuatan training area. Penentuan training area biasanya dilakukan berdasarkan hasil pengamatan lapangan atau berdasarkan penyesuaian dengan peta rupa bumi. *Training area* yang telah didapatkan kemudian dijadikan sebagai masukkan dalam proses klasifikasi untuk keseluruhan citra (Jaya 2007). Pada klasifikasi terbimbing, identitas dan lokasi kelas-kelas unsur atau tipe penutup lahan (seperti halnya perkotaan, tubuh air, lahan basah, dan lain sebagainya)

telah diketahui sebelumnya melalui kunjungan ke lapangan (survei), analisis foto udara (atau citra satelit sebelumnya), maupun cara-cara yang lain (Marini 2014). Nilai-nilai piksel dalam daerah contoh kemudian digunakan oleh perangkat lunak komputer sebagai kunci untuk mengenali piksel lain. Daerah yang memiliki nilai-nilai piksel sejenis akan dimasukkan ke dalam kelas yang telah ditentukan sebelumnya. Jadi dalam metode ini, nails mengidentifikasi kelas informasi terlebih dahulu yang kemudian digunakan untuk menentukan kelas spektral yang mewakili kelas informasi tersebut.



Gambar 2.3 Cara Kerja Metode *Supervised*  
(Sumber : <http://www.info-geospasial.com/> )

Salah satu metode yang dapat digunakan pada klasifikasi terselia adalah *Maximum Likelihood Classification* (MLC). Metode ini merupakan metode klasifikasi terbimbing yang paling banyak digunakan untuk data penginderaan jauh. Sebelum melakukan klasifikasi, pengguna harus menentukan *training area* yang digunakan untuk melihat ciri-ciri statistika masing-masing kelas tutupan lahan (Richard 2006). Klasifikasi MLC didasarkan pada perkiraan densitas probabilitas untuk setiap tutupan/penggunaan lahan. Menurut Lillesand dan Kiefer (1994) klasifikasi MLC mengevaluasi secara kuantitatif variance dan co-variance pola tanggapan spektral kategori ketika mengklasifikasi piksel yang tidak

dikenal. Untuk melakukan ini, dibuat asumsi bahwa distribusinya normal. Untuk alasan matematik, suatu distribusi normal multivariate dapat digunakan sebagai fungsi densitas probabilitas.

### **2.5.2 Interpretasi Citra**

Kontras antara berbagai objek pada satu citra tidak sama dengan citra yang lain, dan yang menampilkan kontras tinggi untuk berbagai objek itu berarti objek-objek akan mudah dikenali sehingga tingkat ketelitian interpretasi tentu tinggi. Dalam identifikasi objek perlu dibantu dengan unsur-unsur interpretasi yang terdiri dari: (Pusat Data Penginderaan Jauh LAPAN dan Jurusan Geografi UNS 2007).

#### **1. Rona dan Warna**

Rona ialah tingkat kegelapan/kecerahan objek pada citra, dengan demikian rona merupakan tingkatan dari hitam ke putih atau sebaliknya. Warna adalah wujud yang tampak pada mata, menunjukkan tingkat kegelapan yang beragam. Contoh kondisi rona pada foto hitam putih. Objek piramida yang gelap merupakan daerah yang tidak terkena sinar matahari. Untuk citra berwarna asli atap gedung berwarna merah kecoklatan, lapangan tampak dengan rumput yang hijau, kolam renang tampak dengan air yang berwarna biru.



**Gambar 2.4 Contoh Unsur Rona dan Warna**  
(Sumber: Pusat Data Penginderaan Jauh LAPAN dan Jurusan Geografi UNS 2007)



## 2. Bentuk

Merupakan variabel kualitatif yang memberikan kerangka suatu objek. Dalam konteks ini bentuk dapat berupa bentuk yang tampak dari luar (umum), maupun menyangkut susunan atau struktur yang lebih rinci. Contoh: Gedung perkantoran biasanya berbentuk huruf I, L atau U; pohon kelapa berbentuk bintang, sedang pinus berbentuk kerucut



Gambar 2.5 Contoh Unsur Bentuk

(Sumber: Pusat Data Penginderaan Jauh LAPAN dan Jurusan Geografi UNS 2007)

## 3. Ukuran

Merupakan atribut objek yang berupa jarak, luas, tinggi, lereng, dan volume. Contoh: ukuran suatu rumah dibedakan apakah rumah hunian, kantor, atau pabrik. Rumah hunian biasanya ukurannya relatif lebih kecil dibandingkandengan perkantoran atau pabrik.



Gambar 2.6 Contoh Unsur Ukuran  
(Sumber: Pusat Data Penginderaan Jauh LAPAN dan  
Jurusan Geografi UNS 2007)

#### 4. Tekstur

Tekstur biasa dikatakan dalam wujud kasar, halus, atau bercak-bercak. Contoh: Hutan biasanya tampak bertekstur kasar, sedangkan belukar bertekstur sedang, semak bertekstur halus, permukaan air bertekstur halus, tanaman pekarangan bertekstur kasar, sedang sawah bertekstur halus.



Gambar 2.7 Contoh Unsur Tekstur  
(Sumber: Pusat Data Penginderaan Jauh LAPAN dan  
Jurusan Geografi UNS 2007)

#### 5. Pola

Merupakan ciri yang menandai bagi banyak objek buatan manusia dan beberapa objek alamiah yang membentuk susunan keruangan. Contoh: tanaman teh yang

ditanam secara teratur mengikuti kontur tanahnya, sementara hutan tumbuh tidak berpola.



Gambar 2.8 Contoh Unsur Pola

(Sumber: Pusat Data Penginderaan Jauh LAPAN dan Jurusan Geografi UNS 2007)

#### 6. Bayangan

Objek atau segala yang terletak di daerah bayangan umumnya tidak tampak sama sekali atau kadang tampak samar-samar. Namun demikian merupakan faktor penting untuk mengamati objek-objek yang tersembunyi. Contoh: cerobong asap pabrik, menara, bak air yang dipasang tinggi akan tampak dari bayangan, lereng yang terjal akan tampak jelas dari bayangan.



Gambar 2.9 Contoh Unsur Bayangan

(Sumber: Pusat Data Penginderaan Jauh LAPAN dan Jurusan Geografi UNS 2007)

### 7. Situ

Merupakan hal pengamatan dari hubungan antar objek di lingkungan sekitarnya atau letak suatu objek terhadap objek lain, jadi bukan mencirikan suatu objek secara langsung. Contoh: kompleks pemukiman biasanya memanjang di sepanjang jalan, situs kebun kopi terletak di tanah miring karena tanaman kopi memerlukan pengaturan air yang baik, pemukiman yang berada di pinggir jalan sehingga membentuk pola memanjang.



Gambar 2.10 Contoh Unsur Situ

(Sumber: Pusat Data Penginderaan Jauh LAPAN dan Jurusan Geografi UNS 2007)

### 8. Asosiasi

Keterkaitan antara objek yang satu dengan yang lain, berdasarkan asosiasi tersebut maka bila telah dikenali satu objek tertentu maka dapat dijadikan petunjuk bagi objek yang lain. Contoh: objek lapangan sepak bola berasosiasi dengan tiang gawang, bila ada tribun penonton maka objek tersebut merupakan stadion yang besar.



Gambar 2.11 Contoh Unsur Asosiasi  
(Sumber: Pusat Data Penginderaan Jauh LAPAN dan  
Jurusan Geografi UNS 2007)

### **2.5.3 Validasi Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan**

Proses validasi hasil klasifikasi tutupan lahan menurut Short (1982) dapat dilakukan dengan empat cara sebagai berikut:

- Melakukan pengecekan lapangan serta pengukuran beberapa titik (*sample area*) yang dipilih dari penggunaan lahan. Uji ketelitian pada setiap area sampel penutup/penggunaan lahan yang homogen. Pelaksanaannya pada setiap bentuk penutup/penggunaan lahan diambil beberapa sampel area didasarkan homogenitas kenampakannya dan diuji kebenarannya di lapangan (survei lapangan). Data yang diambil pada saat survei lapangan adalah data koordinat titik sampel, dokumentasi foto area sampel dan deskripsi area sampel yang digunakan.
- Menilai kecocokan hasil interpretasi setiap citra dengan peta referensi atau foto udara pada daerah yang sama dan waktu yang sama. Hal ini sangat diperlukan dalam penafsiran batas-batas dan perhitungan (pengukuran) luas setiap jenis penutup/penggunaan lahan.

- Analisis statistik dilakukan pada data dasar dan citra hasil klasifikasi. Analisis dilakukan terutama terhadap kesalahan setiap penutup/penggunaan lahan yang disebabkan oleh keterbatasan resolusi citra (khususnya resolusi spasial karena merupakan dimensi keruangan). Analisis dilakukan dengan beberapa piksel dengan perhitungan varian statistik setiap saluran spektral data yang digunakan. Pengambilan pixel untuk uji ketelitian diambil yang betul-betul murni penutup lahannya (bukan piksel gabungan atau piksel yang isinya beberapa jenis kenampakan = mix pixel).

Membuat matriks dari perhitungan setiap kesalahan (*confusion matrix*) pada setiap bentuk penutup/penggunaan lahan dari hasil interpretasi citra penginderaan jauh. Rumus untuk menentukan nilai akurasi berdasarkan matriks konfusi adalah dengan menggunakan nilai kappa. Nilai koefisien kappa adalah berkisar 0,1 hingga 1,0, semakin mendekati 1 artinya kelas hasil klasifikasi dengan kelas test data semakin identik atau semakin akurat klasifikasinya (Cohen 1960). Hasil penelitian Nouri dkk. (2014), Munibah (2008), Kamusoko dkk. (2009), dan Wang dkk. (2012) menunjukkan bahwa nilai Kappa yang masuk dalam kategori baik berkisar antara 0.86 - 0.99. Proses klasifikasi yang dapat diterima adalah proses klasifikasi yang memiliki nilai akurasi kappa lebih atau sama dengan 85% atau koefisien kappa sebesar 0,85 (Simamora, Sasmito dan Haniah 2015). Adapun perhitungan koefisien kappa adalah

$$\text{Kappa} = \frac{N \sum_{i=1}^I X_{ii} - \sum_{i=1}^I X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^I (X_{i+} X_{+i})} \quad (2.2)$$

Dimana:

$N$  = Jumlah seluruh pixel sampel dalam *confusion matrix*

$x_{ii}$  = Pikel pada diagonal utama (klasifikasi yang benar)  
*confusion matrix*

$x_{i+}$  = Jumlah pixel seluruh kolom pada suatu baris

$x_{+i}$  = Jumlah pixel seluruh baris pada suatu kolom

## **2.6. Faktor Pendorong Perubahan Tutupan Lahan**

Perkembangan perkotaan adalah suatu proses perubahan keadaan perkotaan dari suatu keadaan ke keadaan yang lain dalam waktu yang berbeda. Perubahan keadaan tersebut biasanya didasarkan pada waktu yang berbeda dan untuk menganalisis ruang yang sama (Yunus, 1999). Perkembangan perkotaan yang sering terjadi adalah perkembangan lahan terbangun akibat proses ekspansi yakni perubahan tutupan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun. Perkembangan perkotaan ini kemudian dapat menyebabkan proses perubahan tutupan lahan di suatu wilayah. Faktor-faktor pendorong perubahan tutupan lahan di suatu wilayah adalah sebagai berikut:

### a. Jarak dari Jaringan Jalan

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Zahrotunisa & Wicaksono (2017) dijelaskan faktor jalan menjadi faktor yang paling berpengaruh dalam proses perubahan tutupan lahan, hal ini dikarenakan jalan merupakan kebutuhan penting manusia dalam melakukan pergerakan atau aktivitas. Jalan juga menghubungkan antara daerah satu dengan yang lain. Apabila kondisi jalan baik dan mampu menjangkau banyak daerah maka aksesibilitas semakin baik sehingga perkembangan wilayah juga akan semakin cepat. Jalan dibagi menjadi beberapa kelas jalan seperti jalan arteri, jalan kolektor dan jalan lokal (Presiden RI, 2009). Jalan arteri dan kolektor dapat dimasukkan kedalam jenis jalan utama sedangkan jalan

lokal dapat dimasukkan kedalam jenis jalan non utama. Jalan non utama lebih berpengaruh dibandingkan jalan utama karena jalan non utama memiliki ketersebaran yang lebih merata, sedangkan jalan utama hanya menghubungkan antar kota atau Kabupaten saja sehingga tidak semua lokasi mampu menjangkau jalan utama, namun jalan non utama menjangkau segala lokasi dan berhubungan dengan jalan utama. Dalam penelitian ini kategori jaringan jalan dibagi menjadi jalan utama (jalan arteri dan kolektor) dan jalan non utama (jalan lokal).

b. Jarak dari Jaringan Sungai

Pada awal abad ke 16, keberadaan sungai merupakan faktor yang sangat berpengaruh dalam perkembangan perkotaan, hal ini dikarenakan keberadaan sungai dapat memperlancar jalur perdagangan dan transportasi, apalagi jalur transportasi kala itu masih didominasi jalur perairan dibandingkan darat. Untuk mendukung proses tersebut maka proses pembangunan fasilitas perdagangan di area sempadan sungai menjadi meningkat. Kawasan sempadan sungai merupakan kawasan sepanjang kanan dan kiri sungai, termasuk sungai buatan, kanal, dan saluran irigasi primer, yang bermanfaat untuk mempertahankan kelestarian fungsi sungai. Namun pada kenyataannya saat ini area sempadan sungai banyak dibangun pemukiman semi permanen dan permanen. Bahkan beberapa bangunan di area sempadan sungai tersebut memiliki izin IMB (Perwasari 2018).

c. Jarak dari *Central Business District (CBD)*

*Central Business District (CBD)* adalah bagian kecil dari kota yang merupakan pusat dari segala kegiatan politik, sosial budaya, ekonomi dan teknologi (Mulyawan 2010). *CBD* ini terdiri dari dua bagian, yaitu :

- a. Bagian paling inti (*the heart of the area*) yang disebut *RBD (Retail Business District)*. Dominasi kegiatan pada bagian ini adalah “ *department stores*,

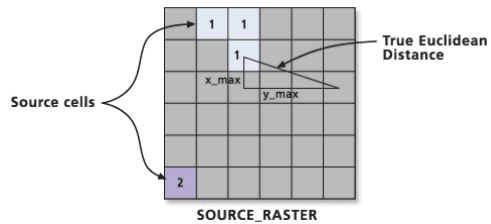


*smartshops, office building, clubs, banks, hotels theatres and headquarters of economic, social, civic and political life.*” Pada kota-kota yang kecil fungsi-fungsi tersebut berbaur satu sama lain, namun untuk kota besar fungsi-fungsi tersebut menunjukkan diferensiasi yang nyata.

- b. Bagian di luarnya yang disebut WBD (*Wholesale Business District*). Daerah ini ditempati bangunan yang digunakan untuk kegiatan ekonomi dalam jumlah yang besar seperti pasar, pergudangan (*warehouse*), gedung penyimpan barang supaya tahan lebih lama (*storage building*).

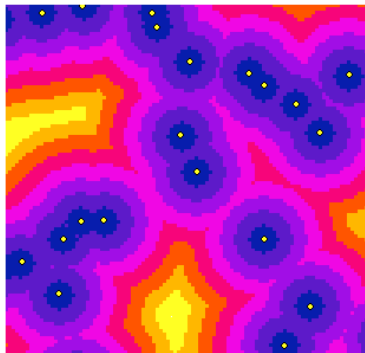
Menurut penelitian sebelumnya faktor fasilitas umum ini merupakan faktor yang memiliki pengaruh paling tinggi dalam perubahan tutupan lahan di suatu wilayah setelah faktor jaringan jalan (Zahrotunisa & Wicaksono 2017). Pada penelitian ini CBD yang digunakan adalah pusat kegiatan masyarakat yang meliputi pusat pemerintahan (kantor pemerintahan provinsi, kota, kecamatan dan kelurahan), pusat perdagangan (pasar tradisional, mall), dan sarana transportasi (pelabuhan, terminal bus dan stasiun).

Dalam penelitian ini faktor pendorong perubahan tutupan lahan dipengaruhi oleh jarak kelas tutupan lahan terhadap faktor-faktor pendorong perubahan tutupan lahan. Untuk menghitung jarak untuk setiap faktor-faktor pendorong perubahan tutupan lahan menggunakan *tools Euclidean Distance*. *Euclidean Distance* merupakan fitur yang digunakan untuk menghitung jarak ke sumber terdekat untuk setiap *cell*/piksel. Secara konseptual, algoritma *Euclidean* berfungsi sebagai berikut: untuk setiap sel, jarak ke setiap sel sumber ditentukan dengan menghitung sisi miring dengan  $x_{max}$  dan  $y_{max}$  sebagai dua kaki lainnya dari segitiga (ESRI 2016).



Gambar 2.12 Konsep perhitungan *Euclidean Distance*  
(Sumber: ESRI 2016)

Perhitungan *Euclidean Distance* pada data raster dilakukan dengan menghitung jarak dari setiap piksel ke sumber terdekat. Jarak yang digunakan sesuai dengan unit satuan yang digunakan dalam sistem proyeksi data raster seperti meter maupun *feet* (ESRI 2016). Adapun contoh perhitungan jarak *Euclidean Distance* pada data raster adalah sebagai berikut:



Gambar 2.13 Perhitungan *Euclidean Distance*  
(Sumber: ESRI 2016)

### 2.6.1 Pengujian Faktor Pendorong Perubahan Tutupan Lahan

Pengujian faktor pendorong perubahan tutupan lahan dilakukan untuk mengetahui tingkat hubungan antara setiap faktor terhadap perubahan tutupan lahan yang terjadi. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan uji Cramer's V. Cramer's V merupakan ukuran asosiasi secara kuantitatif yang bernilai antara 0,00 (menunjukkan tidak

ada korelasi) sampai 1,00 (menunjukkan korelasi sempurna). Nilai Cramers's V minimum yang menunjukkan pengaruh pada perubahan tutupan lahan adalah 0,15, sedangkan nilai Cramer's V yang memiliki nilai lebih dari 0,40 menunjukkan hubungan yang baik antara faktor pendorong tutupan lahan dan perubahan tutupan lahan yang terjadi (Eastman 2016). Adapun formula untuk perhitungan Cramer's V adalah sebagai berikut:

$$\phi_c = \sqrt{\frac{x^2}{N(k-1)}} \quad (2.3)$$

Dimana:

- $\phi_c$  = Nilai Cramer's V
- $x^2$  = Nilai pearson chi square
- N = Jumlah sampel
- k = Jumlah variabel yang lebih rendah

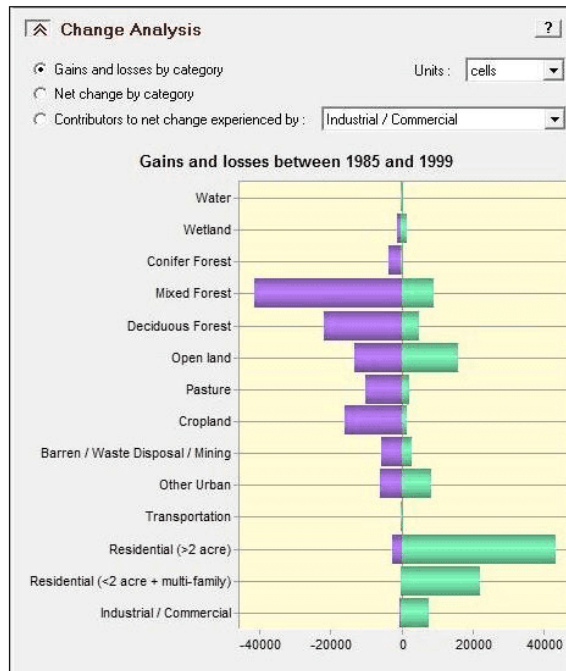
## **2.7 Pemodelan Perubahan Tutupan Lahan**

Identifikasi perubahan tutupan lahan pada suatu wilayah merupakan suatu proses mengidentifikasi perbedaan keberadaan suatu objek atau fenomena yang diamati pada waktu yang berbeda (Syakur 2010). Berdasarkan hasil identifikasi perubahan tutupan lahan, kemudian diperoleh model perubahan tutupan lahan. Pemodelan tutupan lahan ini kemudian dibangun dengan mengkombinasikan model dinamika perubahan lahan dengan SIG (Purnomo 2012). Pembuatan model perubahan tutupan lahan dilakukan untuk mengetahui karakteristik perubahan tutupan lahan dari periode tahun sebelumnya. Pada proses pemodelan perubahan tutupan lahan menghasilkan parameter berikut:

### **a. Nilai *Gains and Losses* Perubahan Tutupan Lahan**

Nilai *gains and losses* dibuat berdasarkan nilai pengurangan dan penambahan untuk masing-masing kelas tutupan lahan berdasarkan perubahan tutupan lahan yang terjadi pada periode tahun sebelumnya. Nilai *gains and*

*losses* ditampilkan dalam bentuk grafik grafik dan dapat dinyatakan dalam berbagai unit (sel, hektar, kilometer persegi, hektar, mil persegi, % perubahan, dan % area) (Eastman 2016).

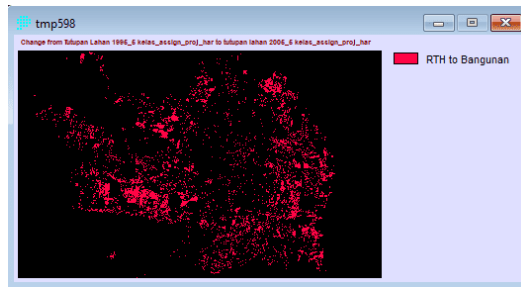


Gambar 2.14 Perhitungan *gains and losses*  
(Sumber: Eastman 2016)

#### b. Peta Perubahan Lahan

Peta perubahan lahan menampilkan kelas tutupan lahan yang mengalami perubahan pada periode sebelumnya. Jenis perubahan yang ditampilkan dapat dilakukan *filtering* untuk menyaring transisi kecil yang mungkin merupakan akibat dari kesalahan peta atau mungkin dianggap tidak signifikan untuk tujuan

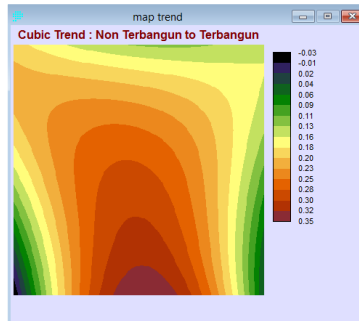
penelitian. Jenis transisi yang ditampilkan secara otomatis dimasukkan untuk analisis pada peta potensial transisi. Proses *filtering* ini sangat efektif karena dapat mengurangi jenis transisi dan menyisakan transisi yang penting untuk memodelkan perubahan lahan (Eastman 2016).



Gambar 2.15 Peta Perubahan Lahan

c. *Cubic Trend* Perubahan Tutupan Lahan

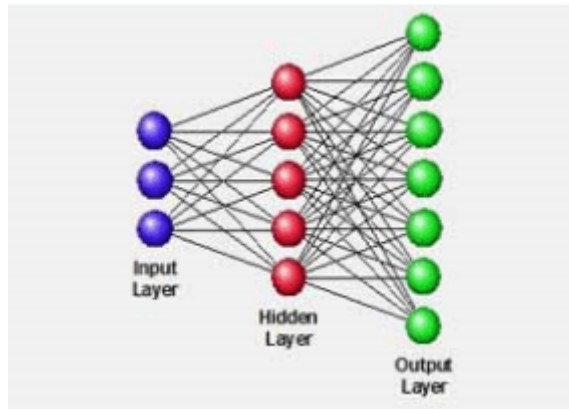
*Cubic Trend* memberikan kemampuan untuk memetakan tren dengan model tren polinomial yang paling cocok dengan pola perubahan tutupan lahan yang terjadi. *Cubic Trend* melakukan generalisasi perubahan lahan untuk menghasilkan pola perubahan lahan. Pola perubahan tutupan lahan dihasilkan dari proses mengkodekan bidang perubahan dengan 1 dan bidang yang tidak mengalami perubahan dengan 0 dan memperlakukannya seolah-olah nilai kuantitatif. Model tren polinomial terbaik yang mampu memetakan tren perubahan lahan adalah polinomial orde 3 (Eastman 2016).



Gambar 2.16 Cubic Trend  
(Sumber: Zahrotunisa & Wicaksono 2017)

d. Peta Potensial Transisi

Peta potensial transisi dihasilkan menggunakan metode *Multi-Layer Perceptron (MLP) Neural Network*. Metode *Multi-Layer Perceptron (MLP) Neural Network* secara literal terdiri dari beberapa layer yang terdiri dari *input*, *hidden* dan *output layer*. *Input layer* menerima *input* (tanpa melakukan operasi apapun), kemudian nilai *input* dimasukkan kedalam *hidden units*, pada *hidden units*, *input* dilakukan pemrosesan dan dilakukan perhitungan untuk setiap neuron kemudian hasilnya diteruskan ke layer berikutnya. *Output* dari *input layer* akan diterima sebagai *input* bagi *hidden layer*. Begitu pula seterusnya *hidden layer* akan mengirimkan hasilnya ke *output layer*. Serangkaian proses ini dinamakan *feed forward*.



Gambar 2.17 Proses MLP *Neural Network*.  
(Sumber: Eastman 2016)

Algoritma yang digunakan dalam MLP *neural network* merupakan algoritma *back propagation*, dan perhitungannya berdasarkan informasi yang terdapat pada *training area*. Saat melakukan proses perhitungan potensi transisi, sampel yang digunakan untuk proses pelatihan diambil dari piksel sesudah dan sebelum melakukan transisi yang dimodelkan. Metode ini secara otomatis memonitor dan memodifikasi *learning rates* pada tingkat awal dan akhir sebagai bagian dari prosedur pembelajaran dinamis menggunakan data pelatihan sampel. Prosedur ini dimulai dengan tingkat *initial learning rates* dan mengurangi tingkat ini hingga setengahnya jika dalam 100 iterasi pertama terdapat osilasi yang signifikan pada nilai RMS yang dihasilkan. Dalam hal ini setengah dari *trainig area* digunakan sebagai *learning data* dan setengahnya lagi digunakan sebagai validasi. Setelah pemrosesan MLP selesai, data validasi digunakan untuk menghitung tingkat akurasi dari model yang dihasilkan (Eastman 2016).

