



**MODEL PERTUMBUHAN KOTA MALANG MENGGUNAKAN
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BERBASIS CITRA SATELIT
MULTITEMPORAL**

TESIS

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Magister Teknik



AGUNG BAYU NUGROHO

NIM. 146060100111023

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG**

2018



**MODEL PERTUMBUHAN KOTA MALANG MENGGUNAKAN
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BERBASIS CITRA SATELIT
MULTITEMPORAL**

TESIS

MAGISTER TEKNIK SIPIL

MINAT PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Magister Teknik



AGUNG BAYU NUGROHO

NIM. 146060100111023

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**



TESIS
MODEL PERTUMBUHAN KOTA MALANG MENGGUNAKAN
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BERBASIS CITRA SATELIT
MULTITEMPORAL

AGUNG BAYU NUGROHO
NIM. 146060100111023

telah dipertahankan di depan komisi penguji
pada tanggal 29 November 2018
dinyatakan telah memenuhi syarat
untuk memperoleh gelar Magister Teknik

Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Abdul Wahid Hasyim, MSP
NIP. 19651218 199412 1 001

Dr. Eng. Fadly Usman, ST., MT
NIP. 19760514 200212 1 002

Malang, Desember 2018

Universitas Brawijaya
Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil
Ketua Program Magister Teknik Sipil

Ari Wibowo, ST., MT., Ph.D
NIP. 19740619 200012 1 002

**LEMBAR IDENTITAS TIM PENGUJI TESIS**

JUDUL TESIS :

**MODEL PERTUMBUHAN KOTA MALANG MENGGUNAKAN
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BERBASIS CITRA SATELIT
MULTITEMPORAL**

Nama Mahasiswa : Agung Bayu Nugroho

NIM : 146060100111023

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Perencanaan Wilayah dan Kota

KOMISI PEMBIMBING

Ketua : Dr. Ir. Abdul Wahid Hasyim, MSP

Anggota : Dr. Eng. Fadly Usman, ST., MT

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Dr. Ir. Surjono MTP.

Dosen Penguji 2 : Dr. Eng. I Nyoman Suluh Wijaya ST., MT.

Tanggal ujian : 29 November 2018

SK Penguji : No. 2691 Tahun 2018

PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Tesis ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Tesis dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70)

Malang, 26 Desember 2018

Mahasiswa,

Agung Bayu Nugroho
NIM 146060100111023





Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ari Wibowo, ST.,MT.,Ph.D, selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang
2. Dr. Ir. Abdul Wahid Hasyim, MSP, selaku Ketua Komisi Pembimbing
3. Dr. Eng. Fadly Usman, ST., MT, selaku Pembimbing
4. Dr. Ir. Surjono MTP. dan Dr. Eng. I Nyoman Suluh Wijaya ST. MT. selaku dosen penguji dalam memberikan masukan untuk penyelesaian tesis ini.
5. Teman-teman dan Saudara seperjuangan yang menuntut ilmu di pascasarjana 2014 yang selalu memberikan semangat dan motivasi.
6. Sujud dan terima kasih yang dalam penulis persembahkan kepada Ibunda dan Ayahanda tercinta, atas dorongan yang kuat, kebijaksanaan dan do'a

Kepada semua pihak yang telah membantu dalam memberikan kritik maupun saran atas penyempurnaan tesis ini. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi dunia akademisi maupun para praktisi.

Malang, Desember 2018

Penulis



RIWAYAT HIDUP

Agung Bayu Nugroho, 26 Juli 1998 anak dari Moh. Ihsan Widodo dan Sri Rahayu, SD di Kota Malang yaitu SDN Mojolangu I, SMP dan SMA juga di Kota Malang, masing-masing di SMPN I Malang dan SMAN 8 Malang. Lulus program sarjana teknik perencanaan wilayah dan kota Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2013.

Malang, Desember 2018

Penulis

RINGKASAN

Agung Bayu Nugroho, Program Magistek Fakultas Teknik Minat Perencanaan Wilayah dan Kota, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya, Desember 2018. Model Pertumbuhan Kota Malang Menggunakan Artificial Neural Network Berbasis Citra Satelit Multitemporal. Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Abdul Wahid Hasyim, MSP dan Dr. Eng. Fadly Usman, ST., MT'

Pada penelitian ini, prediksi pertumbuhan kota disimulasikan dengan menggunakan model *Artificial Neural Network* (ANN) menggunakan MOLUSCE yang merupakan *plugin* dari QGIS. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pertumbuhan di Kota Malang dalam rentang waktu 24 tahun dan juga memprediksi pertumbuhan kota dengan model ANN pada tahun 2027. Tutupan lahan didapatkan dari data penginderaan jauh yang didapat dari citra Landsat ETM+ dan OLI secara berturut-turut. Secara keseluruhan hasil klasifikasi dan koefisien dari keseluruhan peta hasil klasifikasi memiliki nilai lebih dari 85% dan kappa 0.76. Berdasarkan hasil simulasi, sebanyak 1049.58 ha dari kategori tutupan lahan vegetasi dan 241.29 dari lahan terbuka mengalami transisi menjadi lahan terbangun pada tahun 2027. Lahan terbangun mengalami peningkatan sebesar 11.79% dari 2015 hingga 2027. Pada tahun 2027, Lahan terbangun akan memenuhi wilayah kota hingga sebesar 73.21% dari keseluruhan wilayah kota. Keadaan ini menunjukkan adanya tren peningkatan lahan terbangun dari tahun 2003 hingga 2027 yang merupakan hasil simulasi. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa model pertumbuhan kota menggunakan ANN dapat dijadikan sebuah opsi pertimbangan untuk perubahan-perubahan di masa mendatang berdasarkan faktor-faktor terdahulu dan sekarang.

Kata kunci : pertumbuhan kota, artificial neural network, tutupan lahan, lahan terbangun, MOLUSCE



SUMMARY

Agung Bayu Nugroho, *Master Degree of Civil Engineering Department Interest of Urban and Regional Planning, Universitas Brawijaya, December 2018. Urban Growth Modelling of Malang City using Artificial Neural Network Based on Multi-temporal Remote Sensing. Academic Supervisor : Dr. Ir. Abdul Wahid Hasyim, MSP and Dr. Eng. Fadly Usman, ST., MT*

In this study, the prediction of urban growth was simulated by Artificial Neural Network (ANN) model using MOLUSCE, plugin of QGIS. Objectives of this study is to illustrate the urban growth in Malang City over time span of 24 years and also to predict the future of urban growth using ANN model for the year 2027. Land cover maps were extracted for 2003, 2009 and 2015 via remote sensing images from Landsat ETM+ and OLI, respectively. The overall classification accuracy and kappa coefficient for all classified maps were over 85% and 0.76, respectively. According to the simulation result, 1049.58 ha of vegetation and 241.29 ha of bare land in 2015 would experience a transition to built-up areas in 2027. Then, the built-up areas would experience an increase by 11.79% from 2015 to 2027. In 2027, the built up areas would covered the city by 73.21% of the city area. There was a trend in increasing of built-up areas during the period 2003 to 2027. Overall, the result shows that urban growth models by using ANN model can be a considerable option for future changes according to past and current factors.

Keywords: urban growth, artificial neural network, land cover, built-up areas, MOLUSCE

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan karunia rahmatnya kepada kota. Tidak akan pernah selesai tesis jika tanpa pertolongan dari Allah SWT dengan segala kebesarannya. Salam dan shalawat juga tidak lupa dihaturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW atas suri tauladannya. Dengan selesainya tesis ini, menjadi salah satu pertanda, telah banyak rintangan dan waktu yang telah dilewati hingga menjadi pembelajaran yang nyata bagi peneliti

Dengan ini, peneliti sampaikan ucapan terimakasih kepada Bapak Dr. Ir. Abdul Wahid Hasyim MSP. dan Bapak Dr. Eng Fadly Usman ST,MT. yang telah sabar dan terus membantu baik waktu, pikiran dan tenaganya dalam membimbing peneliti dalam proses penyusunan tesis dengan judul "Model Pertumbuhan Kota Malang Menggunakan Artificial Neural Network Berbasis Citra Satelit Multitemporal". Kemudian tidak lupa peneliti ucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang terlibat/membantu di mana penulis tidak dapat menuliskannya satu-persatu di sini.