## **2.8 Prediksi Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Metode Markov Chain**

Prediksi perubahan tutupan lahan dapat dilakukan dengan menggunakan pemodelan Markov Chain. Rantai markov (markov chain) adalah suatu teknik matematika yang biasa digunakan untuk pembuatan model (*modelling*) bermacam-macam sistem dan proses bisnis. Teknik ini dapat digunakan untuk memperkirakan perubahan di waktu yang akan datang dalam variabel-variabel dinamis atas dasar perubahan-perubahan dari variabel-variabel dinamis tersebut di waktu yang lalu. Teknik ini juga dapat digunakan untuk menganalisis kejadian-kejadian di waktu mendatang secara matematis dan sistematis. Rantai markov (markov chain) dan proses markov (nama matematikawan Rusia Andrey Markov) adalah salah satu bidang yang paling mendasar dari studi tentang probabilitas, yang saat ini juga telah mulai berkembang dalam ilmu spasial, dan saat ini banyak diterapkan di bidang penelitian perubahan penggunaan lahan (*land use change*). Dalam teori probabilitas statistik, yang dianalisis dalam proses markov adalah fenomena yang berubah terhadap waktu secara acak untuk keadaan tertentu di mana *the markov property* berlaku (Baja 2012). Markov chain merupakan proses acak dimana semua informasi tentang masa depan bergantung kepada kondisi saat ini. Dalam teori probabilitas statistik, yang dianalisis dalam proses markov adalah fenomena yang berubah terhadap waktu secara acak untuk keadaan tertentu (Baja 2012). Menurut Mondal dkk. (2016) model Markov Chain dapat dituliskan dalam formula berikut:

$$S(t, t+1) = f(S(t), N) \quad (2.4)$$

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

Model Markov adalah teori yang didasarkan pada proses pembentukan sistem proses acak Markov untuk prediksi dan



metode teori kontrol yang optimal. Berdasarkan persyaratan rumus probabilitas Bayes, prediksi penggunaan lahan perubahan dihitung dengan persamaan berikut:

$$S(t, t+1) = P_{ij} S(t) \quad (2.5)$$

Dimana:

$S(t+1), S(t)$  = sistem yang bekerja pada waktu  $(t+1)$  atau  $(t)$

$P_{ij}$  = matriks probabilitas transisi

Matriks probabilitas transisi yang terdapat pada persamaan (2.2) dapat dihitung menggunakan formula sebagai berikut:

$$P = P_{ij} = \begin{vmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & P_{2n} \\ P_{n1} & P_{n2} & P_{nm} \end{vmatrix} = \sum_{j=1}^n P_{ij} = 1 \quad (2.6)$$

Dimana:

$P$  = matriks transisi Markov

$i, j$  = tutupan lahan pada periode pertama dan periode kedua

$P_{ij}$  = probabilitas perubahan tutupan lahan dari kelas  $i$  menjadi kelas  $j$

$n$  = jumlah kelas tutupan lahan

Model Markov menganggap bahwa LULC sebagai proses stokastik, dan berbagai kelas tutupan lahan sebagai suatu rangkaian. Suatu rangkaian didefinisikan sebagai proses stokastik yang memiliki probabilitas bersyarat yang terdistribusi pada waktu  $n+1$ ,  $X_{n+1}$ .

$$P_{ij} = P \left\{ X_{n+1} = j \mid X_n = i \right\} \quad (2.7)$$

Dimana:

$P_{ij}$  = probabilitas perubahan tutupan lahan dari kelas  $i$  menjadi kelas  $j$

$i, j$  = 0, 1, 2

$X_{n+1}, X_n$  = Rentang waktu pada  $n$  dan  $n+1$

Persamaan markov dibangun menggunakan distribusi penggunaan lahan pada awal dan akhir pengamatan yang diinterpretasikan dalam suatu vektor (matriks satu kolom), serta sebuah matriks transisi (*transition matrix*) (Trisasongko 2009). Metode Markov Chain menghasilkan matriks probabilitas transisi

dan matrik area transisi. Matriks probabilitas transisi merupakan matriks yang berisi probabilitas setiap kategori tutupan lahan akan berubah ke setiap kategori lainnya yang dihitung berdasarkan persamaan *exponential regression*. Matrik area transisi menunjukkan alokasi dari setiap tutupan lahan untuk berubah atau menjadi tetap (Eastman 2016).

Untuk menghasilkan peta prediksi perubahan tutupan lahan 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. MOLA mempertimbangkan semua jenis transisi tutupan lahan dan kemudian melakukan registrasi setiap tutupan lahan yang termasuk kedalam *hot classes* (kelas yang akan mengalami pengurangan) dan *claimant classes* (kelas yang akan mengakuisisi lahan). Kuantitas dari setiap kelas tersebut ditentukan berdasarkan prosedur Markov Chain.

## **2.9 Validasi Model Prediksi Perubahan Tutupan Lahan**

Menurut Mondal dkk. (2016) untuk memvalidasi hasil prediksi peruban tutupan lahan metode CA Markov Chain, dilakukan dengan cara membandingkan data aktual dengan data hasil prediksi menggunakan formula berikut:

$$K^2 = (A_{ik} - E_{ik})^2 / E_{ik} \quad (2.8)$$

Dimana:

K = Nilai uji statistik independensi

$E_{ik}$  = Nilai prediksi CA Markov Chain

$A_{ik}$  = Nilia perubahan pada waktu i hingga k pada kondisi sebenarnya

Sedangkan untuk mengetahui nilai prediksi CA Markov Chain ( $E_{ik}$ ) digunakan formula sebagai berikut:

$$E_{ik} = E (E_{ij}) (E_{jk}) / E_j \quad (2.9)$$

Dimana:

$E_{ik}$  = Nilai prediksi CA Markov Chain

$E_{ij}$  = Nilai transisi pada kategori i menjadi j  
 $E_{jk}$  = Nilai transisi pada kategori j menjadi k  
 $E_j$  = Jumlah sel pada kategori j

Pada penelitian ini untuk menguji akurasi model prediksi menggunakan model ROC (*Relative Operating Characteristic*). ROC merupakan metode yang digunakan untuk menguji akurasi model prediksi dengan membandingkan kondisi tutupan lahan hasil prediksi dengan kondisi tutupan lahan yang sebenarnya. Hasil perhitungan statistik metode ROC menghasilkan hasil plotingan *Area Under Image* (AUC), untuk menghitung nilai AUC digunakan rumus integral kalkulus *trapezoidal rule* (Eastman 2016). Formula untuk menghitung nilai AUC adalah sebagai berikut:

$$AUC = \sum_{i=1}^n [X_{i+1} - X_i] \times \left[ y_i + \frac{y_{i+1} - y_i}{2} \right] \quad (2.10)$$

Dimana:

AUC = *Area Under Image*  
 $X_i$  = Tingkat *false positif* dari *threshold i*  
 $Y_i$  = Tingkat *true positif* dari *threshold i*  
 n = jumlah *threshold*

Menurut Eastman (2016) nilai AUC minimum untuk dapat melakukan prediksi tutupan lahan pada periode tertentu adalah 0,800.

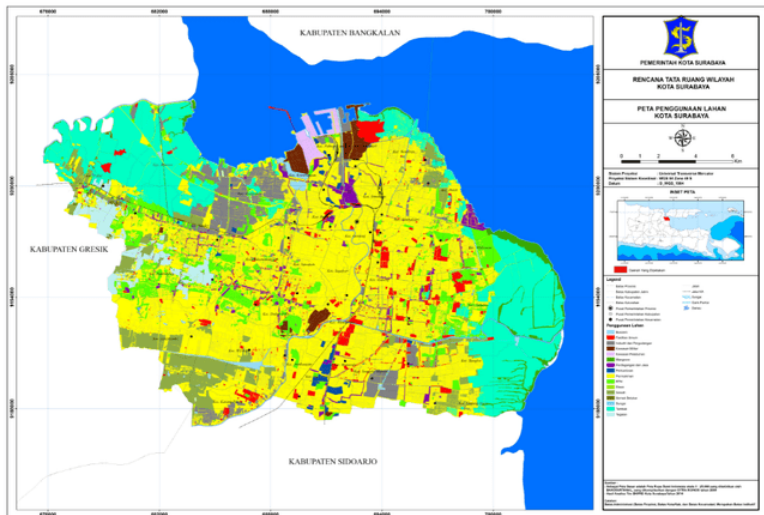
## **2.10 Rencana Tata Ruang Wilayah**

Rencana Tata Ruang Wilayah yang selanjutnya disebut RTRW adalah hasil perencanaan tata ruang pada wilayah yang merupakan kesatuan geografis beserta segenap unsur terkait yang batas dan sistemnya ditentukan berdasarkan aspek administratif. Rencana Tata Ruang Wilayah disusun berdasarkan asas:

- a. Keterpaduan;
- b. Keserasian, keselarasan dan keseimbangan;
- c. Keberlanjutan;
- d. Keberdayagunaan dan keberhasilgunaan;
- e. Keterbukaan;
- f. Kebersamaan dan kemitraan;

- g. Perlindungan kepentingan umum;
- h. Kepastian hukum dan keadilan; dan
- i. Akuntabilitas.

Tujuan penataan ruang Kota Surabaya adalah mengembangkan ruang kota metropolitan berbasis perdagangan dan jasa sebagai pusat pelayanan Nasional dan Internasional yang berkelanjutan sebagai bagian dari KSN Gresik, Bangkalan, Mojokerto, Surabaya, Sidoarjo, Lamongan (Gerbangkertasusila). Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya tahun 2014-2034 ditampilkan dalam peta sebagai berikut:



Gambar 2.18 Peta RTRW Kota Surabaya

(Sumber: Bappeko Kota Surabaya)

Rencana Tata Ruang Wilayah berfungsi sebagai pedoman untuk :

- a. Penyusunan rencana pembangunan jangka panjang daerah;
- b. Penyusunan rencana pembangunan jangka menengah daerah;
- c. Pemanfaatan ruang dan pengendalian pemanfaatan ruang di wilayah kota;

- d. Mewujudkan keterpaduan, keterkaitan dan keseimbangan antar sektor dan antar wilayah;
- e. Penetapan lokasi dan fungsi ruang untuk investasi; dan
- f. Penyusunan rencana rinci tata ruang kota yang terdiri dari rencana detail tata ruang kota dan rencana tata ruang kawasan strategis kota.

Untuk mewujudkan tujuan penataan ruang wilayah maka ditetapkan kebijakan dan strategi perencanaan ruang wilayah meliputi :

- a. Kebijakan dan Strategi Struktur Ruang wilayah Kota Surabaya; dan
- b. Kebijakan dan Strategi Pola Ruang wilayah Kota Surabaya

Kebijakan penataan ruang wilayah kota merupakan arah tindakan yang ditetapkan untuk mencapai tujuan penataan ruang wilayah kota dan berfungsi sebagai dasar untuk memformulasikan strategi penataan ruang wilayah kota, sebagai dasar untuk merumuskan rencana struktur dan rencana pola ruang wilayah kota, memberikan arah bagi penyusunan indikasi program utama dalam RTRW kota dan sebagai dasar dalam penetapan ketentuan pengendalian pemanfaatan ruang wilayah kota. Sedangkan strategi penataan ruang wilayah kota merupakan penjabaran kebijakan penataan ruang wilayah kota ke dalam langkah-langkah operasional untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan dan berfungsi sebagai dasar untuk penyusunan rencana struktur ruang, rencana pola ruang dan penetapan kawasan strategis kota, memberikan arah bagi penyusunan indikasi program utama dalam RTRW kota dan sebagai dasar penetapan ketentuan pengendalian pemanfaatan ruang wilayah kota (Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014).

### **2.11 Kesesuaian Lahan**

Kesesuaian lahan adalah kecocokan suatu lahan untuk penggunaan tertentu. Kelas kesesuaian suatu wilayah dapat berbeda tergantung tipe penggunaan lahan yang sedang

dipertimbangkan (Sitorus 1985). Kesesuaian lahan mencakup dua hal penting, yaitu kesesuaian aktual dan potensial (Sarwono dan Widiatmaka 2011).

a. Kesesuaian Lahan Aktual

Lahan aktual atau kesesuaian lahan pada saat ini (*current suitability*) atau kelas kesesuaian lahan dalam keadaan alami, belum mempertimbangkan usaha perbaikan dan tingkat pengelolaan yang dapat dilakukan untuk mengatasi kendala atau faktor-faktor pembatas yang ada di setiap satuan peta.

b. Kesesuaian Lahan Potensial

Kesesuaian lahan potensial adalah kesesuaian lahan yang akan dicapai setelah dilakukan usaha-usaha perbaikan lahan. Kesesuaian lahan potensial merupakan kondisi yang diharapkan sesudah diberikan masukan sesuai dengan tingkat pengelolaan yang akan diterapkan, sehingga dapat diduga tingkat produktivitas dari suatu lahan serta hasil produksi per satuan luasnya.

Metode analisis kesesuaian pemanfaata ruang dibagi menjadi dua yaitu kesesuaian terhadap struktur ruang dan kesesuaian terhadap pola ruang. Untuk metode analisis kesesuaian terhadap struktur ruang digunakan tabel *binary* dengan isian angka 1 bila sudah terwujud atau sesuai lokasi perwujudannya dan angka 0 bila belum terwujud atau tidak ada kesesuaian lokasi perwujudan. Sedangkan untuk metode analisis kesesuaian terhadap pola ruang digunakan prinsip *overlay* menggunakan Peta Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) (Bappeda Kabupaten Kulon Progo 2015). Tingkat kesesuaian pemanfaatan ruang mengacu pada klasifikasi kesesuaian pola ruang yang ditetapkan berdasarkan studi JICA dan Kementerian PU tentang Monitoring dan Evaluasi Pemanfaatan Ruang Kota dengan rentang sebagai berikut:

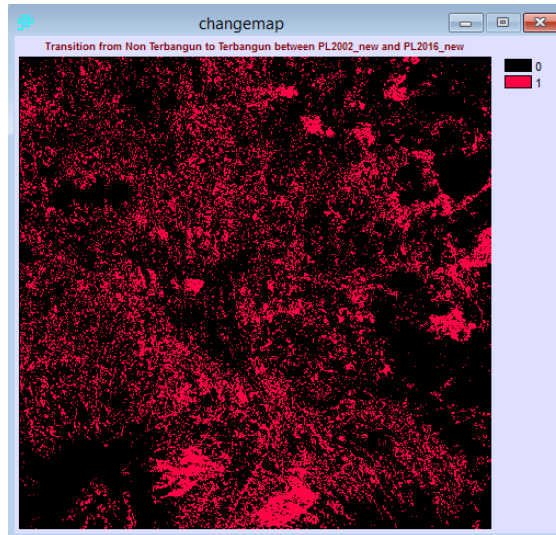
Tabel 2.4 Klasifikasi Kesesuaian Pola Ruang

No	Persentase Kesesuaian	Kategori	Keterangan
1	50% - 100%	Tinggi	Pelaksanaan pemanfaatan ruang telah sesuai dengan rujukan rencana tata ruang (termasuk indikasi program)
2	25% - 50%	Sedang	Pemanfaatan ruang masih belum sepenuhnya sesuai dengan rencana tata ruang
3	0% - 25%	Rendah	Pemanfaatan ruang belum sesuai dengan rencana tata ruang

(Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum & Japan International Cooperation Agency (JICA) 2010)

## 2.12 Penelitian Sebelumnya

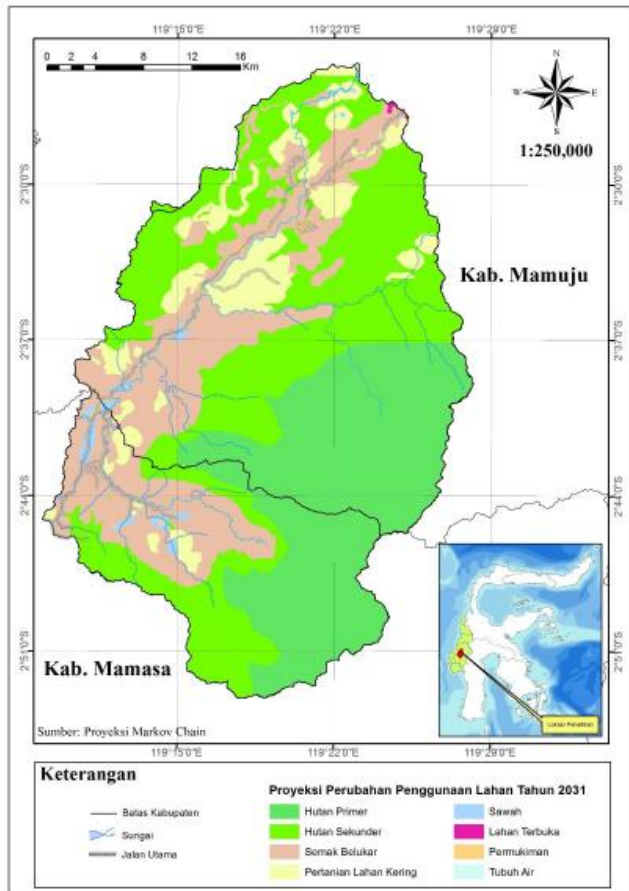
Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Zahrotunisa dan Wicaksono (2017) mengenai prediksi spasial perkembangan lahan terbangun melalui pemanfaatan citra Landsat multitemporal di kota bogor didapatkan hasil bahwa perkembangan lahan terbangun di Kota Bogor dan sekitarnya dari tahun 2002 hingga 2016 mengalami peningkatan lahan terbangun yang dipengaruhi oleh faktor dominan jalan non utama. Hasil prediksi perkembangan lahan terbangun pada tahun 2031 menggunakan metode Markov Chain menunjukkan bahwa peluang ekspansi sebesar 0,3241 dengan arah pemekaran dari barat laut menuju selatan dan tenggara.



Gambar 2.19 Perkembangan lahan terbangun di Kota Bogor dan sekitarnya dari tahun 2002 hingga 2016  
(Sumber: Zahrotunisa dan Wicaksono 2017)

Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Ardiansyah (2017) dengan menggunakan metode Markov Chain mendapatkan hasil proyeksi tutupan/penggunaan lahan DAS Bonehau tahun 2031 mengalami penambahan luas paka kelas tutupan lahan semak belukar, pertanian lahan kering, sawah, lahan terbuka, permukiman dan tubuh air. Penambahan luas tertinggi terjadi pada kelas permukiman yaitu sebesar 166,15 % atau 320,54 ha dari luas permukiman di tahun 2016, sedangkan kelas tutupan/penggunaan lahan yang mengalami penurunan luas yaitu hutan lahan kering primer dan hutan lahan kering sekunder. Penurunan luasan tertinggi terjadi pada kelas hutan lahan kering primer yaitu sebesar 17,23 % atau 7.397,05 ha dari luas hutan lahan kering primer di tahun 2016.



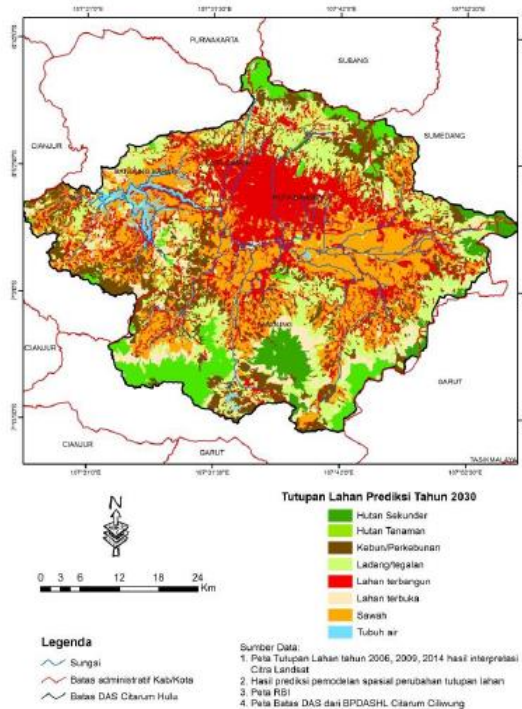


Gambar 2.20 Proyeksi Perubahan Penggunaan Lahan DAS Bonehau Tahun 2031

(Sumber: Ardiansyah 2017)

Penelitian lain yang dilakukan oleh Yusuf dkk. (2018) memprediksi perubahan tutupan lahan di DAS Sungai Citarum menggunakan parameter elevasi, kelereng, jaringan jalan, jaringan sungai dan kepadatan penduduk. Sebelum melakukan prediksi tutupan lahan di DAS Sungai Citarum, model perubahan tutupan lahan terlebih dahulu divalidasi menggunakan data tutupan

lahan hasil klasifikasi. Hasil validasi menunjukkan bahwa nilai Kappa untuk ketiga periode tersebut  $> 0.90$ . Berdasarkan Cohen (1960) nilai tersebut masuk dalam kategori memuaskan sehingga periode mana saja dapat ditentukan sebagai periode Markov yang optimal. Hasil prediksi perubahan tutupan lahan menunjukkan peningkatan luas lahan terbangun yang berasal dari kebun, ladang/tegalan, lahan terbuka, sawah, dan tubuh air. Perubahan tutupan lahan yang terjadi di DAS Citarum Hulu lebih mengarah di bagian Kota Cimahi dan Kota Bandung, serta sebagian di tenggara DAS.



Gambar 2.21 Prediksi Tutupan Lahan DAS Citarum Hulu Tahun 2031

(Sumber: Yusuf dkk. 2017)

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya terletak pada parameter pendorong perubahan tutupan lahan. Dalam penelitian ini parameter pendorong perubahan tutupan lahan dibuat lebih spesifik, seperti pada parameter jalan dalam penelitian ini dibagi menjadi jalan utama (jalan arteri dan kolektor) dan jalan non utama (jalan lokal) dan parameter CBD terdiri dari tiga jenis yang berupa pusat pemerintahan (kantor pemerintahan provinsi, kota, kecamatan dan kelurahan), pusat perdagangan (pasar tradisional, mall), dan sarana transportasi (bandara, terminal dan stasiun), selain itu dalam penelitian ini menggunakan parameter sungai sebagai parameter pendorong perubahan tutupan lahan, hal ini dikarenakan Kota Surabaya sebagai kota yang berada di pesisir pantai dilewati oleh sungai-sungai besar seperti Kalimas dan Kalijagir.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

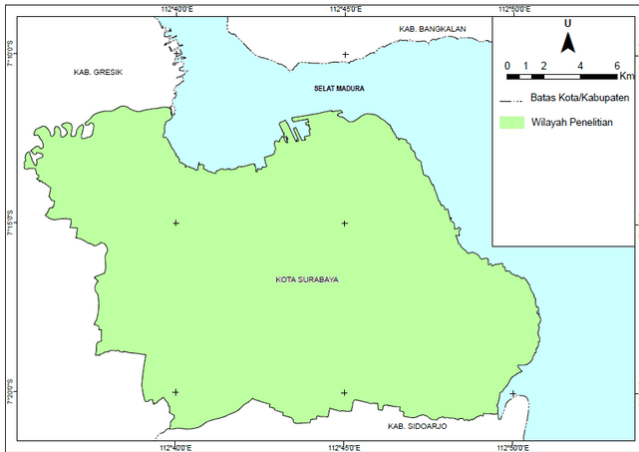
## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian ini terletak di Kota Surabaya, Jawa Timur. Kota Surabaya terletak pada koordinat 7°9' LS - 7°21' LS dan 112°36' BT- 112°54' BT. Menurut Sugiharti (2016) dalam buku Profil Kota Surabaya, dijelaskan bahwa Kota Surabaya merupakan ibu kota Provinsi Jawa Timur yang dikenal sebagai Kota Pahlawan. Surabaya memiliki 31 kecamatan dan 160 kelurahan. Kondisi topografi Surabaya relatif datar dengan ketinggian 3 - 6 meter di atas permukaan air laut (dataran rendah), kecuali di bagian selatan terdapat dua bukit landai di daerah Lidah dan Gayungan dengan ketinggian 25-50 meter di atas permukaan air laut. Secara umum 80% wilayah Surabaya merupakan dataran rendah dengan ketinggian 3-6 m dan kemiringan < 3 %, kemudian sisanya 20% wilayahnya merupakan perbukitan dengan ketinggian < 30 m dan kemiringan 5-15%. Secara geologi, sebagian besar struktur tanah di Surabaya terdiri atas tanah aluvial, hasil endapan sungai dan pantai, akan tetapi di wilayah bagian barat Surabaya terdapat perbukitan yang memiliki kandungan kapur tinggi. Sementara secara administratif batas wilayah Kota Surabaya adalah sebagai berikut:

Sebelah Utara	:Selat Madura
Sebelah Timur	:Selat Madura
Sebelah Selatan	:Kabupaten Sidoarjo
Sebelah Barat	:Kabupaten Gresik



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Sumber: Badan Informasi Geospasial

## 3.2 Data dan Peralatan

Dalam melakukan penelitian ini, peneliti akan menggunakan beberapa data dan peralatan untuk menunjang kegiatan penelitian yang akan dilaksanakan.

### 3.2.1 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).
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 Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Surabaya tahun 2014-2034 yang dikeluarkan oleh Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya skala 1:25.000.
9. Data validasi hasil klasifikasi citra satelit menggunakan *Google Earth Pro* dan Peta RBI Kota Surabaya skala 1:25.000.
10. Data koordinat *Central Business District* Kota Surabaya dari Peta RBI Kota Surabaya skala 1:25.000 dan hasil *tagging* menggunakan *Google Earth Pro*.