Tesis yang telah selesai diharapkan dapat menjadi karya ilmiah yang bermanfaat bagi semua kalangan yang terlibat dan berpengaruh di dalamnya dan menjawab permasalahan utamanya terkait dengan pejalan kaki. Saran dan kritik tentunya menambah wawasan ilmu pengetahuan yang berguna bagi peneliti maupun yang menggunakan karangan ilmiah ini.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Malang, Desember 2018

Peneliti



**DAFTAR ISI**

Halaman

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Rumusan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup Pembahasan.....	4
1.5.1 Lingkup Wilayah.....	4
1.5.2 Lingkup Materi.....	4
1.6 Manfaat.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pertumbuhan Kota dan Penginderaan Jauh.....	8
2.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Perkembangan Pertumbuhan Kota.....	9
2.3 Penelitian-penelitian Terkait dengan Model Pertumbuhan Kota.....	9
2.3.1 Kategori Tutupan Lahan.....	11
2.3.2 Target Waktu Simulasi Pada Model Pertumbuhan Kota.....	12
2.3.3 Variabel-variabel Spasial Terkait Pertumbuhan Kota.....	13
2.4 Pemilihan Data Penginderaan Jauh.....	18
2.5 Pengolahan Awal Citra.....	18
2.6 Klasifikasi dan Penilaian Akurasi.....	20
2.6.1 Penentuan Data Pelatihan (<i>training</i>).....	20
2.6.2 Penilaian Akurasi (<i>accuracy assessment</i>).....	21
2.7 Deteksi Perubahan.....	23
2.8 Model dan Simulasi Dengan Artificial Neural Network (ANN).....	24
2.8.1 Definisi <i>Artificial Neural Network</i> (ANN).....	25
2.8.2 MOLUSCE.....	25
2.8.3 Input Data Untuk Simulasi Model.....	26



2.8.4	Pemodelan dan Parameter-parameternya	27
2.8.5	Model <i>Artificial Neural Network</i>	30
2.8.6	Simulasi Model dengan <i>Cellular Automata</i>	31
2.8.7	Validasi Model	31
2.9	Studi Terdahulu	33
BAB III KERANGKA KONSEP PENELITIAN		
3.1	Kerangka Pemikiran	36
3.2	Hipotesis	37
3.3	Definisi Operasional	38
BAB IV METODE PENELITIAN		
4.1	Diagram Penelitian	39
4.2	Penentuan Variabel Penelitian	40
4.3	Metode Pengumpulan Data	40
4.4	Metode Analisis	41
4.4.1	Mengetahui Sebaran Tutupan Lahan	41
4.4.2	Simulasi Model Pertumbuhan Kota	44
4.5	Desain Survei	59
BAB V PEMBAHASAN		
5.1	Data Awal Citra Satelit	61
5.2	Klasifikasi Data Citra	61
5.2.1	Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan Tahun 2003, 2009 dan 2015	61
5.2.2	Penilaian Akurasi Tutupan Lahan Tahun 2003, 2009 dan 2015 Hasil Klasifikasi	66
5.3	Observasi Perubahan Sebaran Tutupan Lahan di Kota Malang	68
5.3.1	Perubahan Tutupan Lahan di Kota Malang Antara Tahun 2003, 2009 dan 2015	68
5.3.2	Perubahan Tutupan Lahan dalam Lingkup Kecamatan di Kota Malang Tahun 2003-2009	71
5.3.3	Perubahan Tutupan Lahan Dalam Lingkup Kecamatan di Kota Malang Tahun 2009-2015	76
5.3.4	Perubahan Tutupan Lahan pada Tiap Kecamatan di Kota Malang Antara Tahun 2003, 2009 dan 2015	80
5.4	Simulasi Pertumbuhan Kota dengan Model <i>Artificial Neural Network</i> (ANN)	85
5.4.1	Input Data untuk Simulasi Model ANN Untuk Validasi	85



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Penelitian-penelitian Terkait Dengan Model Pertumbuhan Kota	9
Tabel 2.2	Kategori Tutupan Lahan pada Beberapa Penelitian.....	11
Tabel 2.3	Variabel-variabel Spasial Terkait Pertumbuhan Kota	14
Tabel 2.4	Variabel Spasial Kelerangan.....	15
Tabel 2.5	Variabel Spasial Jarak dari Sungai	15
Tabel 2.6	Variabel Spasial Jarak dari Lahan Terbangun (eksisting)	16
Tabel 2.7	Variabel Spasial Jarak dari Jalan Utama.....	17
Tabel 2.8	Perbandingan <i>Spectral Band</i> dari Landsat 7 dan 8.	18
Tabel 2.9	Kategori Tutupan Lahan	20
Tabel 2.10	Indeks kappa	22
Tabel 2.11	Beberapa Penelitian yang Menggunakan <i>Google Earth</i> untuk Klasifikasi Tutupan Lahan	22
Tabel 2.12	Matriks Kesalahan	23
Tabel 2.13	Salah Satu Bentuk Tabel Matriks Transisi Perubahan Tutupan Lahan Antara Waktu t1 dan t2 (luas di km2).	24
Tabel 2.14	Modul-modul yang Terdapat di MOLUSCE.....	26
Tabel 2.15	Contoh <i>Dummy Coding</i>	27
Tabel 2.16	Contoh Hitungan Dalam Nilai Data Output Dalam ANN	28
Tabel 2.17	Contoh Output Dalam Perhitungan dengan Rumus ANN	28
Tabel 2.18	Nilai Validasi Model untuk Simulasi Untuk Tahun Referensi dengan Kondisi Eksisting.....	32
Tabel 4.1	Variabel-variabel Penelitian.....	40
Tabel 4.2	Instansi dan Data-data yang Dibutuhkan	40
Tabel 4.3	Variabel-variabel Spasial yang Digunakan Untuk Simulasi.....	45
Tabel 4.4	Jumlah Sampel per unit Kecamatan Untuk Pemodelan.....	48
Tabel 4.5	Skenario Awal Simulasi Untuk Validasi Dengan Model <i>Artificial Neural Network</i>	50
Tabel 4.6	Alur <i>Forwardpropagation</i>	51
Tabel 4.7	Alur <i>Backwardpropagation</i>	51
Tabel 4.8	Dasar Acuan Untuk Transformasi Output Tutupan Lahan Dengan ANN.....	54
Tabel 5.1	Penilaian Akurasi Tutupan Lahan Tahun 2003.....	66



Tabel 5.2	Penilaian Akurasi Tutupan Lahan Tahun 2009.....	66
Tabel 5.3	Penilaian Akurasi Tutupan Lahan Tahun 2015.....	68
Tabel 5.4	Penilaian Akurasi dan Nilai Kappa Tutupan Lahan Tahun 2003, 2009 dan 2015.....	68
Tabel 5.5	Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kota Malang Tahun 2003-2009.....	70
Tabel 5.6	Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kota Malang Tahun 2009-2015.....	70
Tabel 5.7	<i>Post-classification matrix</i> tutupan lahan Kota Malang tahun 2003-2009 (dalam ha)	71
Tabel 5.8	<i>Post-classification matrix</i> tutupan lahan Kota Malang tahun 2009-2015 (dalam ha)	71
Tabel 5.9	Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Lowokwaru Kota Malang Tahun 2003-2009	72
Tabel 5.10	Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Blimbing Kota Malang Tahun 2003-2009	72
Tabel 5.11	Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Klojen Kota Malang Tahun 2003-2009	73
Tabel 5.12	Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Sukun Kota Malang Tahun 2003-2009	73
Tabel 5.13	Statistik Perubahan Tutupan Lahan Tahun Kecamatan Kedungkandang Kota Malang Tahun 2003-2009	73
Tabel 5.14	<i>Post-classification Matrix</i> Tutupan Lahan Kecamatan Lowokwaru Kota Malang Tahun 2003-2009 (dalam ha).....	74
Tabel 5.15	<i>Post-classification Matrix</i> Tutupan Lahan Kecamatan Blimbing Kota Malang Tahun 2003-2009 (dalam ha).....	74
Tabel 5.16	<i>Post-classification Matrix</i> Tutupan Lahan Kecamatan Klojen Kota Malang Tahun 2003-2009 (dalam ha).....	75
Tabel 5.17	<i>Post-classification Matrix</i> Tutupan Lahan Kecamatan Sukun Kota Malang Tahun 2003-2009 (dalam ha).....	75
Tabel 5.18	<i>Post-classification Matrix</i> Tutupan Lahan Kecamatan Kedungkandang Kota Malang Tahun 2003-2009 (dalam ha).....	75
Tabel 5.19	Statistik Perubahan Tutupan Lahan Tahun Kecamatan Lowokwaru Kota Malang Tahun 2009-2015	77
Tabel 5.20	Statistik Perubahan Tutupan Lahan Tahun Kecamatan Blimbing Kota Malang Tahun 2009-2015	77



Tabel 5.21	Statistik Perubahan Tutupan Lahan Tahun Kecamatan Klojen Kota Malang Tahun 2009-2015	77
Tabel 5.22	Statistik Perubahan Tutupan Lahan Tahun Kecamatan Sukun Kota Malang Tahun 2009-2015	77
Tabel 5.23	Statistik Perubahan Tutupan Lahan Tahun Kecamatan Kedungkandang Kota Malang Tahun 2009-2015	78
Tabel 5.24	<i>Post-classification Matrix</i> Tutupan Lahan Kecamatan Lowokwaru Kota Malang Tahun 2009-2015 (dalam ha).....	79
Tabel 5.25	<i>Post-classification Matrix</i> Tutupan Lahan Kecamatan Blimbing Kota Malang Tahun 2009-2015 (dalam ha)	79
Tabel 5.26	<i>Post-classification Matrix</i> Tutupan Lahan Kecamatan Klojen Kota Malang Tahun 2009-2015 (dalam ha).....	79
Tabel 5.27	<i>Post-classification Matrix</i> Tutupan Lahan Kecamatan Sukun Kota Malang Tahun 2009-2015 (dalam ha)	80
Tabel 5.28	<i>Post-classification Matrix</i> Tutupan Lahan Kecamatan Kedungkandang Kota Malang Tahun 2009-2015 (dalam ha).....	80
Tabel.5.29	Kondisi Eksisting Input Variabel Spasial Jarak dari Jalan	85
Tabel 5.30	Kondisi Eksisting Input Variabel Spasial Jarak dari Lahan Terbangun Tahun 2009.....	86
Tabel 5.31	Kondisi Eksisting Input Variabel Spasial Kelerengan Tahun 2009.....	87
Tabel.5.32	Eksperimen Simulasi Tutupan Lahan Kecamatan Blimbing Tahun 2015....	104
Tabel.5.33	Eksperimen Simulasi Tutupan Lahan Kecamatan Lowokwaru Tahun 2015.....	105
Tabel.5.34	Eksperimen Simulasi Tutupan Lahan Kecamatan Klojen Tahun 2015.....	106
Tabel.5.35	Eksperimen Simulasi Tutupan Lahan Kecamatan Sukun Tahun 2015.....	107
Tabel.5.36	Eksperimen Simulasi Tutupan Lahan Kecamatan Kedungkandang Tahun 2015.....	108
Tabel 5.37	Hasil Validasi Model Dengan Kappa dari Simulasi Tahun 2015	119
Tabel 5.38	Kondisi Eksisting Input Variabel Spasial Jarak dari Lahan Terbangun Tahun 2015.....	122
Tabel 5.39	Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kota Malang Tahun 2015-2027.....	124
Tabel 5.40	<i>Post-classification Matrix</i> Tutupan Lahan Kota Malang Tahun 2015-2027 (dalam ha)	124



Tabel 5.41	Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Lowokwaru Kota Malang Tahun 2015-2027	125
Tabel 5.42	Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Blimbing Kota Malang Tahun 2015-2027	125
Tabel 5.43	Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Klojen Kota Malang Tahun 2015-2027	126
Tabel 5.44	Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Sukun Kota Malang Tahun 2015-2027	126
Tabel 5.45	Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Kedungkandang Kota Malang Tahun 2015-2027	126
Tabel 5.46	<i>Post-classification Matrix</i> Tutupan Lahan Kecamatan Lowokwaru Kota Malang Tahun 2015-2027 (dalam ha).....	127
Tabel 5.47	<i>Post-classification Matrix</i> Tutupan Lahan Kecamatan Blimbing Kota Malang Tahun 2015-2027 (dalam ha).....	127
Tabel 5.48	<i>Post-classification Matrix</i> Tutupan Lahan Kecamatan Klojen Kota Malang Tahun 2015-2027 (dalam ha).....	128
Tabel 5.49	<i>Post-classification Matrix</i> Tutupan Lahan Kecamatan Sukun Kota Malang Tahun 2015-2027 (dalam ha).....	128
Tabel 5.50	<i>Post-classification Matrix</i> Tutupan Lahan Kecamatan Kedungkandang Kota Malang Tahun 2015-2027 (dalam ha).....	128
Tabel 5.51	Perbandingan Luasan Rencana Guna Lahan Lategori PPJMFUI Tahun 2030 (RTRW) dan Lahan Terbangun Hasil Simulasi Tahun 2027.....	134
Tabel 5.52	Relevansi Perbandingan Luasan Rencana Guna Lahan kategori PPJFMUI tahun 2030 dan Lahan Terbangun Hasil Simulasi tahun 2027 dengan Kebijakan Perencanaan (RTRW Kota Malang).....	135
Tabel 5.53	Hasil Komparasi Antara Peta Lahan Terbangun 2027 dan Rencana Tutupan Lahan Tahun 2030 untuk Kategori PPJMFUI terhadap Variabel-variabel Spasial.....	137
Tabel 5.54	Rekomendasi Hasil Penelitian	139



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 1.1	Peta Wilayah Studi	6
Gambar 2.1	Metodologi Dalam Mensimulasikan Model Pertumbuhan Kota	8
Gambar 2.2	Pertumbuhan Perkotaan di Wilayah Metropolitan Kairo dengan Peta Eksisting Tahun 1984,2003, 2014 dan Peta Hasil Simulasi Tahun 2024 ...	11
Gambar 2.3	Rentang Waktu Data Input untuk Simulasi Model Pertumbuhan Kota.....	13
Gambar 2.4	Variabel-variabel Spasial yang Digunakan Dalam Penelitian.....	14
Gambar 2.5	Rumus <i>Fuzzy Set Membership</i> dengan Fungsi <i>Sigmoid</i>	16
Gambar 2.6	Rumus <i>Euclidian Distance</i>	17
Gambar 2.7	Rumus <i>Multinomial Distribution</i>	21
Gambar 2.8	Rumus Kappa untuk Penilaian Akurasi Tutupan Lahan	22
Gambar 2.9	Contoh Perubahan Tutupan Lahan Antara Tahun 1989 dan 2002 (a) dan Antara tahun 2002 dan 2015 (b) di Assasuni Upazila.....	24
Gambar 2.10	Rumus Normalisasi Variabel-variabel Spasial	27
Gambar 2.11	Contoh Nilai Dummy Coding Menggunakan Empat Kategori Tutupan Lahan dengan n=1.	27
Gambar 2.12	Rumus Jumlah Neuron Hidden Layer untuk Satu Hidden Layer.....	29
Gambar 2.13	Diagram <i>Artificial Neural Network</i>	30
Gambar 2.14	Rumus dari <i>Forward Propagation</i>	30
Gambar 2.15	Rumus <i>Backpropagation</i>	30
Gambar 2.16	Rumus Cohen Kappa.....	32
Gambar 2.17	Contoh Bentuk Komparasi Tutupan Lahan Eksisting dan Hasil Simulasi Tahun 2006 di Setubal & Sesimbra dengan Nilai Kappa 0.83.....	32
Gambar 2.18	Contoh Hasil Simulasi Akhir Tahun 2020 di Setubal & Sesimbra	32
Gambar 3.1	Diagram Kerangka Pemikiran	36
Gambar 4.1	Diagram Alir Penelitian.....	39
Gambar 4.2	Diagram Pengolahan Awal dan Pemrosesan Data Citra	41
Gambar 4.3	Tahapan Dalam Penilaian Akurasi Tutupan Lahan.....	43
Gambar 4.4	Penghitungan target tahun simulasi dalam MOLUSCE.....	45
Gambar 4.5	Perbandingan Pola Tahun untuk Simulasi Model Pertumbuhan Kota dari Parsa & Salehi (2016) (no 1) dan Studi yang Dilakukan (no 2).....	45