### **3.2.2 Peralatan**

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

#### **A. Perangkat Lunak**

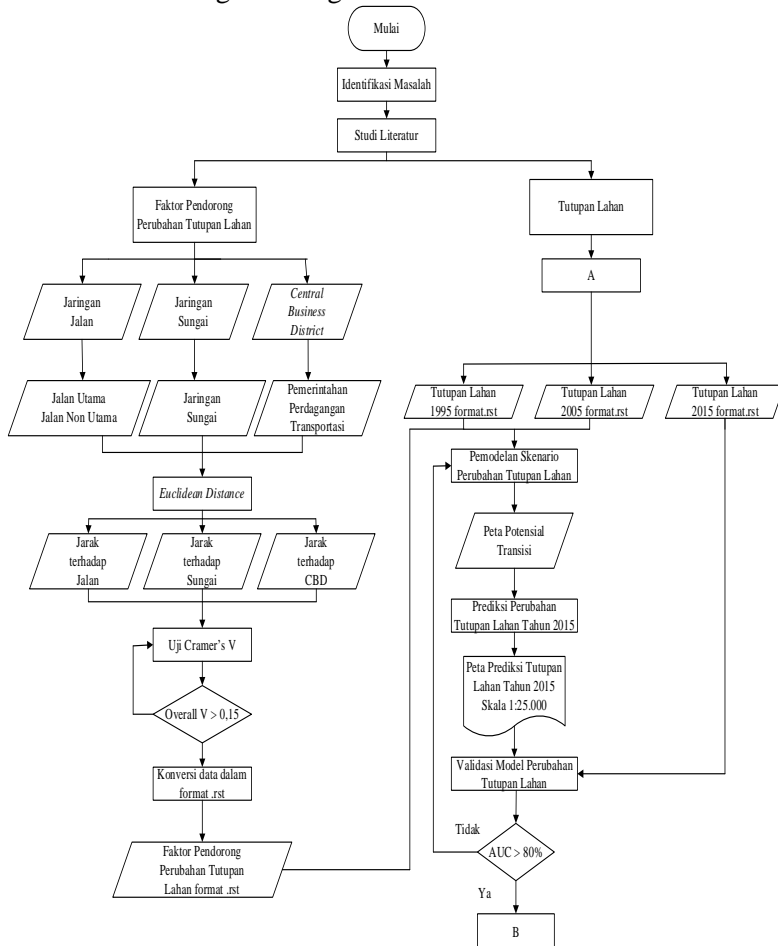
1. Perangkat Lunak Pengolah Data Spasial.
2. Perangkat Lunak Pengolah Data Citra Satelit.
3. *Google Earth Pro*
4. *Microsoft Office 2016*

#### **B. Perangkat Keras**

1. Laptop Toshiba Satellite C855, Intel Core i3 3120M / 2.5 GHz, RAM 4 GB, HDD 500 GB, SSD 100 GB.

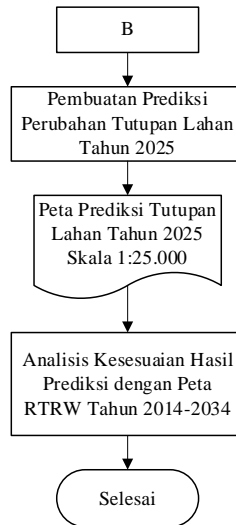
### 3.3 Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan yang sistematis dan terstruktur, secara garis besar tahapan penelitian dilakukan mengikuti diagram alir berikut ini.



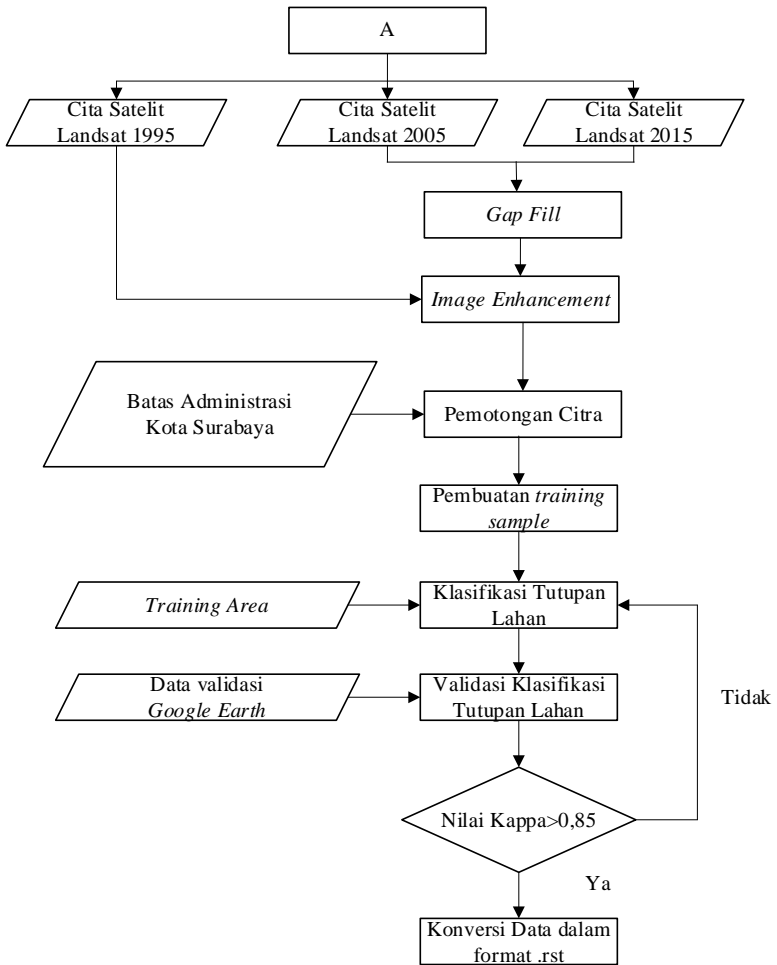
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian 1





Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian 2

Pada diagram alir penelitian diatas, untuk mendapatkann data tutupan lahan dilakukan dengan mengacu pada diagram alir pengolahan data tutupan lahan sebagai berikut:



Gambar 3.4 Diagram Alir Pengolahan Data Tutupan Lahan

Berikut ini adalah penjelasan dari diagram alir penelitian

a. Identifikasi masalah

Pada tahap ini dilakukan identifikasi awal mengenai penelitian yang akan dilakukan, yang meliputi perumusan

masalah, menentukan tujuan dan manfaat penelitian prediksi perubahan tutupan lahan di Kota Surabaya.

b. Studi Literatur

Studi literatur merupakan pengumpulan informasi yang mendukung proses penelitian ini. Studi literatur dapat memanfaatkan informasi yang diperoleh dari buku, jurnal ilmiah maupun referensi terpercaya yang terdapat di internet.

c. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang terdiri dari data primer maupun data sekunder yang berkaitan dengan penelitian. Data penelitian dapat bersumber dari instansi-instansi terkait maupun dari hasil survei langsung di lapangan.

d. Pengolahan Data Pendorong Perubahan Tutupan Lahan (*Data Driver*).

*Data driver* merupakan data pendorong perubahan tutupan lahan yang berupa data jaringan jalan, data jaringan sungai dan titik titik *Central Business District* (CBD), data *driver* ini selanjutnya diproses menggunakan *tools Euclidean Distance* untuk menghasilkan peta jarak terhadap jalan, peta jarak terhadap sungai dan peta jarak terhadap CBD. Hasil pemrosesan tersebut kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui tingkat hubungan antara setiap faktor terhadap perubahan tutupan lahan yang terjadi menggunakan uji Cramer's V.

e. 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*. Proses *image enhancement* dimaksudkan untuk memperbaiki kualitas citra dengan meningkatkan ketajaman citra dan mempertegas perbedaan antar objek yang terdapat pada citra sehingga mempermudah dalam melakukan interpretasi visual. 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 validasi hasil klasifikasi tutupan lahan dilakukan dengan menggunakan perhitungan nilai kappa. Nilai Kappa yang masuk dalam kategori baik bernilai  $>0,85$ . Hasil dari proses klasifikasi yang sudah divalidasi tersebut kemudian di konversi kedalam bentuk format *.rst* agar dapat dibuka pada perangkat lunak pengolah data spasial.

f. Pemodelan Skenario Perubahan Tutupan Lahan

Pemodelan skenario perubahan tutupan lahan menggunakan data tutupan lahan tahun 1995 dan 2005. Sebelum membuat skenario perubahan tutupan lahan dilakukan proses pengolahan untuk mengetahui jenis perubahan lahan pada tahun tertentu. Hasil dari pengolahan ini adalah peta potensial transisi, nilai *gains and losses*, *cubic trend* perubahan lahan, dan peta perubahan lahan. Selanjutnya dari jenis perubahan tutupan lahan ini dapat dibuat skenario perubahan tutupan lahan yang dimungkinkan dapat terjadi di wilayah penelitian.

g. Prediksi Perubahan Tutupan Lahan

Prediksi perubahan tutupan lahan dilakukan dengan menggunakan pemodelan Markov Chain untuk menghasilkan matrik probabilitas transisi dan matrik area transisi. Matriks probabilitas transisi merupakan matriks yang berisi probabilitas setiap kategori tutupan lahan akan berubah ke setiap kategori lainnya yang dihitung berdasarkan persamaan *exponential regression*. Matrik area transisi menunjukkan alokasi dari setiap tutupan lahan untuk berubah atau menjadi tetap.

h. Validasi Skenario Perubahan Tutupan Lahan

Pengujian skenario perubahan tutupan lahan digunakan untuk menguji tingkat keakuratan yang dihasilkan dari peta tutupan lahan yang telah dibuat dari setiap skenario. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi tutupan lahan di Kota Surabaya tahun 2015 setiap skenario dan hasil klasifikasi tutupan lahan di Kota Surabaya tahun 2015. Untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil prediksi dapat menggunakan nilai AUC, nilai AUC minimum untuk dapat melakukan prediksi tutupan lahan pada periode tertentu adalah 0,800.

i. Pembuatan Prediksi Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2025.

Pembuatan prediksi tutupan lahan dibuat berdasarkan skenario model prediksi tutupan lahan yang telah memenuhi nilai AUC. Dalam penelitian ini skenario model prediksi tutupan lahan digunakan untuk memprediksi kondisi tutupan lahan di Kota Surabaya pada tahun 2025 mendatang.

j. Analisis Kesesuaian Hasil Prediksi Tutupan Lahan dengan Peta RTRW Kota Surabaya tahun 2014-2034

Hasil prediksi perubahan tutupan lahan Kota Surabaya Tahun 2025 selanjutnya dianalisis kesesuaiannya dengan kondisi tutupan lahan yang diatur dalam Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya Tahun 2014-2034. Tingkat kesesuaian tutupan lahan mengacu pada klasifikasi

kesesuaian pola ruang yang ditetapkan berdasarkan studi JICA dan Kementerian PU tentang Monitoring dan Evaluasi Pemanfaatan Ruang Kota Berbasis Sistem Informasi Geografis.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN ANALISIS**

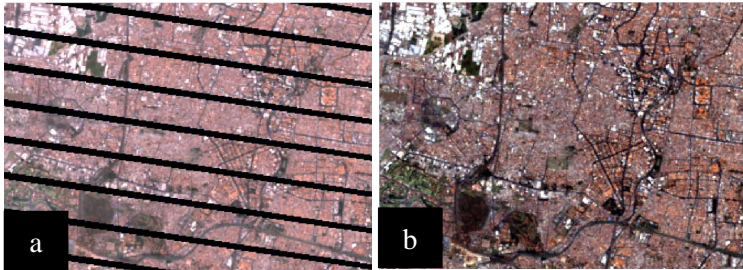
#### **4.1 Hasil Pengolahan Data Citra Satelit**

Tahap awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan pengolahan data citra satelit untuk menghasilkan data tutupan lahan yang digunakan sebagai bahan pembuatan model prediksi tutupan lahan. Adapun pengolahan data citra satelit terdiri atas *gap fill* (untuk citra satelit Landsat 7 *SLC off*) dan *image enhancement*.

##### **4.1.1 Gap Fill**

Proses *gap fill* dilakukan untuk memperbaiki Citra Satelit Landsat 7 ETM+ yang mengalami *stripping* akibat tidak berfungsinya *Scan Line Corrector (SLC)* sejak 21 Mei 2003. 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 berdekatan. Untuk periode tahun 2005 menggunakan Citra Satelit Landsat 7 ETM+ pada waktu perekaman 12 Juni 2005 sebagai data citra satelit yang akan diisi gap dan 30 Juli 2005 sebagai data citra satelit untuk mengisi gap, sedangkan periode tahun 2015 menggunakan Citra satelit Landsat 7 ETM+ pada waktu perekaman 24 Juni 2015 sebagai data citra satelit untuk mengisi gap dan 26 Juli 2015 sebagai data citra satelit yang akan diisi gap. 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* adalah sebagai berikut:



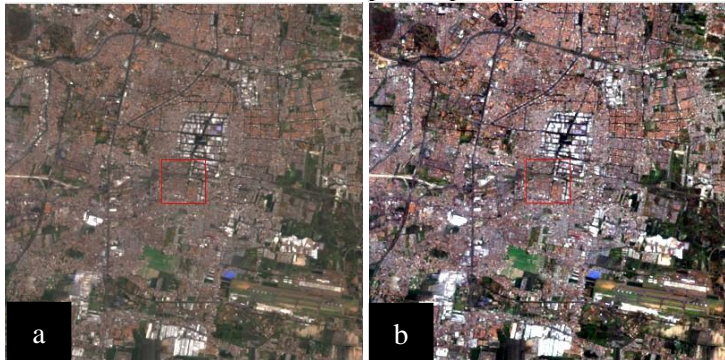
Gambar 4.1 Hasil Proses *Gap Fill* a. Citra Sebelum Dilakukan *Gap Fill* b. Citra Sesudah Dilakukan *Gap Fill*

#### 4.1.2 *Image Enhancement*

Proses *image enhancement* dimaksudkan untuk memperbaiki kualitas citra dengan meningkatkan ketajaman citra dan mempertegas perbedaan antar objek yang terdapat pada citra sehingga mempermudah dalam melakukan interpretasi visual. Proses *image enhancement* dilakukan dengan menggunakan metode *linear 2% stretches*. Hasil proses *image enhancement* ini 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 4.2a) nampak lebih buram dan terlihat kurang jelas, hal ini berbeda dengan citra satelit yang sudah dilakukan *image enhancement* (gambar 4.2b) yang nampak lebih



terang dan tajam, hasil perbandingan citra satelit sebelum dan sesudah dilakukan proses *image enhancement* ditampilkan pada gambar berikut:



Gambar 4.2 Hasil Proses *Image Enhancement* a. Citra Sebelum Dilakukan *Image Enhancement* b. Citra Sesudah Dilakukan *Image Enhancement*

#### 4.1.3 Ketelitian Geometrik

Ketelitian geometrik citra satelit dapat diketahui pada bagian metadata citra satelit. Pada penelitian ini, citra satelit yang digunakan yaitu Citra Landsat 5 TM dan Landsat 7 ETM+ dengan tipe L1T (*Level 1 Terrain*) sehingga sudah terkoreksi geometrik menggunakan GCP (*Ground Control Point*) dengan datum WGS 1984. Koreksi *Terrain* juga telah dilakukan dengan menggunakan data *Digital Elevation Model* (DEM) untuk mengurangi efek relief displacement (USGS 2014). Pada bagian metadata dapat diketahui nilai RMSE untuk masing masing data citra satelit, adapun untuk nilai RMSE tertinggi terdapat pada Citra Satelit Landsat 7 ETM+ waktu perekaman citra 26 Juli 2015 dengan nilai RMSE sebesar 4,811 meter dan nilai RMSE terendah terdapat

pada Citra Satelit Landsat 5 TM waktu perekaman 25 Juni 1995 dengan nilai RMSE sebesar 3,979 meter. Adapun nilai RMSE pada setiap data citra satelit ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 4.1 Nilai RMSE Hasil Koreksi Geometrik

No.	Citra Satelit	RMSE (meter)
1.	Citra Satelit Landsat 5 TM 25 Juni 1995	3,979
2.	Citra Satelit Landsat 7 ETM+ 12 Juni 2005	4,449
3.	Citra Satelit Landsat 7 ETM+ 30 Juli 2005	4,073
4.	Citra Satelit Landsat 7 ETM+ 24 Juni 2015	4,115
5.	Citra Satelit Landsat 7 ETM+ 26 Juli 2015	4,811

Berdasarkan nilai RMSE untuk setiap citra satelit telah memenuhi toleransi yakni  $RMSE \leq 1$  piksel. Adapun citra satelit yang digunakan dalam penelitian ini memiliki resolusi spasial sebesar 30 meter atau setiap satu piksel citra satelit memiliki ukuran  $30 \times 30$  meter.

#### 4.1.4 Klasifikasi Citra Satelit

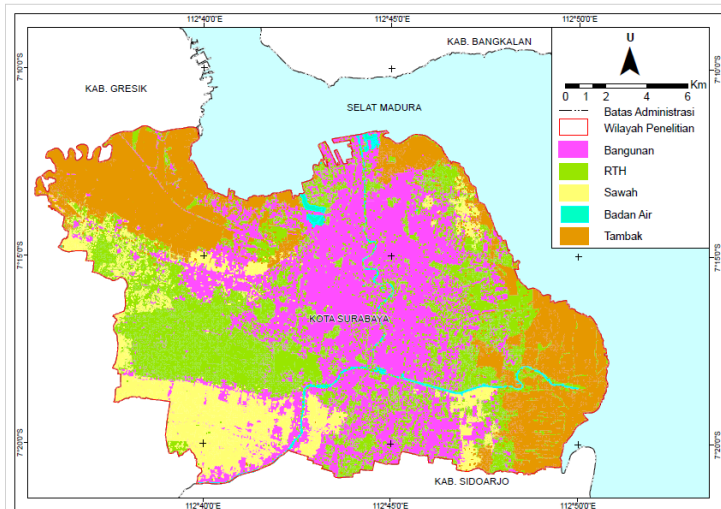
Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk proses klasifikasi citra satelit adalah gabungan antara metode *Maximum Likelihood Classification* (MLC) dan interpretasi visual. *Training area* yang digunakan dalam penelitian ini dibuat berdasarkan interpretasi visual pada citra dan berdasarkan tutupan lahan yang terdapat pada Peta RBI Kota Surabaya Skala 1:25.000.

Jumlah *training area* yang terdapat pada setiap kelas tutupan lahan disesuaikan dengan tahun perekaman citra satelit, proses pembangunan yang terus berkembang setiap tahun menyebabkan penambahan luasan pada kelas bangunan, sehingga pada citra dengan tahun perekaman yang lebih terkini, jumlah *training area* untuk kelas bangunan juga semakin banyak, begitu pula sebaliknya apabila jumlah kelas berkurang luasannya akibat pembangunan, maka semakin lama tahun perekaman citra, jumlah *training area* pada kelas tersebut semakin bertambah. Jumlah *training area* tertinggi untuk kelas bangunan terdapat pada klasifikasi citra satelit tahun 2015 dengan jumlah *training area* 1.054 poligon dan terendah pada klasifikasi citra satelit tahun 1995 dengan jumlah *training area* 570 poligon. Sedangkan untuk kelas RTH, sawah, badan air, dan tambak jumlah *training area* tertinggi pada klasifikasi citra satelit tahun 1995 dan terendah pada klasifikasi citra satelit tahun 2015. *Training area* disebar secara merata pada seluruh wilayah penelitian untuk menghasilkan tutupan lahan yang optimum. Jumlah *training area* pada setiap klasifikasi citra satelit ditampilkan pada tabel berikut ini:

Tabel 4.2 Jumlah *Training Area*

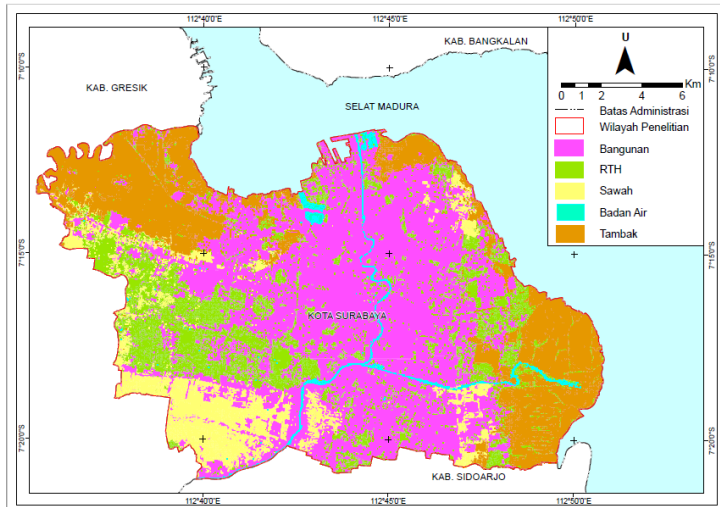
Tutupan Lahan	Jumlah <i>Training Area</i>		
	1995	2005	2015
Bangunan	570	824	1.054
RTH	700	560	264
Sawah	839	722	450
Badan Air	11	9	8
Tambak	1.216	1.082	1.010

Hasil pembuatan *training area* kemudian digunakan untuk proses klasifikasi citra satelit menggunakan metode *Maximum Likelihood Clasification* (MLC), dari hasil klasifikasi tersebut kemudian dilakukan klasifikasi lanjutan menggunakan metode interpretasi visual dengan menggunakan acuan peta RBI Kota Surabaya untuk menyeleksi kelas tutupan lahan yang posisinya tidak sesuai, dari proses klasifikasi ini kemudian dihasilkan peta tutupan lahan Kota Surabaya tahun 1995, 2005 dan 2015. Pada tutupan lahan Kota Surabaya tahun 1995 dapat diketahui bahwa proporsi kelas RTH, sawah dan tambak masih sangat besar, kelas bangunan masih mendominasi di wilayah pusat kota dan belum melakukan ekspansi ke wilayah pinggiran kota. Tutupan lahan Kota Surabaya tahun 1995 hasil klasifikasi dapat dilihat pada gambar berikut:



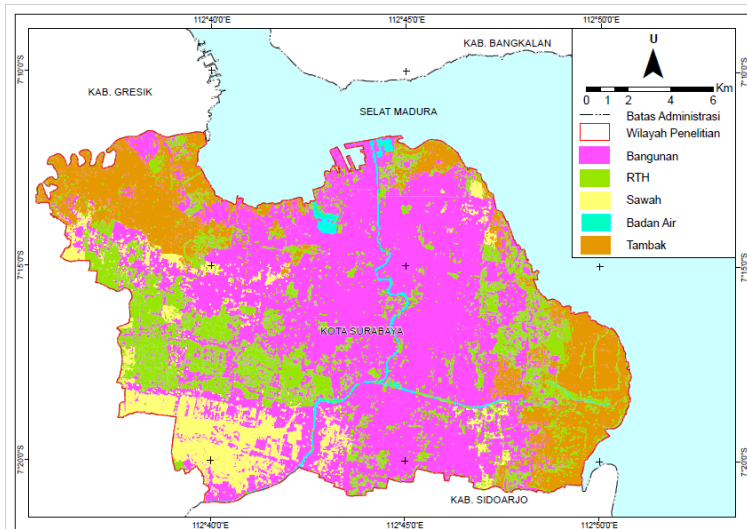
Gambar 4.3 Tutupan Lahan Periode Tahun 1995

Pada tutupan lahan tahun 2005, proses ekspansi kelas bangunan mulai masif terjadi, proporsi kelas RTH, sawah dan tambak mulai berkurang dan beralih menjadi bangunan, alih fungsi lahan dari kelas RTH dan sawah menjadi bangunan terjadi di beberapa wilayah seperti di wilayah Surabaya Selatan dan wilayah Surabaya Timur, sedangkan untuk alih fungsi lahan dari tambak ke bangunan terjadi di wilayah Surabaya Barat. Tutupan lahan Kota Surabaya tahun 2005 hasil klasifikasi dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.4 Tutupan Lahan Periode Tahun 2005

Pada tutupan lahan tahun 2015, proses ekspansi kelas bangunan terus terjadi, proporsi kelas RTH, sawah dan tambak terus berkurang dan beralih menjadi bangunan, alih fungsi lahan dari kelas RTH menjadi bangunan lebih banyak terjadi di wilayah Surabaya Timur, pada kelas sawah alih fungsi lahan ke bangunan berpusat di wilayah Surabaya Selatan, sedangkan untuk alih fungsi lahan dari tambak ke bangunan lebih banyak terjadi di wilayah Surabaya Barat dan sebagian wilayah Surabaya Timur. Pada kelas badan air memiliki kondisi yang relatif tetap dari tahun ke tahun. Tutupan lahan Kota Surabaya tahun 2015 hasil klasifikasi dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.5 Tutupan Lahan Periode Tahun 2015

Secara kuantitatif perubahan tutupan lahan dapat dilihat berdasarkan tabel luasan setiap kelas tutupan lahan pada periode tahun 1995-2015. Luas bangunan terus mengalami kenaikan dari tahun ke tahun, pada periode tahun 1995 sampai tahun 2005 mengalami penambahan yang sangat signifikan yaitu sebesar 4.086,36 hektar, kemudian pada periode berikutnya juga mengalami peningkatan sebesar 1.929,24 hektar, sehingga didapatkan luas bangunan pada tahun 2015 sebesar 18.969,03 hektar. Disisi lain, kelas RTH mengalami penurunan luas yang sangat signifikan pada periode tahun 1995 sampai tahun 2005 dengan penurunan luas hingga 3.150,27 hektar dan pada periode berikutnya juga mengalami penurunan dengan nilai yang lebih kecil yaitu sebesar 527,49 hektar. Pada kelas sawah mengalami penurunan luas yang relatif stabil, kelas sawah mengalami

penurunan luas 599,76 hektar pada periode 1995-2005 dan berkurang sebesar 361,98 pada periode 2005-2015, sehingga didapatkan luas sawah pada tahun 2015 sebesar 2.590,83 hektar. Pada kelas tambak mengalami penurunan sebesar 393,39 hektar pada periode tahun 1995-2005, dan mengalami penurunan yang signifikan pada periode berikutnya pada tahun 2005-2015 yaitu sebesar 1.032,3 hektar, sehingga didapatkan luas tambak pada tahun 2015 sebesar 5.960,52 hektar. Pada kelas badan air mengalami perubahan yang relatif stabil, kelas badan air mengalami kenaikan pada periode 1995-2005 sebesar 57,06 hektar dan berkurang sebesar 7,47 hektar pada periode tahun 1995-2005, sehingga didapatkan luas badan air pada tahun 2015 sebesar 310,68 hektar. Perbandingan luas tutupan lahan pada setiap periode ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 4.3 Perbandingan Luas Tutupan Lahan  
1995-2015

Tutupan Lahan	Luas (ha)		
	1995	2005	2015
Bangunan	12.953,43	17.039,79	18.969,03
RTH	8.836,38	5.686,11	5.158,62
Sawah	3.552,57	2.952,81	2.590,83
Badan Air	261,09	318,15	310,68
Tambak	7.386,21	6.992,82	5.960,52
Jumlah	32.989,68	32.989,68	32.989,68

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. Berdasarkan proses validasi diperoleh nilai Kappa dan *Overall Accuracy* sebagai berikut:

Tabel 4.4 Nilai Kappa dan *Overall Accuracy*

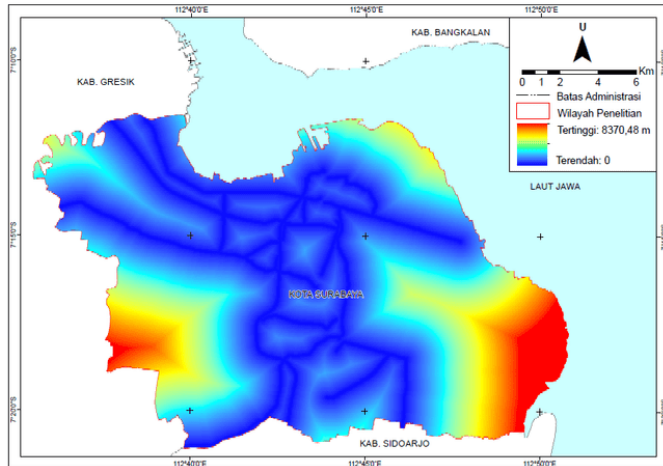
Tutupan Lahan	Nilai Kappa	<i>Overall Accuracy</i>
Tahun 1995	0,860	0,888
Tahun 2005	0,915	0,932
Tahun 2015	0,890	0,912

Nilai koefisien kappa berkisar antara 0 hingga 1, semakin mendekati 1 artinya kelas hasil klasifikasi dengan kelas tes data semakin identik atau semakin akurat klasifikasinya (Cohen 1960). Proses klasifikasi yang dapat diterima adalah proses klasifikasi yang memiliki nilai akurasi kappa lebih dari atau sama dengan dengan 0,85 (Simamora, Sasmito dan Haniah 2015). Pada hasil validasi semua data tutupan lahan memiliki nilai kappa lebih dari 0,85 sehingga hasil tutupan lahan dari proses klasifikasi citra satelit tersebut dapat diterima dan dapat digunakan sebagai bahan untuk melakukan proses prediksi perubahan tutupan lahan.