Gambar 4.6	Jumlah Neuron Dalam Satu <i>Hidden Layer</i> Dengan <i>Neighborhood</i> Bernilai Satu	48
Gambar 4.7	Jumlah Neuron Dalam Satu <i>Hidden layer</i> Dengan <i>Neighborhood</i> Bernilai Dua.....	48
Gambar 4.8	Diagram Simulasi Tahun 2015 Untuk Validasi Model Pada Setiap Kecamatan di Kota Malang	53
Gambar 4.9	Diagram Alur Untuk Memperoleh Nilai Kappa Terbaik dari Peta Hasil Simulasi Tahun 2015 pada Masing-masing Kecamatan di Kota Malang	53
Gambar 4.10	Transformasi Input yang Digunakan Dengan Nilai 1 Untuk <i>Neighborhood</i>	54
Gambar 4.11	Transformasi Input yang Digunakan Dengan Nilai 2 Untuk <i>Neighborhood</i>	54
Gambar 4.12	<i>Artificial Neural Network</i> untuk Simulasi Tahun 2015 Untuk Validasi dengan Satu <i>Hidden Layer</i>	55
Gambar 4.13	<i>Artificial Neural Network</i> untuk Simulasi Tahun 2015 Untuk Validasi dengan Dua <i>Hidden Layer</i>	56
Gambar 4.14	Diagram Simulasi Tahun 2027 untuk Setiap Kecamatan di Kota Malang ..	58
Gambar 5.1	Peta Data Awal Citra Hasil Pengolahan Tahun 2003, 2009, dan 2015 Kota Malang	62
Gambar 5.2	Peta Tutupan Lahan Eksisting Kota Malang Tahun 2003	63
Gambar 5.3	Peta Tutupan Lahan Eksisting Kota Malang Tahun 2009	64
Gambar 5.4	Peta Tutupan Lahan Eksisting Kota Malang Tahun 2015	65
Gambar 5.5	Peta Penyebaran Titik Penilaian Akurasi Tutupan Lahan Kota Malang Tahun 2003,2009 dan 2015 Hasil Klasifikasi	67
Gambar 5.6	Diagram Prosentase Luasan Tutupan Lahan Kota Malang Tahun 2003, 2009 dan 2015	69
Gambar 5.7	Diagram Luasan Tutupan Lahan Kota Malang Tahun 2003, 2009 dan 2015 (dalam ha)	69
Gambar 5.8	Diagram Transisi Tutupan Lahan dalam Lingkup Kecamatan di Kota Malang Tahun 2003-2009 (kiri) dan Tahun 2009-2015 (kanan) (dalam ha)	70
Gambar 5.9	Diagram Prosentasi Perubahan Tutupan Lahan tahun 2003-2009 dalam Unit Kecamatan di Kota Malang	72
Gambar 5.10	Diagram Luasan Transisi Tutupan Lahan yang Bertransisi Menjadi Lahan Terbangun pada Tiap Kecamatan di Kota Malang Tahun 2003-2009	74



Gambar 5.11	Diagram Prosentrase Perubahan Tutupan Lahan dalam Unit Kecamatan di Kota Malang Tahun 2009-2015.....	76
Gambar 5.12	Diagram Luasan Transisi Tutupan Lahan yang Bertransisi Menjadi Lahan Terbangun pada Tiap Kecamatan di Kota Malang Tahun 2009-2015	78
Gambar 5.13	Luasan Tutupan Lahan di Kecamatan Lowokwaru Antara Tahun 2003, 2009 dan 2015	81
Gambar 5.14	Luasan Tutupan Lahan di Kecamatan Kedungkandang Antara Tahun 2003, 2009 dan 2015	81
Gambar 5.15	Luasan Tutupan Lahan di Kecamatan Klojen Antara Tahun 2003, 2009 dan 2015	81
Gambar 5.16	Luasan Tutupan Lahan di Kecamatan Sukun Antara Tahun 2003, 2009 dan 2015.....	82
Gambar 5.17	Luasan Tutupan Lahan di Kecamatan Blimbing Antara Tahun 2003, 2009 dan 2015	82
Gambar 5.18	Peta Perubahan Tutupan Lahan 2003-2009.....	83
Gambar 5.19	Peta Perubahan Tutupan Lahan 2009-2015.....	84
Gambar 5.20	Peta Tutupan Lahan Kecamatan Blimbing Kota Malang Tahun 2003,2009 dan 2015	88
Gambar 5.21	Peta Jarak dari Jalan, Jarak dari Sungai dan Kelerenggan Kecamatan Blimbing Kota Malang	89
Gambar 5.22	Peta Jarak dari Lahan Terbangun Kecamatan Blimbing Tahun 2009 dan 2015	90
Gambar 5.23	Peta Tutupan Lahan Kecamatan Klojen Kota Malang tahun 2003, 2009 dan 2015	91
Gambar 5.24	Peta Jarak dari Jalan, Jarak dari Sungai dan Kelerenggan Kecamatan Klojen Kota Malang	92
Gambar 5.25	Peta Variabel Spasial Jarak dari Lahan Terbangun Kecamatan Klojen tahun 2009 dan 2015	93
Gambar 5.26	Peta Tutupan Lahan Kecamatan Lowokwaru Kota Malang Tahun 2003,2009 dan 2015	94
Gambar 5.27	Peta Jarak dari Jalan, Jarak dari Sungai dan Kelerenggan Kecamatan Lowokwaru Kota Malang	95
Gambar 5.28	Peta Variabel Spasial Jarak Lahan Terbangun Kecamatan Lowokwaru Tahun 2009 dan 2015	96



Gambar 5.29	Peta Tutupan Lahan Kecamatan Sukun Kota Malang Tahun 2003,2009 dan 2015	97
Gambar 5.30	Peta Jarak dari Jalan, Jarak dari Sungai dan Kelerengan Kecamatan Sukun Kota Malang	98
Gambar 5.31	Peta Variabel Spasial Jarak Lahan Terbangun Kecamatan Sukun Tahun 2009 dan 2015	99
Gambar 5.32	Peta Tutupan Lahan Kecamatan Kedungkandang Kota Malang Tahun 2003,2009 dan 2015	100
Gambar 5.33	Peta Jarak dari Jalan, Jarak dari Sungai dan Kelerengan Kecamatan Kedungkandang Kota Malang	101
Gambar 5.34	Peta Variabel Spasial Jarak Lahan Terbangun Kecamatan Kedungkandang Tahun 2009 dan 2015	102
Gambar 5.35	Diagram Pencarian Model ANN Untuk Simulasi Validasi Tahun 2015 di Kecamatan Blimbing	103
Gambar 5.36	Diagram Pencarian Model ANN Untuk Simulasi Validasi Tahun 2015 di Kecamatan Lowokwaru.....	104
Gambar 5.37	Diagram Pencarian Model ANN Untuk Simulasi Validasi Tahun 2015 di Kecamatan Klojen	105
Gambar 5.38	Diagram Pencarian Model ANN Untuk Simulasi Validasi Tahun 2015 di Kecamatan Sukun	106
Gambar 5.39	Diagram Pencarian Model ANN Untuk Simulasi Validasi Tahun 2015 di Kecamatan Kedungkandang	107
Gambar 5.40	Peta Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Blimbing Tahun 2003-2009 dan 2003-2015	109
Gambar 5.41	Peta Simulasi Validasi Tahun 2015 dan Simulasi Akhir Tahun 2027 Kecamatan Blimbing Kota Malang	110
Gambar 5.42	Peta Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Lowokwaru Tahun 2003-2009 dan 2003-2015	111
Gambar 5.43	Peta Simulasi Validasi Tahun 2015 dan Simulasi Akhir Tahun 2027 Kecamatan Lowokwaru Kota Malang	112
Gambar 5.44	Peta Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Klojen tahun 2003-2009 dan 2003-2015	113
Gambar 5.45	Peta Simulasi Validasi Tahun 2015 dan Simulasi Akhir Tahun 2027 Kecamatan Klojen Kota Malang	114



Gambar 5.46	Peta Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Sukun tahun 2003-2009 dan 2003-2015	115
Gambar 5.47	Peta Simulasi Validasi Tahun 2015 dan Simulasi Akhir Tahun 2027 Kecamatan Sukun Kota Malang	116
Gambar 5.48	Peta Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Kedungkandang tahun 2003-2009 dan 2003-2015	117
Gambar 5.49	Peta Simulasi Validasi Tahun 2015 dan Simulasi Akhir Tahun 2027 Kecamatan Kedungkandang Kota Malang	118
Gambar 5.50	Diagram Alur Simulasi Tutupan Lahan di Kecamatan Blimbing Tahun 2027	119
Gambar 5.51	Diagram Alur Simulasi Tutupan Lahan di Kecamatan Lowokwaru Tahun 2027	120
Gambar 5.52	Diagram Alur Simulasi Tutupan Lahan di Kecamatan Klojen Tahun 2027	120
Gambar 5.53	Diagram Alur Simulasi Tutupan Lahan di Kecamatan Sukun Tahun 2027	121
Gambar 5.54	Diagram Alur Simulasi Tutupan Lahan di Kecamatan Kedungkandang Tahun 2027	121
Gambar 5.55	Hasil Simulasi Dengan MOLUSCE (kiri) dan Perhitungan Manual Dengan GDAL dan Java (kanan)	123
Gambar 5.56	Diagram Proporsi Luasan Tutupan Lahan di Kota Malang Tahun 2015 dan 2027 (dalam persen)	123
Gambar 5.57	Luasan Tutupan Lahan yang Bertransisi Menjadi Lahan Terbangun Tahun 2015-2027 (dalam ha)	124
Gambar 5.58	Diagram Perubahan Tutupan Lahan di Kota Malang Tahun 2015-2027 (dalam persen)	125
Gambar 5.59	Diagram Luasan Tutupan Lahan yang Bertransisi ke Lahan Terbangun Tahun 2015-2027 (dalam ha)	127
Gambar 5.60	Peta Tutupan Lahan Hasil Simulasi Kota Malang Tahun 2027	129
Gambar 5.61	Peta Perubahan Tutupan Lahan Kota Malang Tahun 2015-2027	130
Gambar 5.62	Perubahan Tutupan Lahan Untuk Lahan Terbangun Pada Setiap Kecamatan di Kota Malang Dari Tahun 2003 Hingga 2027 (dalam ha)	131
Gambar 5.63	Persentase Tutupan Lahan Untuk Lahan Terbangun Pada Setiap Kecamatan di Kota Malang dari Tahun 2003 Hingga 2027	132



Gambar 5.64	Persentase Lahan Terbangun di Kota Malang dari Tahun 2003 Hingga 2027.	132
Gambar 5.65	Peta Pertumbuhan Kota di Kota Malang Tahun 2003 hingga 2027	133
Gambar 5.66	Peta Rencana Guna Lahan Tahun 2030 Kota Malang	141
Gambar 5.67	Peta Rencana Guna Lahan 2030 untuk Permukiman, Perdagangan dan Jasa, Militer, Fasum/ Fasos dan Industri di Kota Malang	142
Gambar 5.68	Peta Lahan Terbangun Tahun 2027 Hasil Simulasi	143
Gambar 5.69	Peta Union antara hasil simulasi lahan terbangun dan rencana guna lahan tahun 2030 (PPJMFUI)	144
Gambar 5.70	Peta Kelerengan dengan Peta Union antara Hasil Simulasi Lahan Terbangun 2027 dan Rencana Guna Lahan Tahun 2030 (PPJMFUI)	145
Gambar 5.71	Peta Jarak dari Lahan Terbangun (2015) dengan Peta Union antara Hasil Simulasi Lahan Terbangun 2027 dan Rencana Guna Lahan Tahun 2030 (PPJMFUI)	146
Gambar 5.72	Peta Jarak dari Jalan dengan Peta Union antara Hasil Simulasi Lahan Terbangun 2027 dan Rencana Guna Lahan Tahun 2030 (PPJMFUI)	147
Gambar 5.73	Peta Jarak dari Sungai dengan Peta Union antara Hasil Simulasi Lahan Terbangun 2027 dan Rencana Guna Lahan Tahun 2030 (PPJMFUI)	148



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara global, berdasarkan data dari PBB yang dikutip dari *World Urbanization Prospects*, diperkirakan bahwa pada tahun 2050 diproyeksikan terdapat 68% penduduk dunia tinggal di wilayah perkotaan (UN, 2018). Prosentase tersebut meningkat sebesar 13% dari tahun 2018 yang memiliki prosentase sebesar 55%. Diperkirakan akan ada pergeseran populasi dari wilayah pedesaan ke perkotaan hingga mencapai 2.5 milyar penduduk pada tahun 2050. Hampir 90% dari pergeseran populasi tersebut berlokasi di wilayah Asia dan Afrika (UN, 2018). Selain itu diperkirakan pada pertengahan abad 21, 7 dari 10 penduduk dunia akan tinggal di wilayah perkotaan (UN-Habitat, 2013). Hal tersebut menunjukkan bahwa adanya tren peningkatan pertumbuhan kota di dunia pada rentang tahun 2018 hingga 2050.

Pertumbuhan kota dapat terjadi di dua ranah yang berbeda yaitu perubahan distribusi populasi dan perubahan kepadatan. Adapun pertumbuhan kota dapat memiliki konsekuensi seperti penurunan keseluruhan populasi di pusat-pusat perkotaan serta peningkatan yang luar biasa di pinggiran kota dan pertumbuhan yang terjadi di pinggiran kota (Ahlqvist et al, 2016). Distribusi populasi ini dapat berupa migrasi yaitu relokasi jangka panjang dari individual atau kelompok untuk menuju ke lokasi baru di luar komunitas sebelumnya. Selain itu perubahan kepadatan dapat dikatakan sebagai hasil dari proses migrasi tersebut dan juga dikarenakan proses pertumbuhan alami dikarenakan jumlah kelahiran yang lebih besar dari kematian (Bhatta, 2010).

Perubahan tutupan lahan yang terjadi secara terus menerus, mengakibatkan berkurangnya kepadatan wilayah terbangun, meningkatnya kemacetan dan biaya pengembangan infrastruktur (Rashed & Jurgens, 2010). Konsekuensi langsung dari pertumbuhan kota dapat dilihat dalam bentuk adanya peningkatan lahan-lahan terbangun.

Adanya perbedaan spasial dan temporal dalam distribusi lahan-lahan terbangun biasanya merupakan hasil umum dari pertumbuhan perkotaan yang tidak terencana (Bhatta, 2012).

Oleh karena itu pengamatan terhadap perubahan tutupan lahan dari waktu ke waktu

penting penting sebagai pertimbangan dalam perencanaan pembangunan kota (Lavender & Lavender, 2016).

Perubahan tutupan lahan yang terjadi secara terus menerus, mengakibatkan berkurangnya kepadatan wilayah terbangun, meningkatnya kemacetan dan biaya pengembangan infrastruktur (Rashed & Jurgens, 2010). Konsekuensi langsung dari pertumbuhan kota dapat dilihat dalam bentuk adanya peningkatan lahan-lahan terbangun. Adanya perbedaan spasial dan temporal dalam distribusi lahan-lahan terbangun biasanya merupakan hasil umum dari pertumbuhan perkotaan yang tidak terencana (Bhatta, 2012). Oleh karena itu pengamatan terhadap perubahan tutupan lahan dari waktu ke waktu penting sebagai pertimbangan dalam perencanaan pembangunan kota (Lavender & Lavender, 2016).

Tutupan lahan ataupun guna lahan adalah dua istilah yang sering digunakan secara bergantian meski memiliki definisi dan aplikasi yang berbeda. Tutupan lahan lebih mengarah kepada fitur-fitur fisik yang terdapat di permukaan bumi seperti misalnya vegetasi, air ataupun lahan terbangun. Untuk guna lahan lebih menekankan pada pemanfaatan manusia terhadap wilayah-wilayah di permukaan bumi tersebut (Giri, 2012).

Digunakannya tutupan lahan di dalam pengamatan pertumbuhan kota ini dikarenakan dengan melakukan pengamatan tutupan lahan dapat diketahui kondisi-kondisi wilayah perkotaan baik yang terbangun ataupun tidak terbangun (dalam hal ini tentunya dapat dideskripsikan menjadi beberapa kategori). Penginderaan jauh memiliki kemampuan untuk menggali data terkait dengan lahan-lahan terbangun ataupun tidak terbangun dalam suatu wilayah yang diekstrak dari data citra satelit (Giri, 2012). Dalam studi ini pengamatan ditekankan pada pencarian model dari perubahan historis dari suatu wilayah dengan beberapa variabel yang mengintervensi atau dalam studi ini diistilahkan dalam variabel-variabel spasial dengan memanfaatkan data citra satelit.