#### 4.2 **Faktor Pendorong Perubahan Tutupan Lahan**

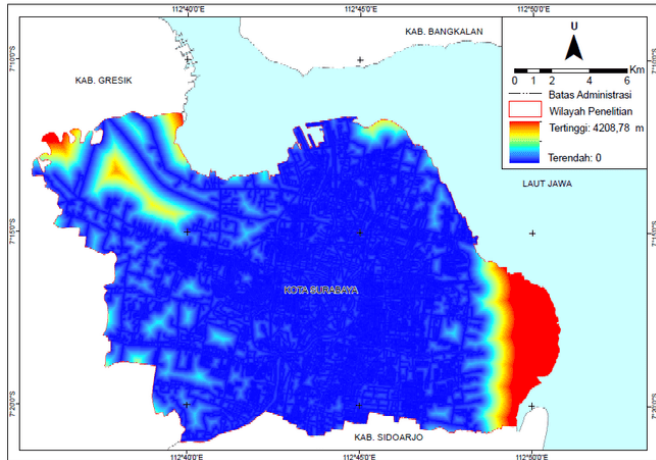
Faktor pendorong perubahan tutupan lahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari jaringan jalan (jalan utama dan jalan non utama), CBD (*Central Business District*) dan jaringan sungai. Ketiga faktor ini dipilih karena merupakan faktor penentu dalam model perkembangan kota. Dalam model perkembangan kota terdapat tiga jenis pola perkembangan kota yaitu konsentris, linear dan *leap frog*. Perkembangan konsentris mempunyai sifat rata pada bagian luar, cenderung lambat dan menunjukkan morfologi kota yang kompak dan berpusat pada CBD, sedangkan perkembangan linear menggambarkan perkembangan fisik kota yang mengikuti pola jaringan jalan atau jaringan sungai, sedangkan perkembangan *leap frog* menggambarkan perkembangan fisik kota yang tidak mengikuti pola tertentu (acak) (Yunus 1994). Dalam penelitian ini faktor pendorong perubahan tutupan lahan dipengaruhi oleh jarak kelas tutupan lahan terhadap faktor-faktor pendorong perubahan tutupan lahan. Untuk menghitung jarak untuk setiap faktor-faktor pendorong perubahan tutupan lahan menggunakan *tools Euclidean Distance*. *Euclidean Distance* merupakan fitur yang digunakan untuk menghitung jarak ke sumber terdekat untuk setiap *cell*/piksel.

Hasil pengolahan *Euclidean Distance* pada jaringan jalan utama digunakan untuk mengetahui daerah yang memiliki jarak terdekat dengan faktor jaringan jalan utama, sehingga daerah ini berpotensi untuk mengalami perubahan tutupan lahan apabila faktor jaringan jalan utama memiliki nilai yang signifikan pada pengujian Cramer's V. Jalan utama sebagai penghubung antara Kota Surabaya dengan kota lain di sekitarnya diharapkan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perubahan tutupan lahan di wilayah sekitarnya. Hasil pengolahan *Euclidean Distance* pada jaringan jalan utama adalah sebagai berikut:



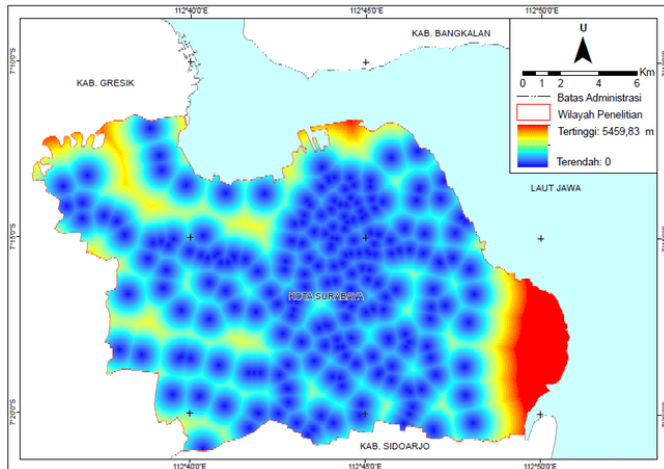
Gambar 4.6 *Euclidean Distance* Jalan Utama

Pengolahan *Euclidean Distance* pada jaringan jalan non utama digunakan untuk mengetahui daerah yang memiliki jarak terdekat dengan faktor jaringan jalan non utama, sehingga daerah ini memiliki peluang yang besar untuk mengalami perubahan tutupan lahan apabila faktor jaringan jalan non utama memiliki nilai yang signifikan pada pengujian Cramer's V. Jalan non utama menghubungkan antar wilayah di Kota Surabaya yang bersifat lokal, jaringan jalan non utama memiliki ketersebaran yang lebih merata dan menjangkau hampir di semua wilayah Kota Surabaya. Hasil pengolahan *Euclidean Distance* pada jaringan jalan non utama adalah sebagai berikut:



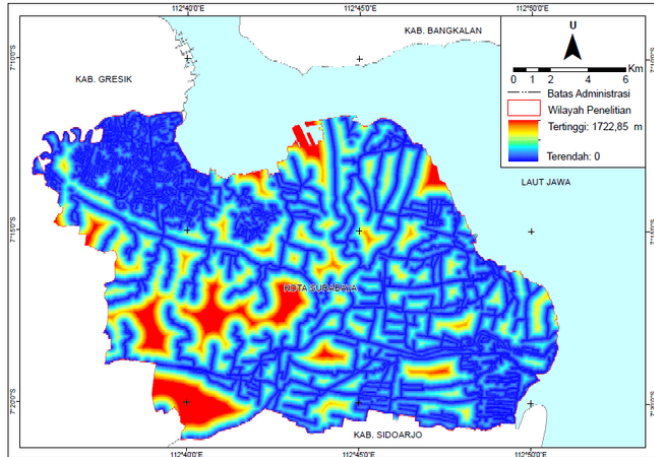
Gambar 4.7 *Euclidean Distance* Jalan Non Utama

Hasil pengolahan *Euclidean Distance* pada faktor CBD digunakan untuk mengetahui daerah yang memiliki jarak terdekat dengan faktor CBD, sehingga daerah ini berpotensi untuk mengalami perubahan tutupan lahan apabila faktor CBD memiliki nilai yang tinggi pada pengujian Cramer's V. CBD merupakan faktor yang penting dalam perkembangan kota, faktor ini sangat berpengaruh pada perkembangan kota yang bersifat konsentris, sehingga menimbulkan alih fungsi lahan menjadi lahan terbangun di wilayah yang berdekatan dengan faktor CBD. Hasil pengolahan *Euclidean Distance* pada faktor CBD adalah sebagai berikut:



Gambar 4.8 Euclidean Distance CBD

Pengolahan *Euclidean Distance* pada jaringan sungai digunakan untuk mengetahui daerah yang memiliki jarak terdekat dengan faktor jaringan sungai, sehingga daerah ini berpotensi untuk mengalami perubahan tutupan lahan apabila faktor jaringan sungai memiliki nilai yang signifikan pada pengujian Cramer's V. Jaringan sungai sebagai sumber air juga merupakan penentu pola perkembangan wilayah perkotaan, apabila suatu kota memiliki pola perkembangan wilayah yang linear terhadap aliran sungai maka daerah disekitarnya berpeluang untuk dialihfungsikan sebagai lahan terbangun. Hasil pengolahan *Euclidean Distance* pada jaringan sungai adalah sebagai berikut:



Gambar 4.9 *Euclidean Distance* Sungai

Setiap faktor pendorong perubahan tutupan lahan harus dikonfirmasi dengan perubahan tutupan lahan yang terjadi, oleh karena itu dari 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. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan uji Cramer's V. Cramer's V adalah ukuran asosiasi kuantitatif yang berkisar dari 0,0 (menunjukkan tidak ada korelasi), hingga 1,0 (menunjukkan korelasi sempurna). Menurut Eastman (2016), 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 dan dapat dimasukkan ke dalam model prediksi perubahan tutupan lahan. Pada pengujian faktor jalan utama diperoleh nilai *overall V* sebesar 0,258 dan sudah melebihi nilai ambang batas minimum sebesar 0,15 sehingga faktor jaringan jalan utama memiliki pengaruh terhadap perubahan

tutupan lahan dan dapat dimasukkan pada model prediksi perubahan tutupan lahan. Faktor jaringan jalan utama mempunyai pengaruh terbesar terhadap perubahan pada kelas bangunan dengan nilai Cramer's V sebesar 0,258, sedangkan pengaruh terkecil terdapat pada perubahan kelas badan air dengan nilai Cramer's V sebesar 0,097. Hasil Uji Cramer's V pada faktor jaringan jalan utama ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 4.5 Hasil Uji Cramer's V Faktor Jalan Utama

Tutupan Lahan	Cramer's V
<i>Overall V</i>	0,258
Bangunan	0,410
Tambak	0,392
RTH	0,186
Sawah	0,167
Badan Air	0,097

Pada pengujian faktor jalan non utama diperoleh nilai *overall V* sebesar 0,403 dan sudah melebihi nilai ambang batas minimum sebesar 0,15 sehingga faktor jaringan jalan non utama memiliki pengaruh terhadap perubahan tutupan lahan dan dapat dimasukkan pada model prediksi perubahan tutupan lahan. Faktor jaringan jalan non utama mempunyai pengaruh terbesar terhadap perubahan pada kelas bangunan dengan nilai Cramer's V sebesar 0,712, sedangkan pengaruh terkecil terdapat pada perubahan kelas badan air dengan nilai Cramer's V sebesar 0,044. Hasil Uji Cramer's V pada faktor jaringan jalan non utama ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 4.6 Hasil Uji Cramer's V Faktor Jalan Non Utama

Tutupan Lahan	Cramer's V
<i>Overall V</i>	0,403
Bangunan	0,712
Tambak	0,601
RTH	0,222
Sawah	0,186
Badan Air	0,044

Pada pengujian faktor CBD diperoleh nilai *overall V* sebesar 0,325 dan sudah melebihi nilai ambang batas minimum sebesar 0,15 sehingga faktor CBD juga dapat dimasukkan pada model prediksi perubahan tutupan lahan. Faktor CBD mempunyai pengaruh terbesar terhadap perubahan pada kelas bangunan dengan nilai Cramer's V sebesar 0,586, sedangkan pengaruh terkecil terdapat pada perubahan kelas badan air dengan nilai Cramer's V sebesar 0,086. Hasil Uji Cramer's V pada faktor CBD ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 4.7 Hasil Uji Cramer's V Faktor CBD

Tutupan Lahan	Cramer's V
<i>Overall V</i>	0,325
Bangunan	0,586
Tambak	0,463
RTH	0,154
Sawah	0,153
Badan Air	0,086

Pada pengujian faktor jaringan sungai diperoleh nilai *overall V* sebesar 0,198 dan sudah melebihi nilai ambang batas minimum sebesar 0,15 sehingga faktor jaringan sungai memiliki pengaruh terhadap perubahan tutupan lahan dan dapat dimasukkan pada model prediksi perubahan tutupan lahan. Faktor jaringan sungai mempunyai pengaruh terbesar



terhadap perubahan pada kelas bangunan dengan nilai Cramer's V sebesar 0,290, sedangkan pengaruh terkecil terdapat pada perubahan kelas badan air dengan nilai Cramer's V sebesar 0,093. Hasil Uji Cramer's V pada faktor jaringan sungai ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 4.8 Hasil Uji Cramer's V Faktor Sungai

Tutupan Lahan	Cramer's V
<i>Overall V</i>	0,198
Bangunan	0,290
Tambak	0,249
RTH	0,179
Sawah	0,114
Badan Air	0,093

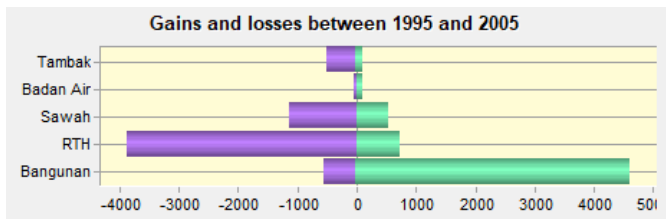
Berdasarkan hasil uji Cramer's V pada semua faktor perubahan tutupan lahan didapatkan nilai *Overall V* diatas 0,15, hal ini menunjukkan bahwa setiap faktor tersebut memiliki pengaruh pada perubahan tutupan lahan dan dapat dimasukkan kedalam model prediksi perubahan tutupan lahan. Adapun nilai *Overall 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.

#### 4.3 Model Perubahan Tutupan Lahan

Model perubahan tutupan lahan terdiri dari nilai *gains and losses*, *cubic trend* perubahan lahan, peta perubahan lahan, dan peta potensial transisi. Adapun hasil pembuatan model perubahan tutupan lahan adalah sebagai berikut:

a. 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. Nilai *gains and losses* tutupan lahan di Kota Surabaya pada rentang waktu 1995 sampai 2005 adalah sebagai berikut:



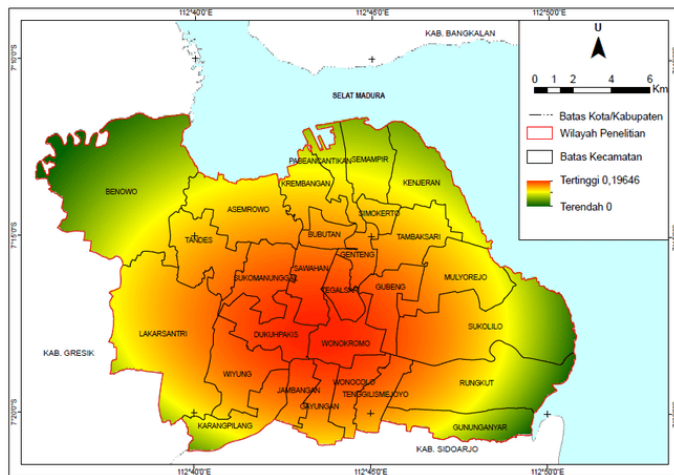
Gambar 4.10 *Gains and Losses* dalam Satuan Hektar

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. Penambahan kelas bangunan menunjukkan tren pembangunan infrastruktur perumahan, perdagangan dan jasa mengalami peningkatan dalam rentang tahun 1995 sampai tahun 2005, hal ini sesuai dengan master plan Kota Surabaya tahun 2000 dimana pembangunan Kota Surabaya mengutamakan pembangunan di bidang industri, perdagangan, maritim, pendidikan dan garnisum (Djaja 1984).

b. *Cubic Trend* Perubahan Lahan

*Cubic trend* dapat digunakan untuk mengetahui arah perkembangan kota dinilai dari perubahan semua kelas tutupan lahan menjadi area terbangun, semakin tinggi nilai yang ditampilkan oleh *cubic trend* di suatu wilayah maka proses perubahan tutupan lahan di wilayah tersebut semakin

tinggi. Algoritma pada *cubic trend* merupakan suatu proses generalisasi pola perubahan lahan. Daerah yang mengalami perubahan lahan diberi nilai 1 dan daerah yang tidak mengalami perubahan diberi nilai 0, kemudian dilakukan perhitungan secara kuantitatif menggunakan persamaan eksponensial berorde 3 dan dilanjutkan dengan proses interpolasi berdasarkan hasil dari perhitungan polinomial tersebut. *Cubic trend* di wilayah Kota Surabaya ditampilkan pada gambar berikut:



Gambar 4.11 *Cubic Trend*

Berdasarkan *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. Nilai *cubic trend* tertinggi adalah 0,196 yang meliputi daerah pusat kota dengan kondisi perubahan tutupan lahan yang sangat masif dan terendah adalah 0 yang meliputi daerah tambak yang tidak mengalami perubahan pada periode penelitian ini. 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 karena merupakan jalur gerbang utama di bagian Selatan. Sehingga Wonokromo memiliki potensi yang sangat besar dibidang ekonomi dan perdagangan. Potensi ini didukung dengan adanya Pasar Wonokromo yang kemudian diintegrasikan menjadi *Darmo Trade Center* sehingga menjadi area *central business district* yang menarik investor ataupun masyarakat untuk membangun perumahan di area tersebut. Pembangunan perumahan di wilayah Kecamatan Wonokromo didukung dengan kebijakan Pemerintah Kota Surabaya yang memasukkan kecamatan ini kedalam kawasan pengembangan perumahan dan permukiman kepadatan tinggi, selain itu Kecamatan Wonokromo juga termasuk kedalam cakupan Unit Pengembangan VII yang fungsi kegiatan utamanya meliputi aktivitas perdagangan dan jasa (Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014).

Secara historis kecamatan Wonokromo merupakan kawasan pelabuhan Dadungan yang sudah ada sejak zaman Pu Sendok (929-948). Kawasan pelabuhan ini diyakini sebagai faktor penting munculnya perkampungan di wilayah Wonokromo. Pada abad ke 20 kemudian terjadi perluasan pemukiman secara pesat setelah Kota Surabaya ditetapkan sebagai *gementee*, sehingga kebutuhan perumahan dan perbaikan kampung mulai mendapat perhatian. Hal ini menyebabkan pembangunan perumahan baru di beberapa tempat seperti di Sawahan, Gubeng, dan Darmo. Pembangunan kawasan perumahan tersebut terus berlangsung hingga masa kemerdekaan dan bahkan terus berkembang sampai saat ini (Samidi 2017).

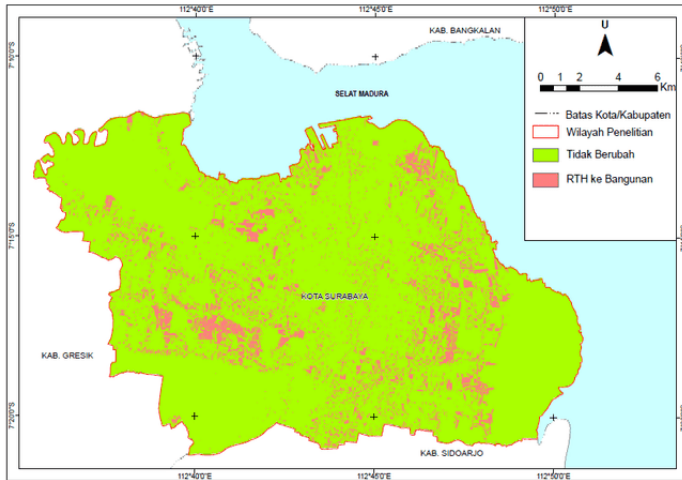
### c. Peta Perubahan Tutupan Lahan

Peta perubahan tutupan lahan merupakan peta yang menunjukkan sebaran lokasi kelas yang mengalami perubahan tutupan lahan. Perubahan tutupan lahan yang signifikan adalah jenis tutupan lahan dari RTH menjadi bangunan, sawah menjadi bangunan dan tambak menjadi bangunan. Perubahan tutupan lahan dari RTH menjadi bangunan merupakan perubahan tutupan lahan terbesar dengan total perubahan sebesar 3.428,01 hektar, tabel perubahan tutupan lahan yang signifikan pada periode 1995-2005 ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 4.9 Tabel Perubahan Tutupan Lahan

Jenis Perubahan	Luas (ha)
RTH ke Bangunan	3.428,01
Sawah ke Bangunan	791,91
Tambak ke Bangunan	398,16

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. Adapun peta perubahan tutupan lahan kelas RTH menjadi bangunan yang dihasilkan dari periode tahun 1995 sampai tahun 2005 adalah sebagai berikut:



Gambar 4.12 Perubahan Tutupan Lahan

Perubahan tutupan lahan dari kelas RTH menjadi bangunan terjadi di wilayah pusat kota dan sebagian di wilayah Surabaya Timur. Perubahan tutupan lahan di wilayah pusat kota dikarenakan wilayah ini sebagai *epicentrum* perkembangan Kota Surabaya. Wilayah Surabaya Timur merupakan wilayah pengembangan kawasan pinggiran Surabaya yang tertuang dalam *Master Plan* Surabaya Tahun 2000. Sebagai pusat pengembangan kawasan pinggiran, Surabaya Timur didirikan berbagai perumahan, perkantoran, maupun sarana rekreasi (Djaja 1984). Pembangunan perumahan di Surabaya Timur direalisasikan oleh KPR-BTN, YKP, dan pengembang swasta yang telah turut andil dalam pemenuhan kebutuhan perumahan. Pada Pembangunan Lima Tahun (Pelita) I hingga Pelita V terdapat pengembangan kebijakan dan pengembangan program-program di bidang perumahan yang berdasarkan pada GBHN juga berimplikasi pada realisasi pembangunan perumahan di Surabaya Timur (Yulianasari 2018).