Kota Malang merupakan kota nomor dua di Jawa Timur yang tentunya menyediakan banyak fasilitas dan menjadi daya tarik bagi masyarakat di wilayah sekitarnya baik untuk bekerja, menempuh pendidikan, berwisata dll. Seiring dengan meningkatnya populasi yang tinggal di Kota Malang dan adanya fenomena desentralisasi pertumbuhan wilayah perkotaan dari pusat kota, pemerintah setempat juga melakukan pemerataan pembangunan infrastruktur di kota tersebut. Dengan adanya pembangunan tersebut tentunya ada peningkatan nilai-nilai ekonomi pada wilayah yang mengalami peningkatan pembangunan di mana dan aksesibilitas yang mendukung adanya alih fungsi lahan dari *non-urban* menjadi urban. Terlebih juga mulai banyaknya lahan-lahan *non-urban* yang menjadi tidak



produktif sehingga cenderung beralih fungsi (bisnis.com, 2016; Republika, 2016). Keadaan ini tentunya membuat terjadinya perubahan tutupan lahan yang masih belum diketahui bagaimana detail dari sisi spasial ataupun temporalnya. Selain itu, keadaannya saat ini banyaknya ketidakberaturan alih fungsi lahan yang berupa lahan terbangun yang menjauh dari inti perkotaan. Dengan cepatnya ekspansi wilayah perkotaan yang terus meningkat membuat banyaknya lahan-lahan *non-urban* berubah menjadi *urban*. Ketidakberaturan tersebut tentunya membawa dampak buruk bagi perkotaan di masa mendatang. Dengan keadaan tersebut perlu diketahui bagaimana bentuk lahan terbangun di Kota Malang pada mendatang agar dapat diketahui bagaimana sebaran tutupan lahannya utamanya yaitu lahan terbangun di masa mendatang. Oleh karena itu diperlukan suatu simulasi pertumbuhan kota untuk mengetahui kondisi Kota Malang di masa mendatang.

Terkait dengan simulasi, MOLUSCE merupakan salah satu *plugin* untuk simulasi yang terdapat di dalam QGIS. *Plugin* ini dirancang untuk menganalisa, memodelkan dan mensimulasikan perubahan guna lahan ataupun tutupan lahan *Artificial neural network* merupakan salah satu model yang terdapat dalam MOLUSCE yang dapat digunakan untuk mensimulasikan perubahan tutupan lahan di masa mendatang (NextGIS, 2014). *Plugin* ini tentunya dapat digunakan dengan memberikan input data tutupan lahan tahun awal dan akhir serta minimal satu variabel spasial untuk dapat digunakan untuk simulasi. Dengan menggunakan bantuan *software* tersebut. Diharapkan dengan dilakukannya penelitian dapat diketahui sebaran tutupan lahan untuk mengetahui bagaimana perubahan tutupan lahan dan simulasi pertumbuhan kota untuk mengetahui perubahan bentuk Kota Malang di masa mendatang.

1.2 Identifikasi Masalah

1. Meningkatnya jumlah penduduk yang tinggal di Kota Malang sehingga membuat kebutuhan lahan juga meningkat
2. Adanya fenomena *suburbanization* atau *urban sprawl* di mana ada kecenderungan penduduk untuk memilih tinggal di wilayah pinggiran kota yang dapat memicu munculnya lahan-lahan terbangun baru di pinggiran perkotaan.
3. Munculnya lahan-lahan terbangun baru dikarenakan perubahan pemanfaatan lahan salah satunya pada lahan-lahan tak terbangun yang tidak produktif. Selain itu juga dikarenakan banyaknya lahan-lahan tak terbangun yang dikelilingi oleh lahan terbangun eksisting sehingga memicu perubahannya menjadi lahan terbangun.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana sebaran tutupan lahan di Kota Malang pada selang waktu antara tahun 2003, 2009 dan 2015?
2. Bagaimana bentuk simulasi pertumbuhan kota dengan model *artificial neural network* di Kota Malang pada tahun 2027 berdasarkan *trend* data-data eksisting?

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui sebaran tutupan lahan di Kota Malang pada selang waktu antara tahun 2003, 2009 dan 2015.
2. Mengetahui bentuk simulasi pertumbuhan kota dengan model *artificial neural network* di Kota Malang pada tahun 2027 berdasarkan *trend* data-data eksisting.

1.5 Ruang Lingkup Pembahasan

Ruang lingkup pembahasan dalam penelitian ini terbagi dalam dua bagian yaitu sebagai berikut :

1.5.1 Lingkup wilayah

Kota Malang berada di tengah-tengah wilayah Kabupaten Malang yang secara astronomis terletak pada posisi $112.06^{\circ} - 112.07^{\circ}$ Bujur Timur, $7.06^{\circ} - 8.02^{\circ}$ Lintang Selatan. Luas wilayah Kota Malang sebesar 110 km^2 yang terbagi dalam lima kecamatan yaitu Kecamatan Kedungkandang, Sukun, Klojen, Blimbing dan Lowokwaru (BPS, 2009). Penelitian ini dilakukan dengan batasan wilayah *administrative* Kota Malang sehingga tidak membahas wilayah-wilayah pinggiran yang berada di luar wilayah *administrative* kota tersebut. Batas-batas dari wilayah Kota Malang adalah sebagai berikut :

Sebelah Utara : Kec. Singosari dan Kec. Karangploso Kab. Malang

Sebelah Timur : Kec. Pakis dan Kec. Tumpang Kab. Malang

Sebelah Selatan : Kec. Tajinan dan Kec. Pakisaji Kab. Malang

Sebelah Barat : Kec. Wagir dan Kec. Dau Kab. Malang.

1.5.2 Lingkup Materi

Studi ini lebih menitikberatkan kepada pengamatan tutupan lahan di Kota Malang terutama terkait dengan perkembangan lahan terbangun yang terdapat di kota tersebut.

Studi ini dilakukan dengan mengamati perubahan sebaran dari kondisi eksisting tutupan lahan pada tahun 2003, 2009 dan 2015 dan melakukan simulasi model dengan mengamati perubahan secara historis terkait pertumbuhan kota yang dapat dilihat dari sebaran lahan-lahan terbangunnya yang serta variabel-variabel spasial yang



mempengaruhinya. Singkatnya, model didapatkan dengan mengamati pola perubahan lahan-lahan terbangunnya beserta lahan tak terbangunnya lainnya (misalnya badan air, vegetasi ataupun lahan terbuka (*non-urban*)). Sebaran lahan terbangun dan tak terbangun dapat diperoleh dengan mengekstrak data dari citra satelit dengan menggunakan penginderaan jauh. Dengan demikian data yang digunakan dalam studi ini hanya menggunakan tutupan lahan beserta variabel-variabel spasial yang mempengaruhi transisi perubahan yang mempengaruhi model tersebut sehingga dalam studi ini tidak menggunakan guna lahan.

Terkait dengan data yang digunakan, selain menggunakan data citra Landsat juga menggunakan pengamatan menggunakan bantuan *google earth* dengan *historical imagery*. *Historical Imagery* hanya memiliki data yang dapat diamati minimal data tahun 2003 untuk Kota Malang. Kegunaan *Historical Imagery* sangat krusial untuk penelitian ini dikarenakan sebagai alat untuk pengamatan yang bersifat lintas waktu seperti penentuan *training site* ataupun *accuracy assessment* yang dihitung dengan menggunakan *error matrix*. Dari hal-hal tersebut dapat dilihat bagaimana bentuk perkembangan tutupan lahan dan wilayah-wilayah yang mengalami perubahan tutupan lahannya.

Selain itu juga pemodelan atau simulasi bentuk tutupan lahan Kota Malang pada tahun 2027 dengan bantuan MOLUSCE yang merupakan salah satu plugin yang dapat digunakan di QGIS. Pemodelan dilakukan dengan data tutupan lahan tahun 2003 dan 2015 dimana dengan selang waktu 12 tahun digunakan untuk mensimulasikan kondisi tahun 2027 dengan menggunakan model *artificial neural network*. Data tutupan lahan tahun 2003 dan 2009 digunakan untuk memvalidasi model hasil simulasi tahun 2015 dengan tutupan lahan eksisting tahun 2015.

Penelitian ini menitikberatkan pada pengamatan terhadap wilayah terbangun untuk mengetahui bagaimana pertumbuhan kota di Kota Malang dengan batasan penggunaan variabel-variabel spasial yang didapatkan dari penelitian terdahulu. Dalam penelitian ini hanya menggunakan trend eksisting dari input data-data yang digunakan tanpa disertai intervensi dari regulasi atau peraturan terkait perencanaan di Kota Malang seperti batasan untuk menjaga prosentase ruang terbuka hijau (vegetasi) dalam suatu kota dalam angka 30% dan lahan terbangun sebesar 70% seperti yang tertera dalam Undang-undang No 26 tahun 2007.



1.6 Manfaat

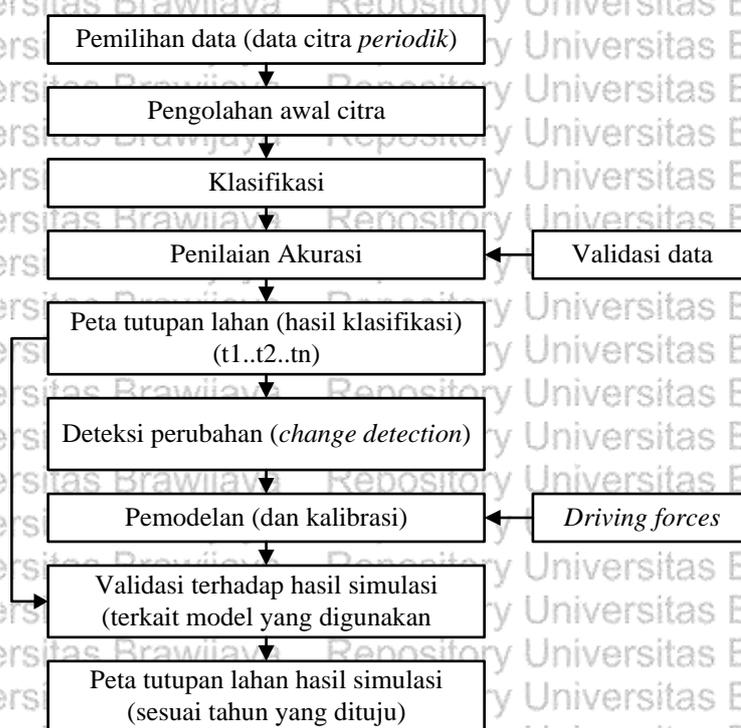
Studi ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai salah satu bahan pertimbangan untuk perencanaan Kota Malang ke depannya terkait maraknya perubahan dari lahan tak terbangun menjadi terbangun yang terjadi di kota tersebut. Dengan dilakukannya penelitian ini, dapat diketahui perubahan tutupan lahan di Kota Malang pada selang waktu antara tahun 2003 hingga 2015. Selain itu juga diketahui hasil simulasi tutupan lahan pada tahun 2027 serta luasan lahan terbangunnya. Dengan diketahuinya sebaran dari lahan terbangun tersebut jika dikomparasikan dengan hasil rencana guna lahan tahun 2030 dari RTRW Kota Malang, dapat diketahui seberapa luas lahan terbangun tersebut memenuhi wilayah-wilayah perencanaan guna lahan yang termasuk kategori permukiman, industri, militer, fasilitas umum serta perdagangan dan jasa yang tentu saja dapat digunakan sebagai salah satu bahan evaluasi perencanaan. Untuk dua kategori guna lahan lainnya seperti ruang terbuka hijau dan kawasan lindung tidak dimasukkan dalam komparasi dengan lahan terbangun dikarenakan prioritas dari kedua kategori lebih menekankan kepada keberadaan lahan tidak terbangun. Jadi, penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai alat *monitoring* terhadap perkembangan pertumbuhan kota di Kota Malang yang dapat dilihat dari perubahan luasan lahan terbangunnya.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pertumbuhan Kota dan Penginderaan Jauh

Pertumbuhan kota, perluasan kota dan *urban sprawl* seringkali digunakan sebagai sinonim oleh masyarakat awam, meski berbeda arti. Pertumbuhan kota adalah jumlah peningkatan lahan yang dibangun. Salah satu bentuknya adalah ekspansi. Padahal, pertumbuhan kota yang memiliki beberapa karakteristik khusus (biasanya memiliki konotasi negatif) seperti *sprawl*. Penting untuk disadari bahwa tidak setiap jenis pertumbuhan perkotaan dianggap sebagai *sprawl*. Terlebih lagi, *urban sprawl* memiliki konotasi negatif terhadap masyarakat dan lingkungan dan tidak semua pertumbuhan perkotaan itu tidak sehat (Bhatta, 2010).



Gambar 2.1 Metodologi Dalam Mensimulasikan Model Pertumbuhan Kota
Sumber : diadaptasi dari Megahed (2015 p.1755) & Ozturk (2015, p 5923))

Penginderaan jarak jauh adalah alat atau teknik yang menggunakan sensor cangghih untuk mengukur jumlah energi elektromagnetik yang keluar dari suatu objek atau wilayah

geografis dari kejauhan dan kemudian mengekstrak informasi berharga dari data menggunakan algoritma berbasis matematis dan statistik. (Bhatta, 2010). Penginderaan jarak jauh menyediakan alat yang sangat berguna untuk pemantauan jangka panjang terkait dengan pertumbuhan dan kondisi permukaan perkotaan. Pandangan umum terhadap tutupan lahan perkotaan yang disediakan oleh sensor berbasis satelit adalah sebagai pelengkap penting untuk pengukuran kondisi fisik dan lingkungan di daerah perkotaan (Giri, 2012).

2.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Perkembangan Pertumbuhan kota

Di dalam penelitian Liu (dalam Geertman et al, 2013), untuk mensimulasikan proses yang bersifat spasial temporal dari pertumbuhan kota, model mempertimbangkan baik faktor-faktor yang mempengaruhi proses baik yang bersifat internal dan eksternal. Faktor internal cenderung untuk mengalami perkembangan dari tak terbangun menjadi terbangun terutama dipengaruhi keberadaan kawasan sekitarnya (*neighborhood*). Untuk faktor eksternal, seperti yang bersifat fisik dari suatu wilayah dan kondisi socio-economic sertabentuk kontrol dari institusi (*policy factors*) setempat yang mempengaruhi perkembangan. Dalam penelitian Ju et al (2016) juga dirangkai hal yang sama terkait dengan pertumbuhan kota yaitu terdapat tiga faktor utama yang mendukung meski tidak melihatnya dari sisi faktor internal dan eksternal. Peningkatan pertumbuhan ini dapat dilihat dari peningkatan luasan lahan terbangun suatu kota. Diantara ketiga faktor tersebut, menurut Ju et al (2014) *policy factors* merupakan faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan kota namun bentuknya sulit diwujudkan dalam bentuk spasial ataupun kuantitatif. Singkatnya hal-hal yang bersifat fisik yaitu seperti badan air dan keterenggan memungkinkan untuk menghambat proses perkembangan wilayah perkotaan atau terbangun, begitu juga dengan halnya dengan kontrol dari institusi (*policy factors*). Faktor *socio-economic* seperti ketersediaan lahan dan kebutuhan lahan, aksesibilitas terhadap tempat-tempat kerja dan fasilitas-fasilitas umum serta wilayah-wilayah yang berdekatan dengan wilayah perkotaan juga mempengaruhi dalam mendorong ataupun menghambat pertumbuhan kota (Liu dalam Geertman et al, 2013).

2.3 Penelitian-penelitian Terkait dengan Model Pertumbuhan Kota

Sebagian besar data tutupan lahan yang digunakan didapat dari data citra Landsat (Tabel 2.1). Model pertumbuhan kota memiliki berbagai variasi model seperti penggunaan baik penggunaan CA-MC dimana dapat menggunakan *Multi Criteria Evaluation* ataupun Logistik Regresi/Linier Regresi ataupun menggunakan metode lain dengan menggunakan

ANN (*Artificial Neural Network*). Sebagian besar pengolahan model serta simulasi dengan menggunakan bantuan IDRISI dengan plugin *Land Change Modeler* ataupun *CA-Markov*. Masih jarang sekali dijumpai penggunaan QGIS dengan plugin MOLUSCE-nya dimana juga mempunyai kemampuan untuk membuat model untuk memprediksi pertumbuhan kota salah satunya yaitu dengan ANN.