#### 4.4 Skenario Perencanaan Perubahan Tutupan Lahan

Skenario perencanaan perubahan tutupan lahan digunakan untuk menentukan jenis perubahan tutupan lahan yang paling sesuai pada suatu wilayah. Skenario perencanaan dapat digunakan untuk mendapatkan visual dinamika spasial yang terjadi di masa yang akan datang. Dengan adanya skenario perencanaan dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam memberi masukan, menganalisis, mengevaluasi, dan menentukan pilihan dalam mengambil kebijakan dalam pengaturan tata ruang wilayah dalam rangka meminimalisir dampak yang akan terjadi di masa depan. Dalam penelitian ini skenario perubahan tutupan lahan dibuat berdasarkan model perubahan pada tahun 1995-2005. Berdasarkan model perubahan tutupan lahan tersebut kemudian dibuat tiga jenis skenario perencanaan perubahan tutupan lahan yang terjadi di Kota Surabaya sebagai berikut:

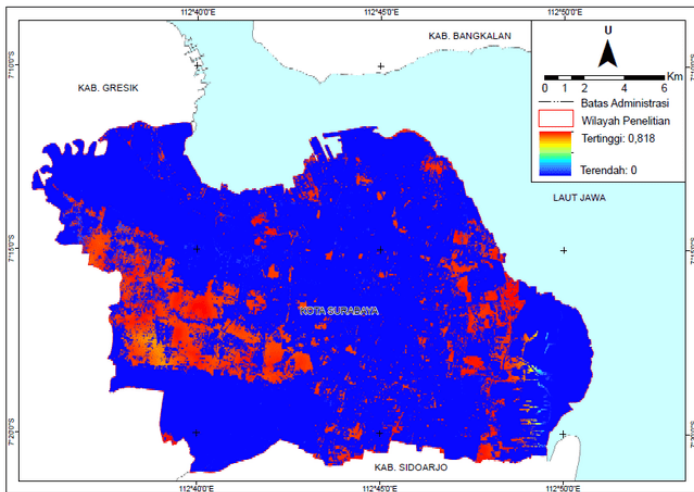
##### a. Skenario Pertama

Skenario pertama mengutamakan jenis perubahan tutupan lahan yang mengarah pada lahan terbangun (*urban*). Pada skenario ini perubahan tutupan lahan difokuskan untuk mengalami perubahan tutupan lahan menjadi bangunan. Jenis perubahan lahan pada skenario pertama mengikuti ketentuan sebagai berikut:

- Perubahan RTH menjadi bangunan
- Perubahan sawah menjadi bangunan
- Perubahan tambak menjadi bangunan
- Badan air tidak mengalami perubahan

Untuk melakukan prediksi perubahan tutupan lahan dibutuhkan peta potensial transisi, matrik probabilitas transisi dan matrik area transisi. 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 perubahan tutupan lahan menggunakan *Multi-*

*Layer Perceptron (MLP) Neural Network* didapatkan tingkat akurasi model pada skenario pertama sebesar 78,55%. Terdapat tiga jenis potensial transisi pada skenario pertama yaitu potensial transisi RTH menjadi bangunan, potensial transisi sawah menjadi bangunan dan potensial transisi tambak menjadi bangunan. Pada potensial transisi dari RTH menjadi bangunan, wilayah yang memiliki potensi tinggi untuk berubah dari RTH menjadi bangunan sebagian besar terdapat di wilayah pusat kota dan sebagian lainnya tersebar di wilayah pesisir Surabaya Timur dan Surabaya Barat. Potensial transisi dari RTH menjadi bangunan pada skenario pertama ditampilkan pada gambar berikut:

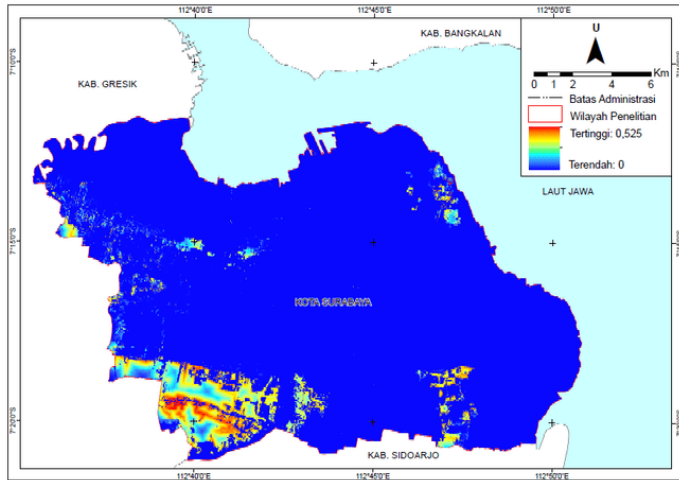


Gambar 4.13 Potensial Transisi RTH ke Bangunan Skenario 1

Potensial transisi dari sawah menjadi bangunan menunjukkan wilayah persawahan yang berpotensi tinggi untuk mengalami perubahan menjadi bangunan terletak di bagian Surabaya Selatan, sebagian lainnya terdapat di wilayah Surabaya Timur namun dengan proporsi yang

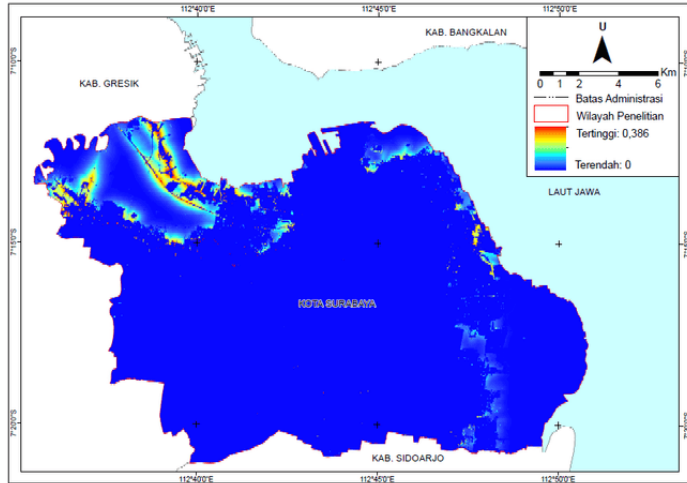


sedikit dan peluang yang lebih rendah dibandingkan di wilayah Surabaya Selatan. Potensial transisi dari sawah menjadi bangunan ditampilkan pada gambar berikut:



Gambar 4.14 Potensial Transisi Sawah ke Bangunan Skenario 1

Pada potensial transisi dari tambak menjadi bangunan menunjukkan wilayah tambak yang berpotensi tinggi untuk mengalami perubahan menjadi bangunan terletak di bagian Surabaya Barat, perubahan kelas tambak menjadi bangunan memiliki pola yang linear terhadap kondisi jalan utama di wilayah tersebut, sebagian wilayah tambak di Surabaya Timur juga berpotensi untuk berubah menjadi bangunan namun dengan proporsi yang sedikit dan peluang yang lebih rendah dibandingkan di wilayah Surabaya Barat. Potensial transisi dari sawah menjadi bangunan ditampilkan pada gambar berikut:



Gambar 4.15 Potensial Transisi Tambak ke Bangunan Skenario 1

Metode yang digunakan untuk menghasilkan matrik probabilitas transisi dan matrik area transisi adalah Markov Chain. Matriks probabilitas transisi adalah nilai yang menunjukkan probabilitas bahwa setiap kategori tutupan lahan akan berubah ke setiap kategori lainnya berdasarkan perbandingan tutupan lahan yang digunakan sebagai model, sedangkan matriks area transisi adalah nilai yang menunjukkan jumlah piksel yang diperkirakan akan berubah dari setiap jenis tutupan lahan ke masing-masing jenis tutupan lahan lainnya pada periode tahun tertentu. Pada kedua file ini, baris mewakili kategori tutupan lahan yang lebih lama (T1) dan kolom mewakili kategori yang lebih baru (T2). Matrik probabilitas transisi yang dihasilkan menggunakan metode Markov Chain pada periode tahun 2015 skenario pertama menghasilkan peluang kelas RTH, sawah dan tambak untuk berubah menjadi bangunan. Peluang kelas RTH untuk berubah menjadi bangunan sebesar 0,388, peluang kelas sawah

untuk berubah menjadi bangunan sebesar 0,223 dan peluang kelas tambak untuk berubah menjadi bangunan sebesar 0,054. Matriks probabilitas transisi pada periode tahun 2015 skenario pertama adalah sebagai berikut:

Tabel 4.10 Matriks Probabilitas Transisi Tahun 2015 Skenario 1

	Bangunan	RTH	Sawah	Badan Air	Tambak
Bangunan	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
RTH	0,388	0,612	0,000	0,000	0,000
Sawah	0,223	0,000	0,777	0,000	0,000
Badan Air	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000
Tambak	0,054	0,000	0,000	0,000	0,946

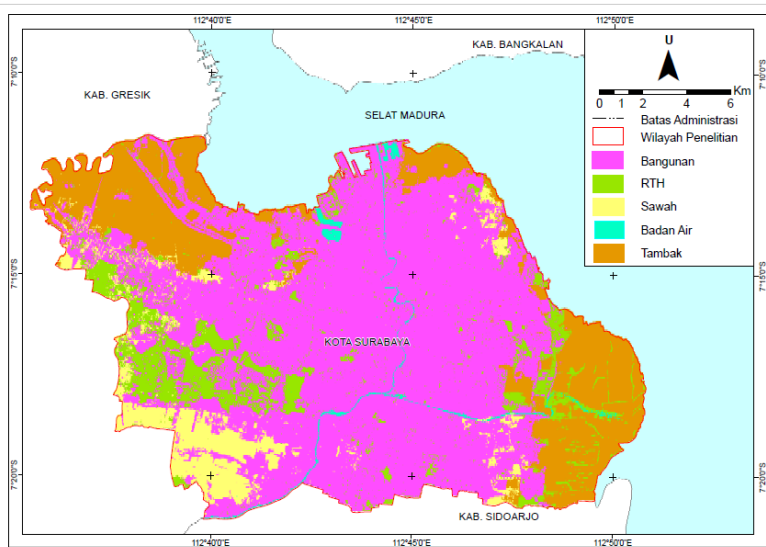
Selain matrik probabilitas transisi, metode Markov Chain juga menghasilkan matrik area transisi pada tahun 2015. Matrik area transisi menunjukkan alokasi dari setiap tutupan lahan untuk berubah atau menjadi tetap. Dalam hal ini total nilai yang dialokasikan dalam satuan hektar. Kelas RTH mengalokasikan luasan tertinggi untuk berubah menjadi bangunan dengan total luas yang dialokasikan sebesar 2.205,90 hektar, sedangkan kelas tambak mengalokasikan luasan terendah untuk berubah menjadi bangunan dengan total luas yang dialokasikan sebesar 376,92 hektar. Matriks area transisi pada periode tahun 2015 skenario pertama adalah sebagai berikut:

Tabel 4.11 Matriks Area Transisi Tahun 2015 Skenario 1

Luas (ha)	Bangunan	RTH	Sawah	Badan Air	Tambak
Bangunan	17.039,79	0	0	0	0
RTH	2.205,90	3.480,21	0	0	0
Sawah	658,26	0	2.294,55	0	0
Badan Air	0	0	0	318,15	0
Tambak	376,92	0	0	0	6.615,90

Nilai probabilitas transisi yang besar pada perubahan kelas menjadi lahan terbangun menunjukkan pembangunan yang sangat masif di Kota Surabaya, dalam struktur ekonomi Kota Surabaya 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. Peningkatan sektor perdagangan, hotel dan restoran tentunya membutuhkan lahan untuk proses pembangunannya sehingga diperlukan proses alih fungsi lahan dari kelas RTH, sawah, dan tambak menjadi lahan terbangun.

Pada skenario pertama ini kemudian dibuat prediksi tutupan lahan pada tahun 2015 menggunakan metode *multi-objective land allocation (MOLA)*. Pada prediksi tahun 2015 skenario pertama, di wilayah Surabaya Pusat terjadi alih fungsi lahan untuk kelas RTH menjadi bangunan, di wilayah Surabaya Selatan juga terjadi perubahan tutupan lahan yang sangat masif pada kelas RTH dan sawah untuk menjadi bangunan, sedangkan untuk perubahan kelas Tambak menjadi bangunan terjadi di wilayah Surabaya Barat dan sebagian wilayah Surabaya Timur. Tutupan lahan hasil prediksi tahun 2015 skenario pertama ditampilkan pada gambar berikut:



Gambar 4.16 Prediksi Tutupan Lahan Tahun 2015 Skenario 1

Pada tutupan lahan tahun 2015 hasil prediksi menggunakan skenario pertama, selisih luas terbesar terdapat pada kelas RTH dengan selisih 1.678,41 hektar, sedangkan selisih luas terkecil terdapat pada kelas badan air dengan selisih 7,47 hektar, untuk kelas bangunan karena mendapatkan tambahan luas dari kelas RTH, sawah dan tambak sehingga luasnya memiliki nilai yang lebih besar dengan luas sebenarnya dengan selisih sebesar 1.311,84 hektar. Adapun perbandingan luas tutupan lahan hasil prediksi skenario pertama tahun 2015 dengan peta tutupan lahan tahun 2015 hasil klasifikasi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.12 Perbandingan Luas Tutupan Lahan Skenario 1

Tutupan Lahan	Luas Aktual (ha)	Luas Prediksi (ha)	Selisih Luas (ha)
Bangunan	18.969,03	20.280,87	-1.311,84
RTH	5.158,62	3.480,21	1.678,41
Sawah	2.590,83	2.294,55	296,28
Badan Air	310,68	318,15	-7,47
Tambak	5.960,52	6.615,9	-655,38
Jumlah	32.989,68	32.989,68	0

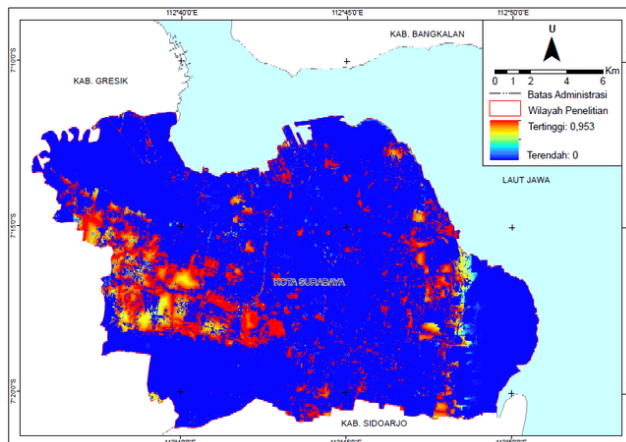
Hasil prediksi menggunakan skenario pertama kemudian dilakukan validasi dengan peta tutupan lahan tahun 2015 hasil klasifikasi dan menghasilkan nilai AUC sebesar 0,780. Nilai AUC tersebut tidak memenuhi nilai ambang batas minimum sebesar 0,800 sehingga model prediksi perubahan tutupan lahan skenario kedua tidak dapat digunakan untuk melakukan prediksi tutupan lahan pada periode berikutnya.

#### b. Skenario Kedua

Skenario kedua merupakan perubahan tutupan lahan yang mengarah pada pembangunan (*urban*) dengan menekankan pada kelas RTH yang mengalami perubahan menjadi kelas bangunan. Skenario ini dipilih berdasarkan tren perubahan tutupan lahan pada tahun 1995 sampai 2005 yang menunjukkan perubahan yang signifikan pada kelas RTH menjadi bangunan. Pada skenario ini jenis perubahan lahan mengikuti ketentuan sebagai berikut:

- Perubahan RTH menjadi bangunan
- Sawah tidak mengalami perubahan
- Tambak tidak mengalami perubahan
- Badan air tidak mengalami perubahan

Peta potensial transisi pada skenario kedua dihasilkan dari pemodelan *Multi-Layer Perceptron (MLP) Neural Network*. Berdasarkan hasil pemodelan perubahan tutupan lahan menggunakan *Multi-Layer Perceptron (MLP) Neural Network* didapatkan tingkat akurasi model pada skenario ketiga sebesar 89,30%. Jenis potensial transisi pada skenario kedua yaitu potensial transisi RTH menjadi bangunan. Pada potensial transisi dari RTH menjadi bangunan, wilayah yang memiliki potensi tinggi untuk berubah dari RTH menjadi bangunan terdapat di wilayah pusat kota dengan proporsi wilayah RTH yang berpotensi tinggi menjadi bangunan lebih besar berada di wilayah Surabaya Selatan, wilayah yang berpotensi tinggi untuk mengalami perubahan dari RTH menjadi bangunan juga tersebar di sebagian wilayah Surabaya Timur dan sebagian kecil lainnya terletak di wilayah Surabaya Barat. Potensial transisi yang dihasilkan pada skenario ini adalah sebagai berikut:



Gambar 4.17 Potensial Transisi RTH ke Bangunan Skenario 2

Metode yang digunakan untuk menghasilkan matrik probabilitas transisi dan matrik area transisi adalah Markov Chain. Matrik probabilitas transisi tahun 2015 skenario kedua menghasilkan besarnya peluang perubahan tutupan lahan pada tahun 2015 untuk kelas RTH menjadi bangunan sebesar 0,388, sedangkan untuk peluang kelas RTH menjadi tetap (*persistence*) adalah 0,612. Matrik probabilitas transisi yang dihasilkan menggunakan metode Markov Chain pada periode tahun 2015 skenario kedua adalah sebagai berikut:

Tabel 4.13 Matriks Probabilitas Transisi Tahun 2015 Skenario 2

	Bangunan	RTH	Sawah	Badan Air	Tambak
Bangunan	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
RTH	0,388	0,612	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

Selain matrik probabilitas transisi, metode Markov Chain juga menghasilkan matrik area transisi pada tahun 2015. Pada prediksi tutupan lahan tahun 2015 skenario kedua, kelas RTH mengalokasikan 2.205,90 hektar untuk berubah menjadi bangunan dan mengalokasikan 3.480,21 hektar untuk tidak mengalami perubahan dan tetap menjadi kelas RTH. Matriks area transisi pada periode tahun 2015 skenario kedua adalah sebagai berikut:

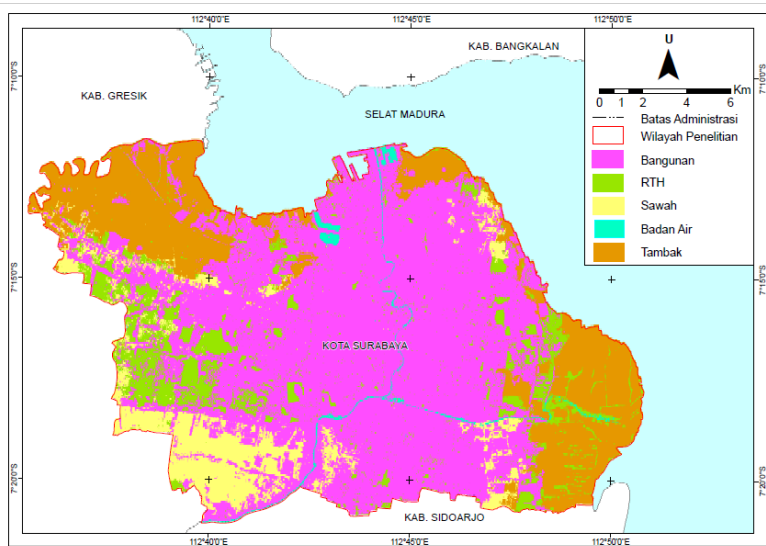


Tabel 4.14 Matriks Area Transisi Tahun 2015 Skenario 2

Luas (ha)	Bangunan	RTH	Sawah	Badan Air	Tambak
Bangunan	17.039,79	0	0	0	0
RTH	2.205,90	3.480,21	0	0	0
Sawah	0	0	2.952,81	0	0
Badan Air	0	0	0	318,15	0
Tambak	0	0	0	0	6.992,82

Tingginya nilai probabilitas transisi dari RTH menjadi lahan terbangun menunjukkan kesesuaian dengan nilai *gain and losses* tutupan lahan dan nilai perubahan tutupan lahan, berdasarkan kedua data tersebut perubahan yang paling signifikan terdapat pada kelas RTH menjadi bangunan.

Prediksi tutupan lahan dihasilkan menggunakan metode *multi-objective land allocation (MOLA)*. Pada prediksi tahun 2015 skenario kedua, di wilayah Surabaya Selatan terjadi perubahan tutupan lahan yang sangat masif pada kelas RTH untuk menjadi bangunan, sebagian besar wilayah RTH di Surabaya Selatan dikonversi menjadi bangunan, pada daerah lain seperti Surabaya Barat dan Surabaya Timur juga terjadi alih fungsi lahan dari RTH menjadi bangunan dengan proporsi yang lebih rendah dibandingkan di wilayah Surabaya Selatan. Tutupan lahan hasil prediksi tahun 2015 skenario kedua ditampilkan pada gambar berikut



Gambar 4.18 Prediksi Tutupan Lahan Tahun 2015 Skenario 2

Perbandingan luas tutupan lahan antara hasil prediksi tahun 2015 skenario kedua dan hasil klasifikasi tutupan lahan tahun 2015 menghasilkan selisih luas terbesar pada kelas RTH dengan total selisih 1.678,41 hektar dan selisih luas terkecil pada kelas badan air dengan total selisih 7,47 hektar. Adapun perbandingan luas untuk masing-masing kelas tutupan lahan antara hasil prediksi tutupan lahan tahun 2015 skenario kedua dan hasil klasifikasi tutupan lahan tahun 2015 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.15 Perbandingan Luas Tutupan Lahan Tahun 2015  
Skenario 2

Tutupan Lahan	Luas Aktual (ha)	Lus Prediksi (ha)	Selisih Luas (ha)
Bangunan	18.969,03	19.245,69	-276,66
RTH	5.158,62	3.480,21	1.678,41
Sawah	2.590,83	2.952,81	-361,98
Badan Air	310,68	318,15	-7,47
Tambak	5.960,52	6.992,82	-1032,3
Jumlah	32.989,68	32.989,68	0

Tingginya selisih luas pada kelas RTH dikarenakan probabilitas transisi pada model prediksi terbilang cukup besar untuk berubah menjadi kelas bangunan, padahal disisi lainnya perubahan pada kelas RTH dibatasi dengan peraturan perundang-undangan agar proporsi kelas RTH di kawasan perkotaan minimal sebesar 30% dari total luas tutupan lahan (Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014).

Hasil prediksi tutupan lahan tahun 2015 skenario kedua 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*). Hasil perhitungan statistik metode ROC menghasilkan hasil plottingan *Area Under Image* (AUC). Menurut Eastman (2016) nilai AUC minimum untuk dapat melakukan prediksi tutupan lahan pada periode tertentu adalah 0,800. Berdasarkan hasil perhitungan statistik metode ROC didapatkan nilai AUC pada hasil prediksi tutupan lahan tahun 2015 sebesar 0,809 dan sudah

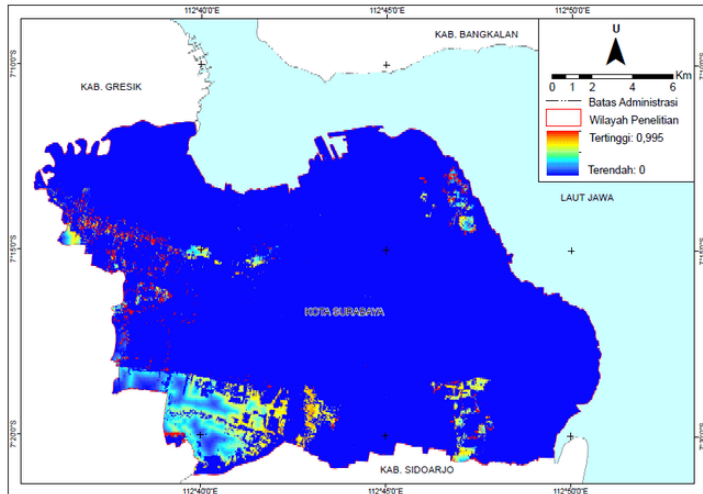
melebihi nilai ambang batas minimum yaitu sebesar 0,800, sehingga model prediksi perubahan tutupan lahan dapat digunakan untuk memprediksi tutupan lahan pada periode berikutnya.

c. Skenario Ketiga

Skenario ketiga merupakan skenario yang mengarah pada pembangunan (*urban*) dan juga mempertahankan kondisi Ruang Terbuka Hijau. Pada skenario ini jenis perubahan lahan mengikuti ketentuan sebagai berikut:

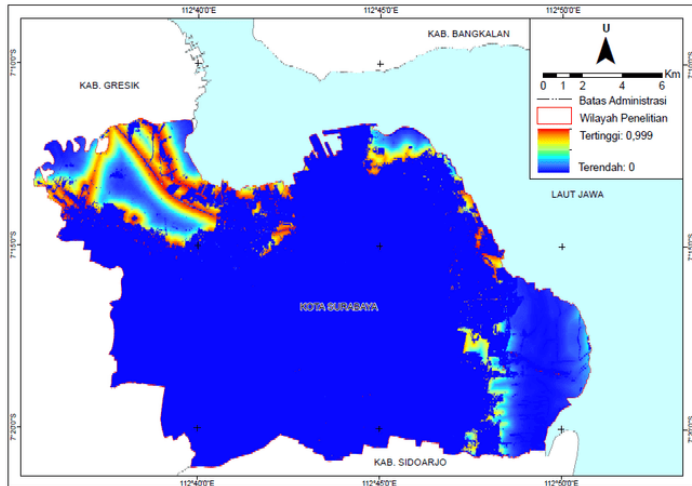
- Perubahan sawah menjadi bangunan
- Perubahan tambak menjadi bangunan
- RTH tidak mengalami perubahan
- Badan air tidak mengalami perubahan

Sama seperti skenario sebelumnya, untuk melakukan prediksi perubahan tutupan lahan dibutuhkan potensial transisi, matrik probabilitas transisi dan matrik area transisi. Hasil pemodelan perubahan tutupan lahan menggunakan *Multi-Layer Perceptron (MLP) Neural Network* didapatkan tingkat akurasi model pada skenario ketiga sebesar 73,11%. Terdapat dua jenis potensial transisi pada skenario ketiga yaitu potensial transisi sawah menjadi bangunan dan potensial transisi tambak menjadi bangunan. Pada potensial transisi dari sawah menjadi bangunan, wilayah yang memiliki potensi tinggi untuk berubah dari sawah menjadi bangunan sebagian besar terdapat di wilayah Surabaya Selatan dan sebagian lainnya tersebar di wilayah Surabaya Barat dengan proporsi luasan yang lebih kecil namun memiliki potensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah Surabaya Selatan. Potensial transisi dari sawah menjadi bangunan pada skenario ketiga ditampilkan pada gambar berikut:



Gambar 4.19 Potensial Transisi Sawah ke Bangunan Skenario 3

Pada potensial transisi dari tambak menjadi bangunan menunjukkan wilayah tambak yang memiliki potensi tinggi untuk mengalami perubahan menjadi bangunan terletak di bagian Surabaya Barat, wilayah yang memiliki potensi tinggi ini berada di sekitar jaringan jalan utama yang menghubungkan Kota Surabaya dengan Kota Gresik, sebagian wilayah tambak di Surabaya Timur juga berpotensi untuk berubah menjadi bangunan namun dengan proporsi yang sedikit dan peluang yang lebih rendah dibandingkan di wilayah Surabaya Selatan. Selain itu terdapat pula potensi perubahan dari tambak menjadi bangunan di sebagian kecil wilayah tambak yang ada di Surabaya Utara. Potensial transisi dari tambak menjadi bangunan ditampilkan pada gambar berikut:



Gambar 4.20 Potensial Transisi Tambak ke Bangunan Skenario 3

Matrik probabilitas transisi yang dihasilkan menggunakan metode Markov Chain pada periode tahun 2015 skenario ketiga menghasilkan peluang kelas sawah dan tambak untuk berubah menjadi bangunan. Peluang kelas sawah untuk berubah menjadi bangunan sebesar 0,223 dan peluang kelas sawah menjadi tetap (*persistence*) sebesar 0,777, sedangkan peluang kelas tambak untuk berubah menjadi bangunan sebesar 0,054 dan peluang kelas tambak menjadi tetap (*persistence*) sebesar 0,946. Probabilitas transisi pada kelas sawah menjadi bangunan lebih tinggi dibandingkan probabilitas transisi kelas tambak menjadi bangunan, sehingga penambahan kelas bangunan lebih banyak didominasi oleh kelas sawah, menurut *cubic trend* area yang mengalami perubahan tertinggi berada di Kecamatan Wonokromo dan sekitarnya, sehingga diprediksi luasan persawahan di wilayah ini akan berkurang lebih banyak daripada wilayah lainnya. Matriks probabilitas transisi pada periode tahun 2015 skenario ketiga adalah sebagai berikut:

Tabel 4.16 Matriks Probabilitas Transisi Tahun 2015 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	0,223	0,000	0,777	0,000	0,000
Badan Air	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000
Tambak	0,054	0,000	0,000	0,000	0,946

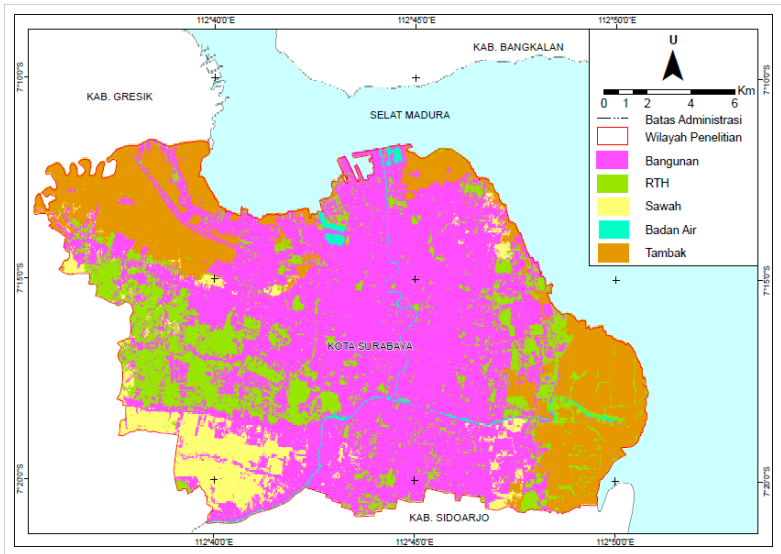
Selain matrik probabilitas transisi, metode Markov Chain juga menghasilkan matrik area transisi pada tahun 2015 skenario ketiga. Pada kelas sawah mengalokasikan 657,9 hektar untuk berubah menjadi bangunan, sedangkan kelas tambak mengalokasikan 379,2 hektar untuk berubah menjadi bangunan. Pada potensial transisi, wilayah tambak yang berpeluang besar berubah menjadi bangunan berada di wilayah Surabaya Barat sehingga dari total luas yang dialokasikan kelas tambak untuk menjadi bangunan, sebageaian besar diprediksi akan direalisasikan di wilayah Surabaya Barat. Sedangkan untuk wilayah sawah yang berpotensi tinggi untuk berubah menjadi bangunan terletak di wilayah Surabaya Barat dan sebagian wilayah Surabaya Selatan, sehingga dari total luas yang dialokasikan kelas sawah untuk menjadi bangunan, sebageaian besar diprediksi akan direalisasikan di dua wilayah tersebut. Matriks area transisi pada periode tahun 2015 skenario ketiga adalah sebagai berikut:

Tabel 4.17 Matriks Area Transisi Tahun 2015 Skenario 3

Luas (ha)	Bangunan	RTH	Sawah	Badan Air	Tambak
Bangunan	17.039,79	0	0	0	0
RTH	0	5.686,11	0	0	0
Sawah	657,9	0	2.294,91	0	0
Badan Air	0	0	0	318,15	0
Tambak	379,2	0	0	0	6.616,62

Prediksi tutupan lahan dihasilkan dengan menggunakan metode *multi-objective land allocation (MOLA)*. Pada prediksi tahun 2015 skenario ketiga, di wilayah Surabaya Selatan terjadi perubahan tutupan lahan yang sangat masif pada kelas sawah untuk menjadi bangunan, sehingga sebagian besar wilayah sawah di Surabaya Selatan dikonversi menjadi bangunan, pada daerah lain seperti Surabaya Barat berdasarkan potensial transisi memiliki peluang yang tinggi untuk berubah menjadi bangunan, sehingga hampir semua wilayah sawah di Surabaya Barat juga dikonversi 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 berada di sekitar jalan arteri. Tutupan lahan hasil prediksi tahun 2015 skenario ketiga ditampilkan pada gambar berikut





Gambar 4.21 Prediksi Tutupan Lahan Tahun 2015 Skenario Ketiga

Pada tutupan lahan tahun 2015 hasil prediksi menggunakan skenario ketiga, selisih luas terbesar terdapat pada kelas bangunan dengan selisih 895,14 hektar dimana kelas bangunan memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan kondisi sebenarnya, sedangkan selisih luas terkecil terdapat pada kelas badan air dengan selisih 7,47 hektar. Adapun perbandingan luas untuk masing-masing kelas tutupan lahan antara hasil prediksi tutupan lahan tahun 2015 skenario ketiga dan hasil klasifikasi tutupan lahan tahun 2015 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.18 Perbandingan Luas Tutupan Lahan Tahun 2015 Skenario 3

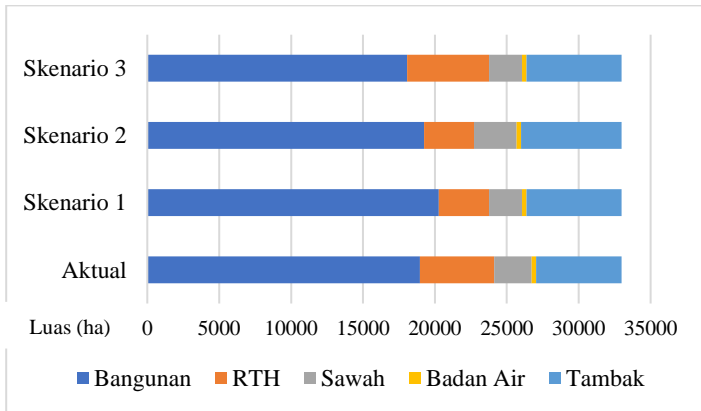
Tutupan Lahan	Luas Aktual (ha)	Luas Prediksi (ha)	Selisih Luas (ha)
Bangunan	18.969,03	18.073,89	895,14
RTH	5.158,62	5.686,11	-527,49
Sawah	2.590,83	2.294,91	295,92
Badan Air	310,68	318,15	-7,47
Tambak	5.960,52	6.616,62	-656,1
Jumlah	32.989,68	32.989,68	0

Hasil prediksi tutupan lahan tahun 2015 skenario ketiga 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. Hasil perhitungan statistik metode ROC menghasilkan hasil plottingan *Area Under Image* (AUC). Menurut Eastman (2016) nilai AUC minimum untuk dapat melakukan prediksi tutupan lahan pada periode tertentu adalah 0,800. Berdasarkan hasil perhitungan statistik metode ROC didapatkan nilai AUC pada hasil prediksi tutupan lahan tahun 2015 skenario ketiga sebesar 0,807 dan sudah melebihi nilai ambang batas minimum yaitu sebesar 0,800, sehingga model prediksi perubahan tutupan lahan dapat digunakan untuk memprediksi tutupan lahan pada periode berikutnya.

#### 4.5 Analisis Skenario Perencanaan Perubahan Tutupan Lahan

Luas tutupan lahan semua skenario perubahan tutupan lahan kemudian dibandingkan terhadap luas tutupan lahan hasil klasifikasi (aktual) tahun 2015. Perbandingan luas ini

memvisualisasikan perbedaan luas tutupan lahan pada setiap skenario terhadap luas lahan aktual yang berasal dari hasil klasifikasi citra satelit tahun 2015. Secara keseluruhan perbandingan luas tutupan lahan semua skenario perubahan tutupan lahan terhadap luas tutupan lahan hasil klasifikasi (aktual) tahun 2015 adalah sebagai berikut:

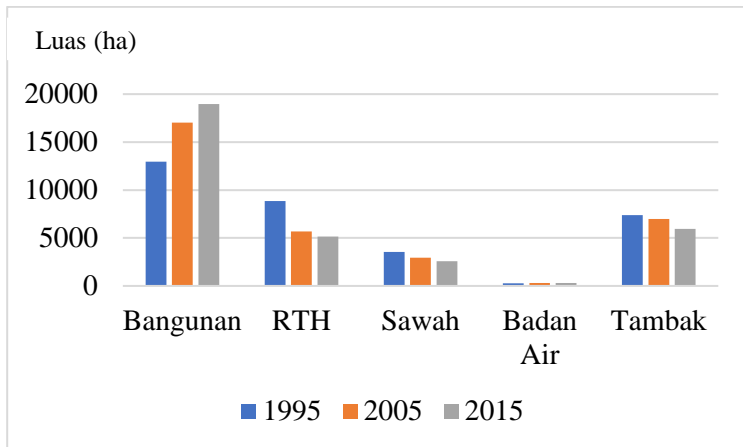


Gambar 4.22 Perbandingan Luas Tutupan Lahan Keseluruhan

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, pada skenario ini kelas sawah, tambak dan badan air dianggap tidak mengalami perubahan, hal ini juga memiliki kondisi yang hampir sama dengan kondisi aktual mengingat perubahan yang terjadi pada kelas sawah, tambak dan badan air relatif kecil. Pada diagram perubahan luas tutupan lahan Kota Surabaya hasil klasifikasi tahun 1995-2015, kelas sawah, tambak dan badan air mengalami perubahan yang kurang signifikan apabila dibandingkan dengan kelas RTH dan bangunan. Adapun perubahan tutupan lahan aktual pada periode tahun 1995-2015 adalah sebagai berikut:



Gambar 4.23 Perubahan Tutupan Lahan 1995-2005

Pada skenario kedua memiliki kelemahan yaitu proporsi perubahan tutupan lahan RTH ke bangunan sangat besar sehingga selisih luas pada kelas RTH memiliki nilai yang besar terhadap kondisi tutupan lahan sebenarnya, padahal proporsi perubahan tutupan lahan menjadi bangunan dapat dimungkinkan dari kelas sawah, tambak maupun badan air bukan hanya dari kelas RTH.

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.

Tingkat akurasi hasil prediksi berdasarkan nilai AUC tertinggi dihasilkan dari pemodelan skenario kedua yang merupakan perubahan tutupan lahan yang mengarah pada pembangunan kota (*urban*) dengan menekankan pada perubahan kelas RTH menjadi bangunan, skenario ini menghasilkan nilai AUC sebesar 0,809. Sedangkan untuk nilai AUC terendah terdapat pada skenario pertama dengan nilai AUC sebesar 0,780. Tingkat akurasi hasil prediksi menggunakan metode ROC pada setiap skenario ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 4.19 Perbandingan Nilai AUC

Skenario	Jenis Perubahan	Nilai AUC
Skenario 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RTH ke bangunan</li> <li>• Sawah ke bangunan</li> <li>• Tambak ke bangunan</li> <li>• Badan air tetap</li> </ul>	0,780
Skenario 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RTH ke bangunan</li> <li>• Sawah tetap</li> <li>• Tambak tetap</li> <li>• Badan air tetap</li> </ul>	0,809
Skenario 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sawah ke bangunan</li> <li>• Tambak ke bangunan</li> <li>• RTH tetap</li> <li>• Badan air tetap</li> </ul>	0,807

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.

#### 4.6 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. Untuk melakukan prediksi tutupan lahan tahun 2025 dibutuhkan peta potensial transisi, matriks probabilitas transisi tahun 2025 dan matrik area transisi tahun 2025. Peta potensial transisi dihasilkan menggunakan metode MLP *Neural Network* yang ditampilkan pada gambar 4.17 untuk skenario kedua dan gambar 4.19 dan 4.20 pada skenario ketiga, sedangkan untuk matrik area transisi dan matrik

probabilitas transisi pada tahun 2025 dihasilkan menggunakan metode Markov Chain. Matrik probabilitas transisi tahun 2025 skenario kedua menghaikan 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 berikut:

Tabel 4.20 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

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.

Tabel 4.21 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

Selain matrik probabilitas transisi, metode Markov Chain juga menghasilkan matrik area transisi pada tahun 2025, pada skenario kedua kelas RTH mengalokasikan 3.405,15 hektar untuk berubah menjadi bangunan dan mengalokasikan 2.280,96 hektar untuk kelas RTH yang tidak mengalami perubahan, matrik area transisi tahun 2025 pada skenario kedua ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 4.22 Matriks Area Transisi Tahun 2025 Skenario 2

Luas (ha)	Bangunan	RTH	Sawah	Badan Air	Tambak
Bangunan	17.039,79	0	0	0	0
RTH	3.405,15	2.280,96	0	0	0
Sawah	0	0	2.952,81	0	0
Badan Air	0	0	0	318,15	0
Tambak	0	0	0	0	6.992,82



Pada skenario ketiga, kelas sawah mengalokasikan 1.177,92 hektar untuk berubah menjadi bangunan dan mengalokasikan 1.774,89 hektar untuk kelas sawah yang tidak mengalami perubahan, sedangkan untuk kelas tambak mengalokasikan 738,18 hektar untuk berubah menjadi bangunan dan mengalokasikan 6.254,64 hektar untuk kelas tambak yang tidak mengalami perubahan, matrik area transisi tahun 2025 pada skenario ketiga ditampilkan pada tabel berikut:

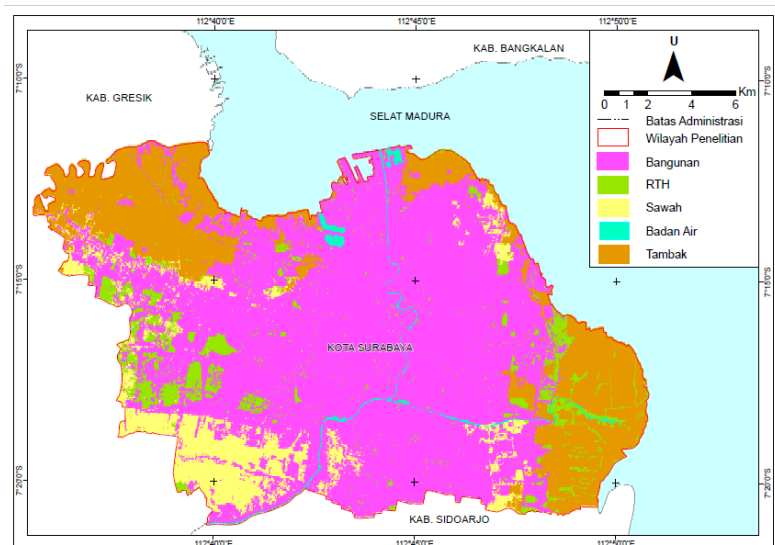
Tabel 4.23 Matriks Area Transisi Tahun 2025 Skenario 3

Luas (ha)	Bangunan	RTH	Sawah	Badan Air	Tambak
Bangunan	17.039,79	0	0	0	0
RTH	0	5.686,11	0	0	0
Sawah	1.177,92	0	1.774,89	0	0
Badan Air	0	0	0	318,15	0
Tambak	738,18	0	0	0	6.254,64

Peningkatan peluang perubahan tutupan lahan untuk menjadi bangunan pada skenario kedua dan ketiga menunjukkan tren tingkat pembangunan di Kota Surabaya diprediksi semakin masif dan proses alih fungsi lahan pada tahun 2025 diprediksi semakin meningkat. Hasil matrik area transisi 2025, matrik probabilitas transisi 2025 dan peta potensial transisi kemudian digunakan untuk memprediksi tutupan lahan tahun 2025.

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

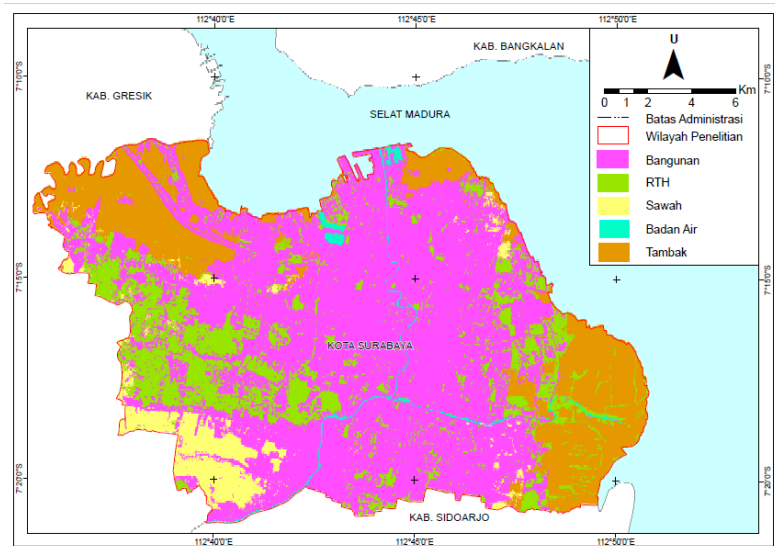
Surabaya Barat dan Surabaya Timur juga terjadi peningkatan alih fungsi lahan dari RTH menjadi bangunan, namun tidak semasif apabila dibandingkan dengan wilayah Surabaya Selatan. Pada prediksi tutupan lahan tahun 2025 di wilayah Surabaya Timur sebagian besar wilayah RTH juga sudah dikonversi menjadi bangunan. Hasil prediksi tutupan lahan tahun 2025 skenario kedua ditampilkan pada gambar berikut:



Gambar 4.24 Prediksi Tutupan Lahan Tahun 2025 Skenario Kedua

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 ketiga ditampilkan pada gambar berikut:



Gambar 4.25 Prediksi Tutupan Lahan Tahun 2025 Skenario Ketiga

Peta prediksi tutupan lahan 2025 ini selanjutnya dibandingkan dengan kondisi tutupan lahan yang diatur dalam Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya Tahun 2014-2034.

#### **4.7 Analisis Skenario Perencanaan dengan Peta RTRW Kota Surabaya Tahun 2014-2034**

Skenario perencanaan yang memenuhi ambang batas minimum untuk uji validasi menggunakan metode ROC adalah skenario kedua dan ketiga, kedua skenario tersebut digunakan untuk membuat peta prediksi tutupan lahan Kota Surabaya tahun 2025. Peta prediksi tutupan lahan Kota Surabaya pada setiap skenario kemudian dilakukan perhitungan luas untuk dibandingkan dengan Peta RTRW Kota Surabaya tahun 2014-2034. Perbandingan luas antara hasil prediksi tutupan lahan tahun 2025 skenario kedua dengan peta RTRW Kota Surabaya tahun 2014-2034 menghasilkan selisih perbandingan luas terbesar pada kelas sawah dengan total selisih 1.093,83 hektar dan perbandingan luas terkecil terdapat pada kelas badan air dengan total selisih sebesar 31,90 hektar. Adapun perbandingan luas untuk masing-masing kelas tutupan lahan antara hasil prediksi tutupan lahan tahun 2025 skenario kedua dan Peta RTRW 2014-2034 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.24 Perbandingan Luas Tutupan Lahan Tahun 2025 dan Peta RTRW Skenario Kedua

Tutupan Lahan	Luas RTRW (ha)	Luas Prediksi (ha)	Selisih Luas (ha)
Bangunan	21.510,28	20.444,94	1.065,34
RTH	3.183,89	2.280,96	902,93
Sawah	1.858,98	2.952,81	-1.093,83
Badan Air	350,05	318,15	31,90
Tambak	6.086,48	6.992,82	-906,34
Jumlah	32.989,68	32.989,68	0,00

Pada perbandingan luas antara hasil prediksi tahun 2025 skenario ketiga dan peta RTRW Kota Surabaya tahun 2014-2034 diketahui selisih perbandingan luas terbesar adalah kelas

bangunan dengan total selisih 2.554,39 hektar dan perbandingan luas terkecil adalah badan air dengan total selisih sebesar 31,90 hektar. Perbandingan luas untuk masing-masing kelas tutupan lahan antara hasil prediksi tutupan lahan tahun 2025 skenario ketiga dan tutupan lahan yang terdapat pada Peta RTRW 2014-2034 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.25 Perbandingan Luas Tutupan Lahan Tahun 2025 dan Peta RTRW Skenario Ketiga

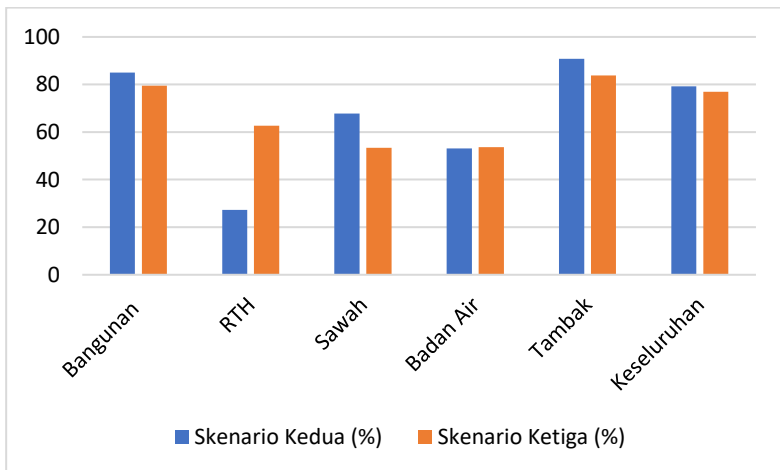
Tutupan Lahan	Luas RTRW (ha)	Luas Prediksi (ha)	Selisih Luas (ha)
Bangunan	21.510,28	18.955,89	2.554,39
RTH	3.183,89	5.686,11	-2.502,22
Sawah	1.858,98	1.774,89	84,09
Badan Air	350,05	318,15	31,90
Tambak	6.086,48	6.254,64	-168,16
Jumlah	32.989,68	32.989,68	0,00

Perbedaan luas tutupan lahan antara hasil prediksi dan peta RTRW disebabkan karena model prediksi tutupan lahan yang digunakan dalam skenario perubahan tutupan lahan, pada skenario kedua, model hanya memprediksi perubahan tutupan lahan untuk kelas RTH menjadi bangunan, padahal perubahan tutupan lahan pada kelas bangunan dimungkinkan dapat disumbangkan dari kelas tutupan lahan lainnya seperti sawah, tambak maupun badan air. Sehingga kondisi tutupan lahan hasil prediksi kurang sesuai dengan peta RTRW. Pada skenario ketiga model prediksi perubahan tutupan lahan menggunakan perubahan tutupan lahan kelas sawah dan tambak menjadi bangunan, dan kelas RTH dan badan air dianggap tidak mengalami perubahan. sehingga dapat dimungkinkan pada beberapa daerah yang telah direncanakan untuk fungsi tertentu, tidak terwujud sebagaimana mestinya.

Selanjutnya tutupan lahan tahun 2025 hasil prediksi pada skenario kedua dan ketiga dianalisis kesesuaiannya dengan peta RTRW Kota Surabaya tahun 2014-2034. Pada skenario kedua persentase kesesuaian lahan tertinggi terdapat pada kelas tambak dengan tingkat kesesuaian 90,76% atau sebesar 5.524,35 hektar sedangkan untuk tingkat kesesuaian terendah terdapat pada kelas RTH dengan tingkat kesesuaian sebesar 27,22% atau sebesar 866,59 hektar. Persentase kesesuaian kelas RTH yang relatif kecil dikarenakan pada hasil prediksi tahun 2025 skenario kedua didapatkan total luasan RTH sebesar 2.280,96 hektar atau 6,91% terhadap luas Kota Surabaya, proporsi RTH ini tergolong sangat kurang apabila dibandingkan dengan proporsi RTH menurut Permen PU Nomor 5 Tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan yang mengatur bahwa proporsi RTH pada kawasan perkotaan minimal harus 30%, yang terdiri dari 20% RTH publik dan 10% RTH privat (Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014). Pada kebijakan pemerintah Kota Surabaya juga terus meningkatkan ketersediaan RTH, hal ini dibuktikan dengan jumlah dana yang dianggarkan untuk perawatan dan perluasan RTH terbilang sangat besar yaitu 10 miliar per tahun. Pemerintah Kota Surabaya juga menargetkan persentase RTH publik sebesar 30% dan sudah terealisasi sebesar 21,79% pada tahun 2018 (Pemerintah Kota Surabaya 2019 b), sehingga apabila skenario ini diterapkan akan bertentangan dengan kebijakan yang dikeluarkan oleh Pemerintah Kota Surabaya.

Pada skenario ketiga persentase kesesuaian lahan tertinggi terdapat pada kelas tambak dengan tingkat kesesuaian 83,85% atau sebesar 5.103,01 hektar sedangkan untuk tingkat kesesuaian terendah terdapat pada kelas sawah dengan tingkat kesesuaian sebesar 53,41% atau sebesar 993,79 hektar. Pada skenario ketiga, tingkat kesesuaian tutupan lahan pada masing masing kelas tutupan lahan memiliki nilai yang lebih berimbang dibandingkan dengan

hasil prediksi skenario ketiga. Pada skenario ini total luas RTH melebihi total luasan RTH yang terdapat dengan peta RTRW, sehingga skenario ini lebih cocok diaplikasikan untuk model prediksi perubahan tutupan lahan di Kota Surabaya mengingat kebijakan pemerintah terus mengupayakan untuk meningkatkan proporsi luas RTH publik menjadi sebesar 30% (Pemerintah Kota Surabaya 2019 b). Persentase kesesuaian peta tutupan lahan tahun 2025 hasil prediksi dengan peta RTRW 2014-2034 ditampilkan pada grafik berikut:



Gambar 4.26 Persentase Kesesuaian Tutupan Lahan Tahun 2025 Hasil Prediksi dan Peta RTRW 2014-2034

Secara keseluruhan dapat diketahui bahwa tingkat kesesuaian antara hasil prediksi tutupan lahan tahun 2025 skenario ketiga dan peta RTRW tahun 2014-2034 adalah 79,21% atau sebesar 26.132,15 hektar, sedangkan untuk skenario ketiga memiliki tingkat kesesuaian 76,95% atau sebesar 25.384,48 hektar. Menurut kriteria pola kesesuaian tutupan lahan berdasarkan klasifikasi dari Rapermen Kementerian PU tentang audit pemanfaatan ruang untuk

persentase kesesuaian pada rentang 50%-100% termasuk dalam kategori tinggi dan menunjukkan kesesuaian dengan rujukan rencana tata ruang. Tingkat kesesuaian antara hasil prediksi tutupan lahan tahun 2025 pada skenario ketiga dan ketiga terhadap peta RTRW tahun 2014-2034 termasuk dalam kategori tinggi sehingga hasil pemodelan prediksi tutupan lahan dapat digunakan sebagai pertimbangan pemerintah dan instansi terkait lainnya untuk melakukan evaluasi kesesuaian penataan ruang di suatu wilayah.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

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 RTH menjadi bangunan dengan luas total perubahan sebesar 3.428,01 hektar. Berdasarkan *cubic trend* dapat disimpulkan 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.
2. 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.
3. Tingkat kesesuaian peta prediksi tutupan lahan tahun 2025 skenario kedua dengan peta RTRW Kota Surabaya tahun 2014-2034 sebesar 79,21%, sedangkan untuk skenario ketiga memiliki tingkat kesesuaian 76,95%, Menurut

kriteria pola kesesuaian tutupan lahan berdasarkan klasifikasi dari Rapermen Kementerian PU tentang audit pemanfaatan ruang kedua skenario ini termasuk dalam kategori tinggi sehingga hasil pemodelan prediksi tutupan lahan dapat digunakan sebagai pertimbangan pemerintah dan instansi terkait lainnya untuk melakukan evaluasi kesesuaian penataan ruang di suatu wilayah.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya yakni antara lain :

1. Sebaiknya citra satelit yang digunakan untuk klasifikasi tutupan lahan menggunakan citra satelit dengan resolusi yang lebih tinggi agar menghasilkan kelas tutupan lahan yang lebih beragam dan memiliki tingkat akurasi yang lebih baik.
2. Sebaiknya pada proses validasi model perubahan tutupan lahan dapat menggunakan metode lain seperti *Kappa Index of Agreement* (KIA) yang dapat digunakan sebagai data pembandingan metode *Relative Operating Characteristic* (ROC).

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansah, T. 2017. Proyeksi Perubahan Penutupan Lahan Daerah Aliran Sungai Bonehau Tahun 2031. Makassar : Universitas Hasanuddin.
- Arif, S., Kurniawan, M.I., dan Paharuddin. 2017. Analisis Geospasial Terhadap Konversi Lahan dengan Menggunakan Metode Cellular Automata. Makassar : Universitas Hassanudin.
- As-syakur, A.R., I W. Suarna, I W.S. Adnyana, I W. Rusna, I.A.A. Laksmiwati, dan I.W. Diara. 2008. "Studi Perubahan Penggunaan Lahan di Das Badung." *Jurnal Bumi Lestari* 10, 2: 200–208.
- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2019. Kota Surabaya dalam Angka 2019. Surabaya : BPS.
- Badan Standardisasi Nasional. 2010. Klasifikasi Penutup Lahan. Jakarta : BSN.
- Baja, S. 2012. Perencanaan Tata Guna Tanah dalam Pengembangan Wilayah. Yogyakarta : Dani Offset.
- Bappeda Kabupaten Kulon Progo. 2015. Penyusunan Audit Kesesuaian Penataan Ruang Kabupaten Kulon Progo Tahun 2015. Kulon Progo : Pemerintah Kabupaten Kulon Progo.
- Cohen, J. 1960. "A Coefficient of Agreement for Nomial Scales." *Educational and Psychological Measurement* 20, 1: 37–46.
- Danoedoro, P. 1996. Pengolahan Citra Dijital. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Djaja, S.A. 1984. Pengaturan Hukum Tentang Cagar Budaya dan Pengelolaannya di Kotamadya Dati II Surabaya. Surabaya : Universitas Airlangga.
- Dwijayanti, A., dan Hariyanto, T. 2015. "Evaluasi Tutupan Lahan Permukiman Terhadap Rencana Detil Tata Ruang Kota (RDTRK) Surabaya pada Citra Resolusi Tinggi dengan Metode Klasifikasi Berbasis Objek (Studi Kasus: UP XI Tambak Osowilangon dan UP XII Sambikerep)". *Geoid*. Vol. 10.

- Eastman. 2016. IDRISI Selva Tutorial. Worcester : Idrisi Production
- ENVI. 2015. Applying Default (Quick) Stretches. Broomfield
- ESRI. 2016. Understaning Euclidean Distance Analysis. California : ESRI.
- Fitrianingsih, E. 2017. Tinjauan Terhadap Alih Fungsi Tanah Pertanian ke Non Pertanian ( Permukiman ) di Kecamatan Tomoni Kabupaten Luwu Timur. Makassar : Universitas Hasanuddin.
- Hardjowigeno, S., dan Widiatmaka. 2011. Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tataguna Lahan. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Japan International Cooperation Agency (JICA), dan Kementerian Pekerjaan Umum. 2010. “Pedoman Pemantauan dan Evaluasi Pemanfaatan Ruang Wilayah Kota Berbasis Sistem Informasi Geografis.” Jakarta.
- Jaya, I.N.S. 2007. Analisis Citra Digital: Perspektif Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Jiwdanono, B. 2017. “Pertumbuhan Kota (Studi Kasus Interaksi Kepentingan Antara Pengusaha dengan Pemerintah dalam Pembangunan Hotel di Surabaya).” Jurnal Politik Muda 6: 16–26.
- Kamusoko, C., Masamu A., Bongo A., dan Munyaradzi M. 2009. “Rural Sustainability under Threat in Zimbabwe - Simulation of Future Land Use/Cover Changes in the Bindura District Based on the Markov-Cellular Automata Model.” Applied Geography 29, 3: 435–47.
- Kusuma, M. 2016. Parangtritis Geomarine Science Park. <URL:<https://pgsp.big.go.id/perkembangan-ldansat/>> diakses pada tanggal 12 Desember 2019 pukul 19.00 WIB
- LAPAN, dan Universitas Negeri Semarang. 2007. Penginderaan Jauh Dan Interpretasi Citra. Jakarta : LAPAN.
- Lillesand, T.M., dan Kiefer R.W. 1994. Penginderaan Jauh dan Interpretasi. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

- Lukiawan, R., Endi, H.P., dan Meilinda A. 2019. “Standar Koreksi Geometrik Citra Satelit Resolusi Menengah dan Manfaat Bagi Pengguna.” *Jurnal Standardisasi* 21, 1: 45.
- Marini, Y., Siti H., dan Maryani H. 2014. “Perbandingan Metode Klasifikasi Supervised Maximum Likelihood dengan Klasifikasi Berbasis Objek untuk Inventarisasi Lahan Tambak di Kabupaten Maros.” *Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014*, 505–16.
- Mondal, S.M., Nayan S., Garg, P.K., dan Martin K. 2016. “Statistical Independence Test and Validation of CA Markov Land Use Land Cover (LULC) Prediction Results.” *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 19, 2: 259–72.
- Muchsin, F., Liana F., dan Kuncoro A.P. 2018. “Model Koreksi Atmosfer Citra Landsat-7 (Atmospheric Correction Models of Landsat-7 Imagery).” *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital* 14, 2: 101–10.
- Mulyawan, I. 2010. Central Business District (CBD). <URL: <http://www.moeljawan.com>>. Diakses pada tanggal 3 Januari 2019 20.00 WIB.
- Munibah, K. 2008. Model Spasial Perubahan Penggunaan Lahan dan Arahan Penggunaan Lahan Berwawasan Lingkungan (Studi Kasus: Das Cidanau, Provinsi Banten). Bogor : IPB Repository.
- Nouri, J., Alireza G., Reza A., Shahrzad F., dan Mahsa A. 2014. “Predicting Urban Land Use Changes Using a CA-Markov Model.” *Arabian Journal for Science dan Engineering* 39, 7: 5565–73.
- Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya Tahun 2014-2034. Surabaya.
- Pemerintah Kota Surabaya. 2019a. Geografi Kota Surabaya. <URL: <https://surabaya.go.id/id>>. Diakses pada tanggal 16 Desember 2019 01.00 WIB.
- Pemerintah Kota Surabaya. 2019b. Turunkan Suhu Hingga 2 Derajat, Begini Cara Wali Kota Risma Perangi Polusi di

- Surabaya.<URL:<https://surabaya.go.id/id/berita/51526/turunan-suhu-hingga-2-derajat>> . Diakses pada tanggal 10 Juli 2020 10.00 WIB.
- Prameswari, Y.P. 2018. “Waterfront City Development di Kawasan Sempadan Sungai: Studi Kasus Sungai Wiso dan Kanal, Jepara.” *Jurnal Ilmiah Ilmu Pemerintahan* 3, 1: 51.
- Presiden Republik Indonesia. 2009. “Undang Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009.” Republik Indonesia.
- Purnomo. 2012. *Pemodelan dan Simulasi Untuk Pengelolaan Adaptif*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh. 2015. *Pedoman Pengolahan Data Penginderaan Jauh Landsat 8 untuk MPT*. Jakarta : LAPAN.
- Richards, J.A., dan X Jiu. 2006. *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction, 4<sup>th</sup> Edition*. Berlin: Springer.
- Saifuddin, H.A., dan Dahlan. 2013. “Hubungan Antara Jumlah Penduduk dengan Alih Fungsi Lahan di Kecamatan Somba Opu, Kabupaten Gowa.” *Jurnal Agrisistem* 9, 2: 169–79.
- Samidi. 2017. “Surabaya Sebagai Kota Kolonial Modern Pada Akhir Abad Ke-19: Industri, Transportasi, Permukiman, dan Kemajemukan Masyarakat.” *Mozaik Humaniora* 17, 1: 157–80.
- Sari, M., dan Mirza I. 2014. “Kajian Perkembangan Kawasan Pinggiran Kota ( Urban Fringe ) Banda Aceh ( Studi Kasus : Kecamatan Banda Raya , Lueng Bata dan Ulee Kareng ).” *Jurnal Teknik Sipil* 3, 3: 148–62.
- Scaramuzza, P., Esad, M., dan Gyanesh, C. 2004. *SLC Gap-Filled Products: Phase One Methodology*.
- Schwab, K. 2019. *The Global Competitiveness Report*. Geneva.
- Short, M.N. 1982. *The Landsat Tutorial Workbook*. Washington: NASA Reference Publication.
- Simamora, F., Bandi, S., dan Haniah. 2015. “Kajian Metode Segmentasi untuk Identifikasi Tutupan Lahan dan Luas Bidang Tanah Menggunakan Citra pada Google Earth (Studi Kasus : Kecamatan Tembalang, Semarang).” *Jurnal Geodesi*

- Undip 4 (4): 43–51.
- Sitorus, S. 1985. *Evaluasi Sumberdaya Lahan*. Bandung : Tarsito.
- Sugiharti, A. 2016. *Profil Kota Surabaya 2016*. Pemerintah Kota Surabaya.
- Trisasongko, B. H., D. R. Panuju, L.S. Iman, Harimurti, A. F. Ramly, V. Anjani, dan H. Subroto. 2009. *Analisis Dinamika Konversi Lahan di Sekitar Jalur Tol Cikampek*. Jakarta : Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- USGS, 2014. *Landsat Processing Detail*. <URL:[http://landsat.usgs.gov/Landsat\\_Processing\\_Details.php](http://landsat.usgs.gov/Landsat_Processing_Details.php)>. Diakses pada 26 Desember 2019 20.00 WIB.
- USGS. 2019. *Landsat 5*. <URL:<https://www.usgs.gov>>. Diakses pada 5 Januari 2020 14.00 WIB.
- Wang, S.Q., X.Q. Zheng, dan X.B. Zang. 2012. “Accuracy Assessments of Land Use Change Simulation Based on Markov-Cellular Automata Model.” *Procedia Environmental Sciences* 13: 1238–45.
- Yulianasari, L.A. 2018. *Perkembangan Perumahan di Surabaya Timur Tahun 1969-1994*. Surabaya.
- Yunus, H.S. 1999. *Struktur Ruang Kota*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Yusuf, S.M., Kuku, M., Yayat, H., dan Yuli, S. 2018. “Analisis dan Prediksi Perubahan Tutupan Lahan di Das Citarum Hulu.” *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources dan Environmental Management)* 8, 3: 365–75.
- Zahrotunisa, S. 2017. “Prediksi Spasial Perkembangan Lahan Terbangun Melalui Pemanfaatan Citra Landsat Multitemporal di Kota Bogor.” *Jurnal Online Informatika* 2, 1: 30.

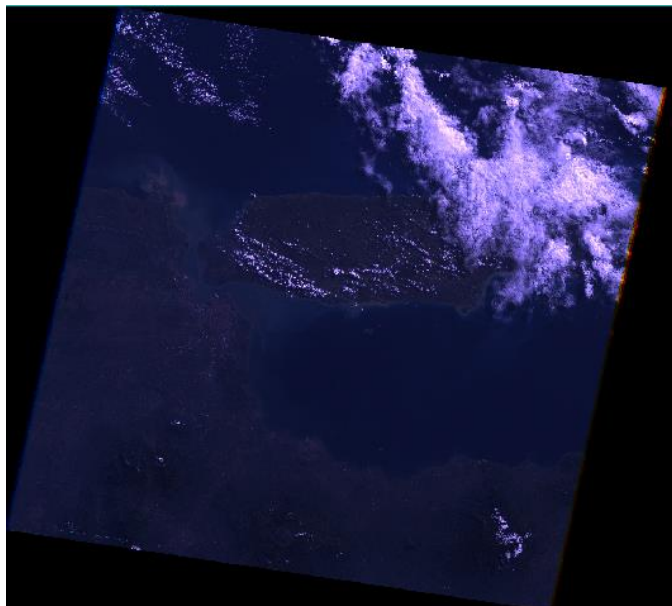
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Data Citra Satelit

- *Raw data* Citra Satelit Landsat 5 TM 25 Juni 1995



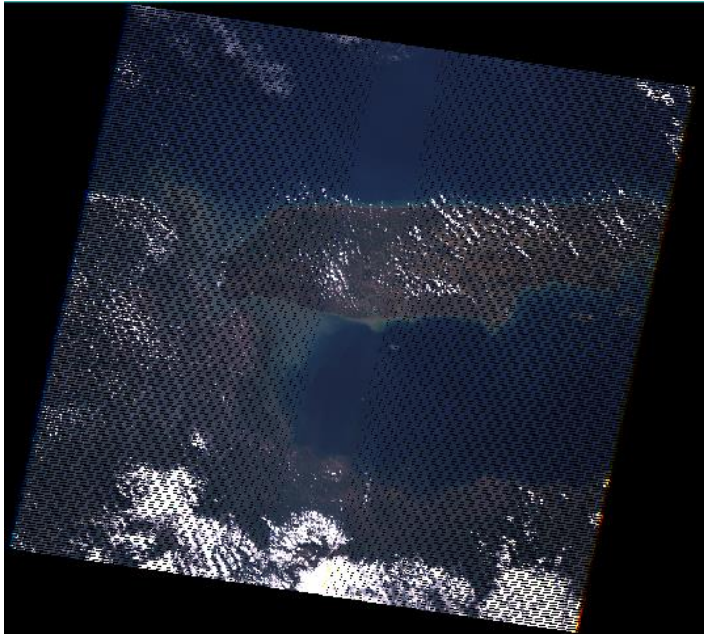
- Metadata Citra Satelit Landsat 5 TM 25 Juni 1995

<b>Data Set Attribute</b>	<b>Attribute Value</b>
Landsat Product Identifier	LT05_L1TP_118065_19950625_20170107_01_T1
Landsat Scene Identifier	LT51180651995176DKI00
Acquisition Date	1995/06/25
Satellite	5
Collection Category	T1
Collection Number	1

<b>Data Set Attribute</b>	<b>Attribute Value</b>
Sensor Mode	SAM
WRS Path	118
WRS Row	065
Date L-1 Generated	2017/01/07
Start Time	1995:176:01:41:17.6278100
Stop Time	1995:176:01:41:44.6014400
Station Identifier	DKI
Day/Night Indicator	DAY
Land Cloud Cover	10.00
Scene Cloud Cover	18.00
Ground Control Points Model	104
Ground Control Points Version	4
Geometric RMSE Model (meters)	3.979
Geometric RMSE Model X	2.741
Geometric RMSE Model Y	2.885
Sensor Anomalies	N
Data Anomaly	
Image Quality	9
Gain Change	N
Processing Software Version	LPGS_12.8.3
Full Partial Scene	FULL
Sun Elevation L-1	38.70819062
Sun Azimuth L-1	52.04862321
Data Type Level-1	TM_L1TP
Sensor Identifier	TM
Ephemeris Type	DEFINITIVE
Reflective Lines	6991
Reflective Samples	7761
Thermal Lines	6991

<b>Data Set Attribute</b>	<b>Attribute Value</b>
Thermal Samples	7761
Map Projection Level-1	UTM
UTM Zone	49
Datum	WGS84
Ellipsoid	WGS84
Grid Cell Size Reflective	30.00
Grid Cell Size Thermal	30.00
Calibration Parameter File	LT05CPF_19950401_19950630 01.03
Center Latitude	7°14'31.96"S
Center Longitude	113°07'38.50"E
UL Corner Lat	6°19'31.84"S
UL Corner Long	112°28'15.28"E
UR Corner Lat	6°33'58.25"S
UR Corner Long	114°07'33.28"E
LL Corner Lat	7°54'58.54"S
LL Corner Long	112°07'33.64"E
LR Corner Lat	8°09'27.94"S
LR Corner Long	113°47'12.01"E
Center Latitude dec	-7.24221
Center Longitude dec	113.12736
UL Corner Lat dec	-6.32551
UL Corner Long dec	112.47091
UR Corner Lat dec	-6.56618
UR Corner Long dec	114.12591
LL Corner Lat dec	-7.91626
LL Corner Long dec	112.12601
LR Corner Lat dec	-8.15776
LR Corner Long dec	113.78667

- *Raw data* Citra Satelit Landsat 7 ETM+ 12 Juni 2005



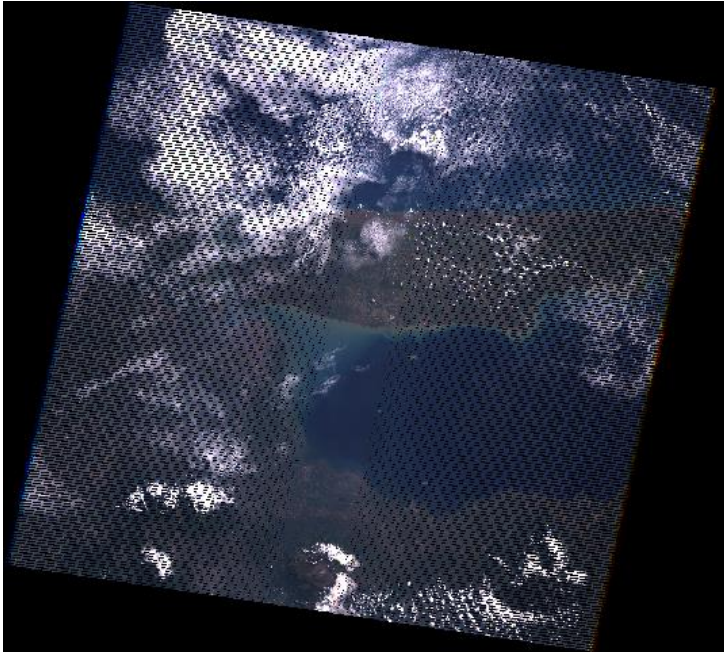
- Metadata Citra Satelit Landsat 7 ETM+ 12 Juni 2005

<b>Data Set Attribute</b>	<b>Attribute Value</b>
Landsat Product Identifier	LE07_L1TP_118065_20050612_20170114_01_T1
Landsat Scene Identifier	LE71180652005163PFS00
Acquisition Date	2005/06/12
Scan Line Corrector	OFF
Collection Category	T1
Collection Number	1
WRS Path	118
WRS Row	065
Date L-1 Generated	2017/01/14

<b>Data Set Attribute</b>	<b>Attribute Value</b>
Start Time	2005:163:02:25:00.4693124
Stop Time	2005:163:02:25:27.6653125
Station Identifier	PFS
Day/Night Indicator	Day
Land Cloud Cover	20.00
Scene Cloud Cover	11.00
Ground Control Points Model	101
Ground Control Points Version	4
Geometric RMSE Model (meters)	4.449
Geometric RMSE Model X	3.121
Geometric RMSE Model Y	3.171
Image Quality	9
Gain Change	N
Processing Software Version	LPGS_12.8.3
Full Partial Scene	FULL
Sun Elevation L-1	47.34610889
Sun Azimuth L-1	43.68993409
Gap Phase Source	DE
Gap Phase Statistic	14.743074
Data Type Level-1	ETM_L1TP
Sensor Identifier	ETM
Ephemeris Type	DEFINITIVE
Panchromatic Lines	14061
Panchromatic Samples	15701
Reflective Lines	7031
Reflective Samples	7851
Thermal Lines	7031
Thermal Samples	7851
Map Projection Level-1	UTM

<b>Data Set Attribute</b>	<b>Attribute Value</b>
UTM Zone	49
Datum	WGS84
Ellipsoid	WGS84
Grid Cell Size Panchromatic	15.00
Grid Cell Size Reflective	30.00
Grid Cell Size Thermal	30.00
Calibration Parameter File	LE07CPF_20050401_2005063 0_01.02
Scan Gap Interpolation	2.0
Center Latitude	7°15'21.96"S
Center Longitude	113°02'28.32"E
UL Corner Lat	6°18'37.08"S
UL Corner Long	112°21'44.28"E
UR Corner Lat	6°33'25.92"S
UR Corner Long	114°04'17.04"E
LL Corner Lat	7°57'11.88"S
LL Corner Long	112°00'26.28"E
LR Corner Lat	8°12'04.32"S
LR Corner Long	113°43'23.88"E
Center Latitude dec	-7.25610
Center Longitude dec	113.04120
UL Corner Lat dec	-6.31030
UL Corner Long dec	112.36230
UR Corner Lat dec	-6.55720
UR Corner Long dec	114.07140
LL Corner Lat dec	-7.95330
LL Corner Long dec	112.00730
LR Corner Lat dec	-8.20120
LR Corner Long dec	113.72330

- *Raw data* Citra Satelit Landsat 7 ETM+ 30 Juli 2005



- Metadata Citra Satelit Landsat 7 ETM+ 30 Juli 2005

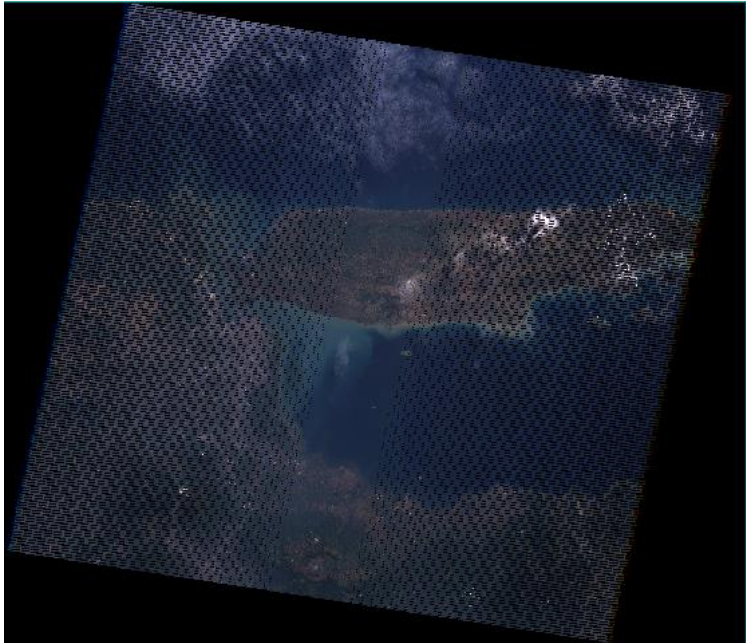
<b>Data Set Attribute</b>	<b>Attribute Value</b>
Landsat Product Identifier	LE07_L1TP_118065_20050730_20170113_01_T1
Landsat Scene Identifier	LE71180652005211DKI00
Acquisition Date	2005/07/30
Scan Line Corrector	OFF
Collection Category	T1
Collection Number	1
Sensor Mode	SAM
WRS Path	118
WRS Row	065

<b>Data Set Attribute</b>	<b>Attribute Value</b>
Date L-1 Generated	2017/01/13
Start Time	2005:211:02:24:56.4671875
Stop Time	2005:211:02:25:23.6698750
Station Identifier	DKI
Day/Night Indicator	Day
Land Cloud Cover	18.00
Scene Cloud Cover	31.00
Ground Control Points Model	78
Ground Control Points Version	4
Geometric RMSE Model (meters)	4.073
Geometric RMSE Model X	2.862
Geometric RMSE Model Y	2.898
Image Quality	9
Gain Change	N
Processing Software Version	LPGS_12.8.3
Full Partial Scene	FULL
Sun Elevation L-1	49.09066628
Sun Azimuth L-1	50.56444690
Gap Phase Source	DE
Gap Phase Statistic	5.461838
Data Type Level-1	ETM_L1TP
Sensor Identifier	ETM
Ephemeris Type	DEFINITIVE
Panchromatic Lines	14061
Panchromatic Samples	15721
Reflective Lines	7031
Reflective Samples	7861
Thermal Lines	7031
Thermal Samples	7861



<b>Data Set Attribute</b>	<b>Attribute Value</b>
Map Projection Level-1	UTM
UTM Zone	49
Datum	WGS84
Ellipsoid	WGS84
Grid Cell Size Panchromatic	15.00
Grid Cell Size Reflective	30.00
Grid Cell Size Thermal	30.00
Calibration Parameter File	LE07CPF_20050701_20050930 _01.02
Scan Gap Interpolation	2.0
Center Latitude	7°14'06.29"S
Center Longitude	113°04'59.77"E
UL Corner Lat	6°17'16.58"S
UL Corner Long	112°24'16.78"E
UR Corner Lat	6°32'08.38"S
UR Corner Long	114°06'52.24"E
LL Corner Lat	7°55'51.46"S
LL Corner Long	112°02'55.54"E
LR Corner Lat	8°10'46.67"S
LR Corner Long	113°45'56.12"E
Center Latitude dec	-7.23508
Center Longitude dec	113.08327
UL Corner Lat dec	-6.28794
UL Corner Long dec	112.40466
UR Corner Lat dec	-6.53566
UR Corner Long dec	114.11451
LL Corner Lat dec	-7.93096
LL Corner Long dec	112.04876
LR Corner Lat dec	-8.17963
LR Corner Long dec	113.76559

- *Raw data* Citra Satelit Landsat 7 ETM+ 24 Juni 2015



- Metadata Citra Satelit Landsat 7 ETM+ 24 Juni 2015

<b>Data Set Attribute</b>	<b>Attribute Value</b>
Landsat Product Identifier	LE07_L1TP_118065_20150624_20161024_01_T1
Landsat Scene Identifier	LE71180652015175EDC00
Acquisition Date	2015/06/24
Scan Line Corrector	OFF
Collection Category	T1
Collection Number	1
Sensor Mode	BUMPER
WRS Path	118
WRS Row	065

<b>Data Set Attribute</b>	<b>Attribute Value</b>
Date L-1 Generated	2016/10/24
Start Time	2015:175:02:35:08.7368750
Stop Time	2015:175:02:35:35.4909374
Station Identifier	EDC
Day/Night Indicator	Day
Land Cloud Cover	1.00
Scene Cloud Cover	8.00
Ground Control Points Model	78
Ground Control Points Version	4
Geometric RMSE Model (meters)	4.115
Geometric RMSE Model X	2.704
Geometric RMSE Model Y	3.102
Image Quality	9
Gain Change	N
Processing Software Version	LPGS_12.8.2
Full Partial Scene	FULL
Sun Elevation L-1	48.51398756
Sun Azimuth L-1	41.55921480
Gap Phase Source	DE
Gap Phase Statistic	-15.434237
Data Type Level-1	ETM_L1TP
Sensor Identifier	ETM
Ephemeris Type	DEFINITIVE
Panchromatic Lines	14001
Panchromatic Samples	16161
Reflective Lines	7001
Reflective Samples	8081
Thermal Lines	7001
Thermal Samples	8081

<b>Data Set Attribute</b>	<b>Attribute Value</b>
Map Projection Level-1	UTM
UTM Zone	49
Datum	WGS84
Ellipsoid	WGS84
Grid Cell Size Panchromatic	15.00
Grid Cell Size Reflective	30.00
Grid Cell Size Thermal	30.00
Calibration Parameter File	LE07CPF_20150401_2015063 0_01.02
Scan Gap Interpolation	2.0
Center Latitude	7°14'07.22"S
Center Longitude	113°07'20.06"E
UL Corner Lat	6°18'00.11"S
UL Corner Long	112°26'28.97"E
UR Corner Lat	6°32'52.26"S
UR Corner Long	114°09'03.74"E
LL Corner Lat	7°54'58.14"S
LL Corner Long	112°05'26.84"E
LR Corner Lat	8°09'53.89"S
LR Corner Long	113°48'26.28"E
Center Latitude dec	-7.23534
Center Longitude dec	113.12224
UL Corner Lat dec	-6.30003
UL Corner Long dec	112.44138
UR Corner Lat dec	-6.54785
UR Corner Long dec	114.15104
LL Corner Lat dec	-7.91615
LL Corner Long dec	112.09079
LR Corner Lat dec	-8.16497
LR Corner Long dec	113.80730

- *Raw data* Citra Satelit Landsat 7 ETM+ 26 Juli 2015



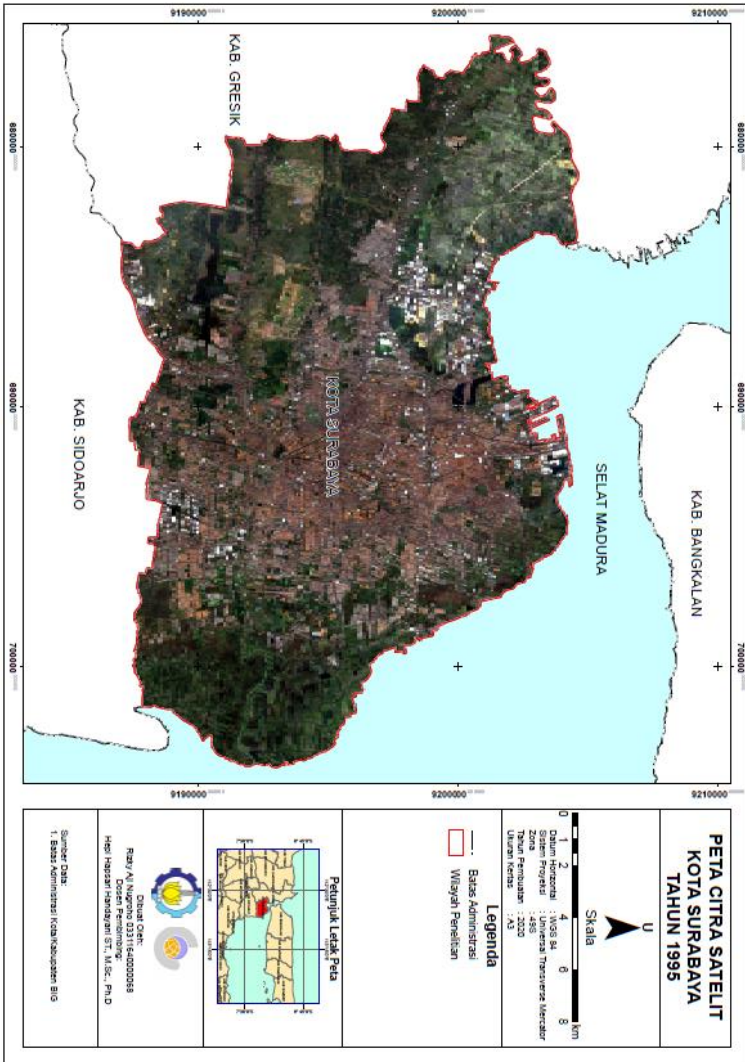
- Metadata Citra Satelit Landsat 7 ETM+ 26 Juli 2015

<b>Data Set Attribute</b>	<b>Attribute Value</b>
Landsat Product Identifier	LE07_L1TP_118065_20150726_20161024_01_T1
Landsat Scene Identifier	LE71180652015207EDC00
Acquisition Date	2015/07/26
Scan Line Corrector	OFF
Collection Category	T1
Collection Number	1
Sensor Mode	BUMPER
WRS Path	118
WRS Row	065
Date L-1 Generated	2016/10/24
Start Time	2015:207:02:35:17.7909375

<b>Data Set Attribute</b>	<b>Attribute Value</b>
Stop Time	2015:207:02:35:44.5449999
Station Identifier	EDC
Day/Night Indicator	Day
Land Cloud Cover	6.00
Scene Cloud Cover	5.00
Ground Control Points Model	51
Ground Control Points Version	4
Geometric RMSE Model (meters)	4.811
Geometric RMSE Model X	3.376
Geometric RMSE Model Y	3.428
Image Quality	9
Gain Change	N
Processing Software Version	LPGS_12.8.2
Full Partial Scene	FULL
Sun Elevation L-1	50.39945284
Sun Azimuth L-1	46.99909007
Gap Phase Source	DE
Gap Phase Statistic	-1.159568
Data Type Level-1	ETM_L1TP
Sensor Identifier	ETM
Ephemeris Type	DEFINITIVE
Panchromatic Lines	14001
Panchromatic Samples	16161
Reflective Lines	7001
Reflective Samples	8081
Thermal Lines	7001
Thermal Samples	8081
Map Projection Level-1	UTM
UTM Zone	49

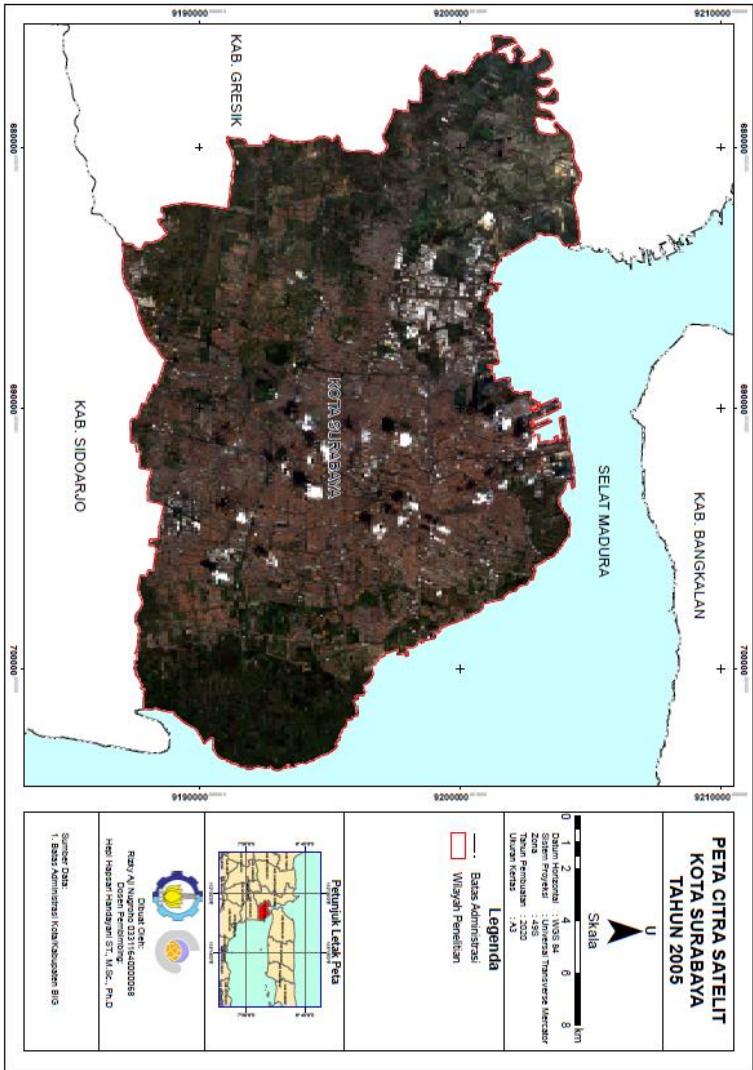
<b>Data Set Attribute</b>	<b>Attribute Value</b>
Datum	WGS84
Ellipsoid	WGS84
Grid Cell Size Panchromatic	15.00
Grid Cell Size Reflective	30.00
Grid Cell Size Thermal	30.00
Calibration Parameter File	LE07CPF_20150701_2015093 0_01.02
Scan Gap Interpolation	2.0
Center Latitude	7°14'06.79"S
Center Longitude	113°06'57.17"E
UL Corner Lat	6°18'14.44"S
UL Corner Long	112°26'01.61"E
UR Corner Lat	6°33'06.34"S
UR Corner Long	114°08'36.71"E
LL Corner Lat	7°55'13.12"S
LL Corner Long	112°05'02.44"E
LR Corner Lat	8°10'08.94"S
LR Corner Long	113°48'02.20"E
Center Latitude dec	-7.23522
Center Longitude dec	113.11588
UL Corner Lat dec	-6.30401
UL Corner Long dec	112.43378
UR Corner Lat dec	-6.55176
UR Corner Long dec	114.14353
LL Corner Lat dec	-7.92031
LL Corner Long dec	112.08401
LR Corner Lat dec	-8.16915
LR Corner Long dec	113.80061

- Peta Citra Satelit Tahun 1995

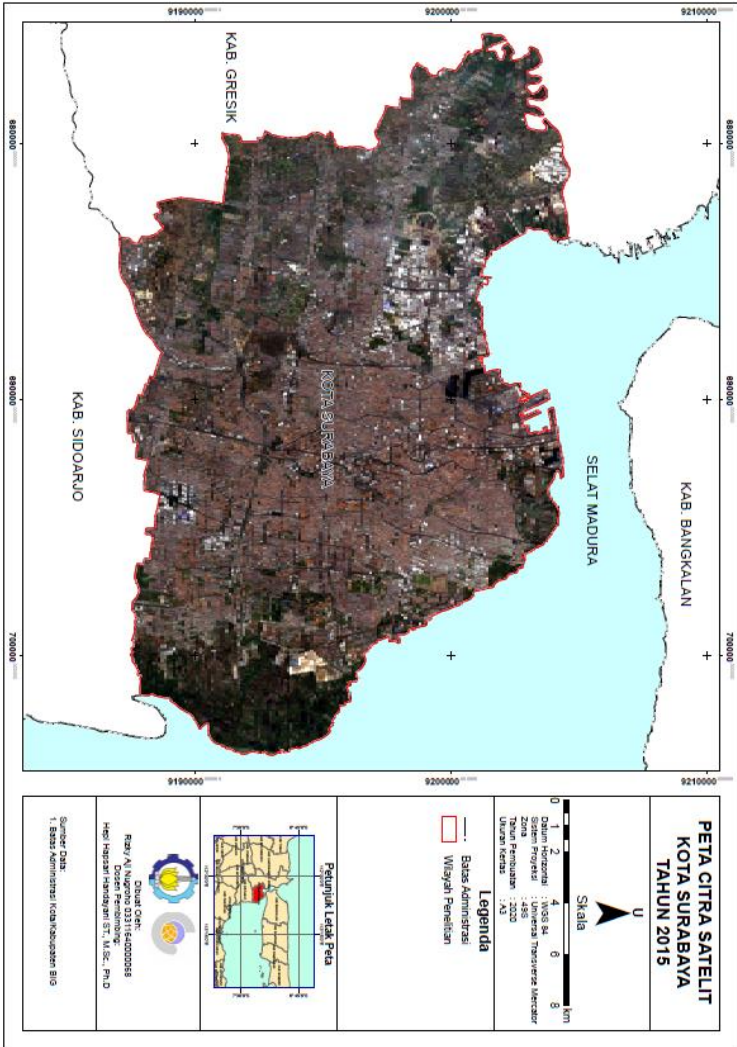




- Peta Citra Satelit Tahun 2005

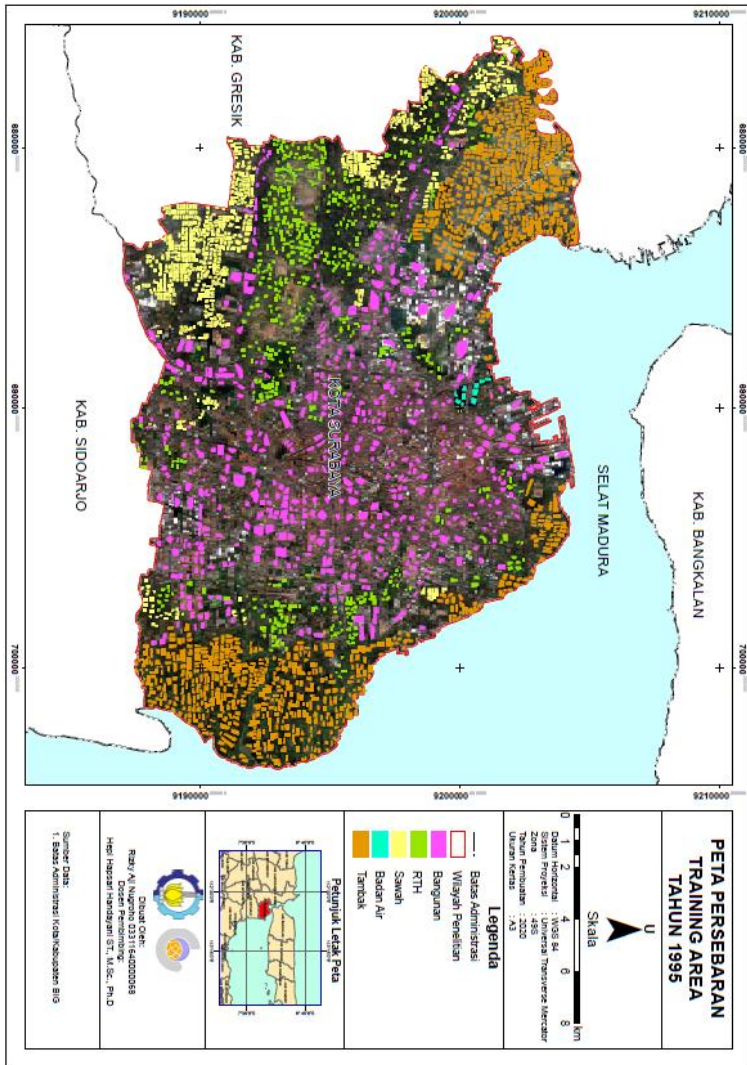


- Peta Citra Satelit Tahun 2015

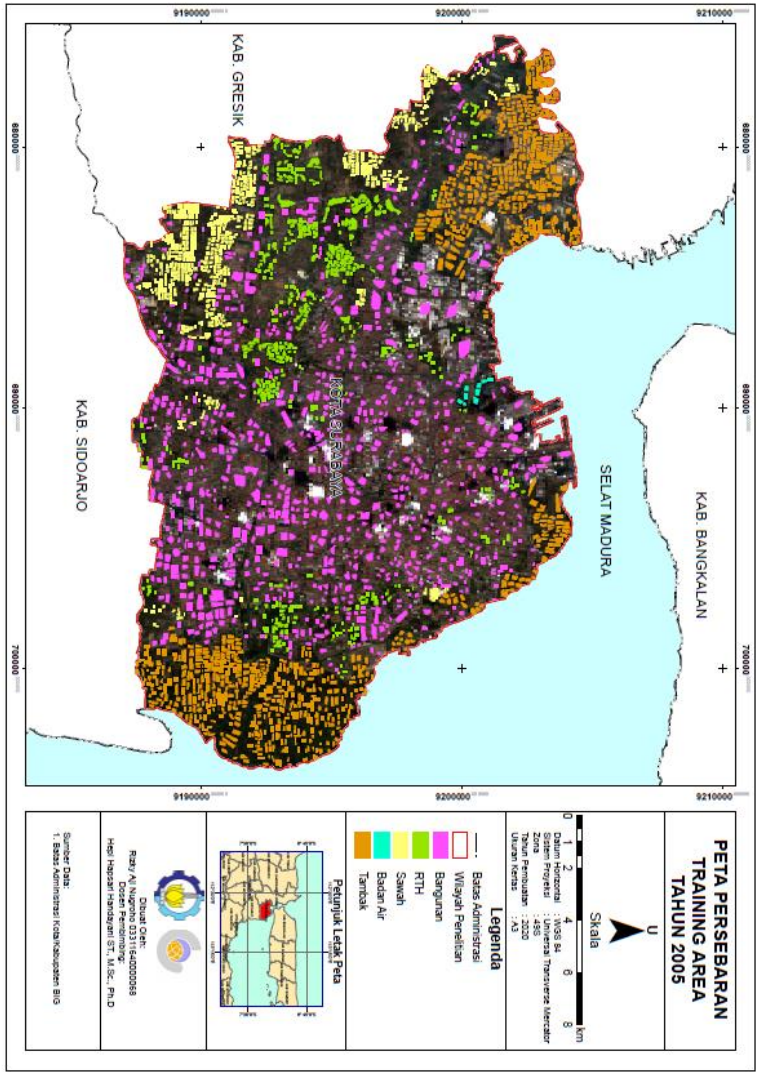


Lampiran 2. Persebaran *Training Area*

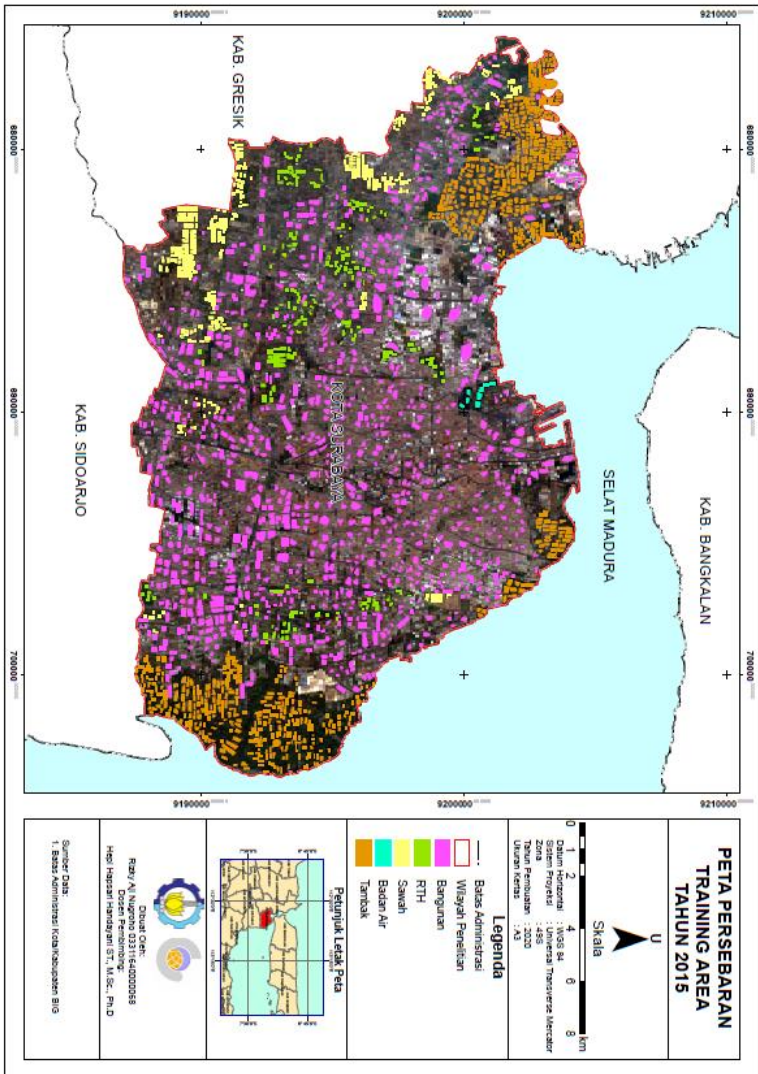
- Peta persebaran *training area* tahun 1995



- Peta persebaran *training area* tahun 2005



- Peta persebaran *training area* tahun 2015





## Lampiran 3. Matriks Konfusi

- Matriks Konfusi Tutupan Lahan Tahun 1995

Klasifikasi	Hasil Validasi					Total	Omisi	Producer Accuracy(%)
	Bangunan	RTH	Sawah	Badan Air	Tambak			
Bangunan	42	0	0	0	0	42	0	100.00
RTH	6	46	3	4	5	64	18	71.88
Sawah	2	2	44	0	0	48	4	91.67
Badan Air	0	0	0	45	0	45	0	100.00
Tambak	0	2	3	1	45	51	6	88.24
Total/KH	50	50	50	50	50	250	28	88.80
Komisi	8	4	6	5	5	28		
User Accuracy(%)	84.00	92.00	88.00	90.00	90.00			
<i>Kappa Accuracy(%)</i>			86.00		<i>Overall Accuracy(%)</i>			88.80

- Matriks Konfusi Tutupan Lahan Tahun 2005

Klasifikasi	Hasil Validasi					Total	Omisi	Producer Accuracy(%)
	Bangunan	RTH	Sawah	Badan Air	Tambak			
Bangunan	49	0	1	2	2	54	5	90.74
RTH	0	48	1	0	4	53	5	90.57
Sawah	1	2	47	0	3	53	6	88.68
Badan Air	0	0	0	48	0	48	0	100.00
Tambak	0	0	1	0	41	42	1	97.62
Total/KH	50	50	50	50	50	250	17	93.20
Komisi	1	2	3	2	9	17		
User Accuracy(%)	98.00	96.00	94.00	96.00	82.00			
<i>Kappa Accuracy(%)</i>			91.50		<i>Overall Accuracy(%)</i>			93.20

- Matriks Konfusi Tutupan Lahan Tahun 2015

Klasifikasi	Hasil Validasi					Total	Omisi	Producer Accuracy(%)
	Bangunan	RTH	Sawah	Badan Air	Tambak			
Bangunan	49	2	1	4	1	57	8	85.96
RTH	0	46	1	1	2	50	4	92.00
Sawah	1	2	46	0	2	51	5	90.20
Badan Air	0	0	0	42	0	42	0	100.00
Tambak	0	0	2	3	45	50	5	90.00
Total/KH	50	50	50	50	50	250	22	91.20
Komisi	1	4	4	8	5	22		
User Accuracy(%)	98.00	92.00	92.00	84.00	90.00			
<i>Kappa Accuracy(%)</i>			89.00		<i>Overall Accuracy(%)</i>			91.20

## BIODATA PENULIS



**Rizky Aji Nugroho.** Penulis lahir di Kabupaten Blitar, 14 September 1997. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Tawangsari 2 Blitar (2004 – 2010), SMP Negeri 3 Blitar (2010-2013), SMA Negeri 1 Blitar (2013-2016). Pada tahun 2016, penulis menjadi mahasiswa di Departemen Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai kegiatan dan organisasi. Penulis pernah tergabung dalam UKM Penalaran dan menjadi staff Departemen Keprofesian dan Keilmiahian Himpunan Mahasiswa Teknik Geomatika. Penulis juga mengikuti beberapa pelatihan, diantaranya LKMM Pra TD, Pelatihan Karya Tulis Ilmiah (PKTI), pelatihan peneliti muda, dan sebagainya. Penulis juga aktif dalam berbagai kepanitiaan dan pernah menjadi ketua dalam *Fieldcamp* dan Survey Hidrografi 2019. Penulis pernah melakukan magang di Badan Pertanahan Nasional Kabupaten OKU dan kerja praktik di Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Pada penelitian tugas akhir, penulis memilih bidang Geospasial dengan judul “Prediksi Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Metode Markov Chain dari Data Citra Satelit Landsat (Studi Kasus: Kota Surabaya)”.