Tabel 2.1 Penelitian-penelitian Terkait Dengan Model Pertumbuhan Kota

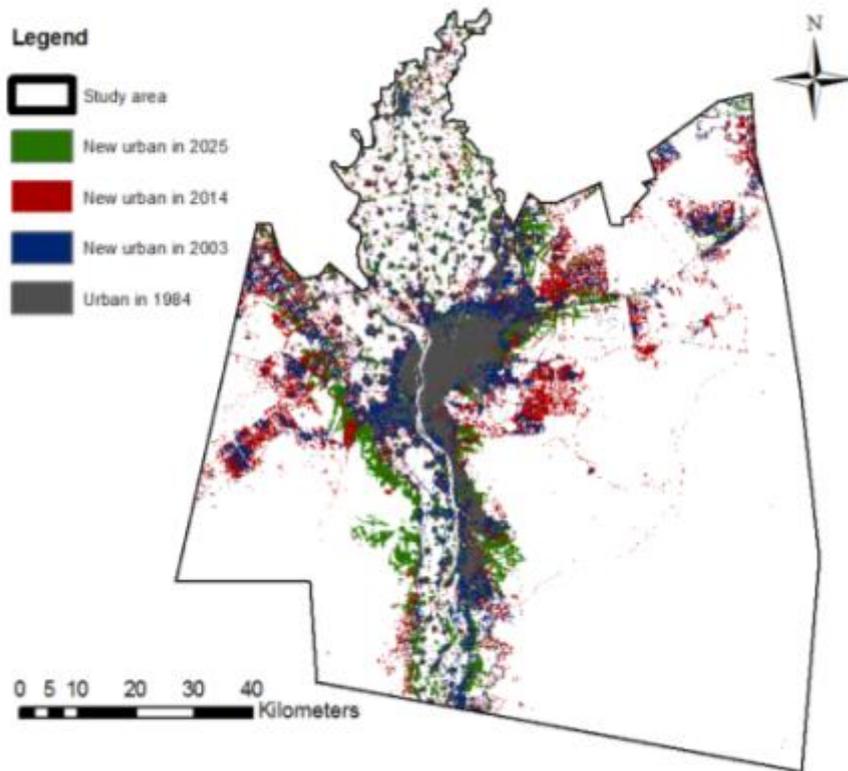
No	Sumber	Model / Software	Data Raster	Lokasi Studi	Luas
1	Megahed et al. (2015)	ANN –MC / IDRISI Selva	Landsat 5 & dan 8	Metropolitan Cairo	8942 km ²
2	Vaz & Arsanjani (2015)	CA (MCE)-MC/	Landsat 5, 7 dan 8	Metropolitan Toronto	7124.5 km ²
3	Ozturk (2015)	CA-MC & ANN-MC / IDRISI Selva	Landsat 5, 7 dan 8	Sebagian wilayah utara dari Distrik Atakum	91 km ²
4	Araya & Cabral (2010)	CA-MC / IDRISI Kilimanjaro	Landsat 5, LISS-III dan SPOT	Distrik Setubal dan Sesimbra	425.8 km ²
5	Triantakonstantis & Stathakis (2015)	ANN-MC / IDRISI Selva	CORINE Land Cover	Metropolitan Athens	2928.7 km ²
6	Moghaddam & Samadzadegan (2009)	ANN-CA / ArcObject (ArcGIS Extension)	Landsat 5 & 7	Kota Esfahan	551 km ²
7	Rahman et al (2017)	ANN-Monte Carlo / MOLUSCE	Landsat 5, 7 & 8	Assasuni Upazila	402.36 km ²
8	Parsa & Salehi (2016)	CA-MC / IDRISI Andes	Landsat 4- 5, 6 & 7	Naghadeh County	1133.3 km ²

Catatan : CA (*Cellular Automata*), MC (*Markov Chain*), ANN (*Artificial Neural Network*), MCE (*Multi Criteria Evaluation*)

ANN memiliki perbedaan dengan sebagian besar teknik pemodelan lainnya di mana ANN bersifat independen dalam arti tidak melihat korelasi antara input-input datanya sehingga tidak terdapat asumsi korelasi ataupun bentuk keterkaitan antar variabel lainnya yang dimasukkan dalam perhitungan (Triantakonstantis & Stathakis, 2015). Selain itu menurut Jogun di dalam penelitian Rahman et all (2017) dikatakan bahwa metode ANN ini memberikan hasil yang lebih baik dari *linier regression*. Di dalam penelitian yang dilakukan Ozturk (2015) juga diperlihatkan bahwa penggunaan ANN memberikan hasil prediksi yang lebih baik dari penggunaan MCE (*Multi-Criteria Evaluation*).

2.3.1 Kategori Tutupan Lahan

Dari beberapa penelitian terkait dengan pertumbuhan kota, dari Tabel 2.2 dapat dilihat secara umum tentunya terdapat lahan terbangun sebagai indikator utama untuk melihat pertumbuhan kota. Empat kelas lahan merupakan jumlah kelas tutupan lahan yang banyak digunakan dalam beberapa penelitian yaitu dari penelitian Megahed et al (2015), Rahman et al.(2017) serta Parsa & Salehi (2016). Secara definisi kelas tutupan lahan dari masing-masing peneliti memiliki kemiripan. Hal tersebut sama dengan klasifikasi tutupan lahan kelas satu untuk lingkungan perkotaan yang dinyatakan oleh Rashed dan Jurgens (2010) yang juga memiliki kemiripan yang dalam hal ini diklasifikasikan dengan empat kategori yaitu lahan terbangun, vegetasi, lahan terbuka (*non-urban*) dan badan air.



Gambar 2.2 Pertumbuhan Perkotaan di Wilayah Metropolitan Kairo dengan Peta Eksisting Tahun 1984,2003, 2014 dan Peta Hasil Simulasi Tahun 2024
Sumber : Megahed et al (2015, p.1764)

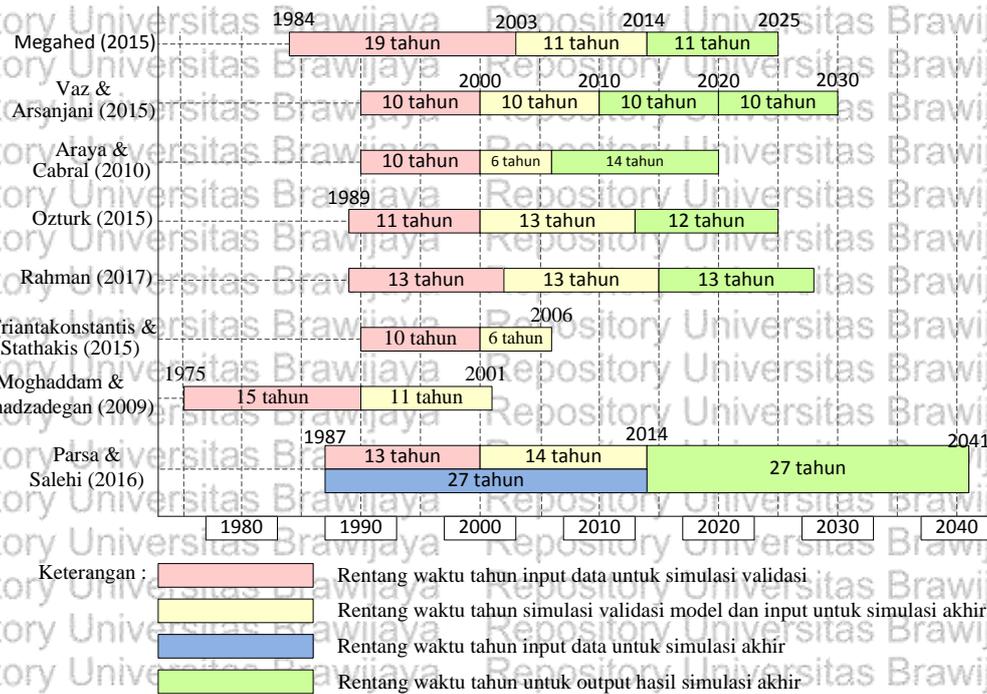
Tabel 2.2 Kategori Tutupan Lahan pada Beberapa Penelitian

No	Peneliti	Klasifikasi tutupan lahan	Jumlah klasifikasi
1	Megahed et al (2015)	Lahan terbangun, vegetasi, gurun, badan air	4
2	Vaz & Arsanjani (2015)	Lahan terbangun, tanah kosong, lahan agricultural, rangeland, hutan, badan air	6
3	Ozturk (2015)	Lahan terbangun, lahan agricultural, hutan & lahan semi-natural, tanah kosong tanpa	5

No	Peneliti	Klasifikasi tutupan lahan	Jumlah klasifikasi
4	Araya & Cabral (2010)	vegetasi dan badan air Lahan terbangun, vegetasi perkotaan, tanah teririgasi, tanah tidak teririgasi, hutan, tanah kosong, badan air	7
5	Triantakonstantis & Stathakis (2015)	Lahan terbangun, tidak terbangun	2
6	Moghaddam & Samadzadegan (2009)	Lahan terbangun, jalan, ruang hijau, non-urban, air	5
7	Rahman et al (2017)	Pemukiman (Lahan terbangun (<i>purple tone</i> dalam <i>false color composite</i>)), tanah kosong, vegetasi, lahan basah (badan air dan wilayah tambak)	4
8	Parsa & Salehi (2016)	Lahan terbangun, vegetasi, tanah kosong, badan air	4

2.3.2 Target Waktu Simulasi Pada Model Pertumbuhan Kota

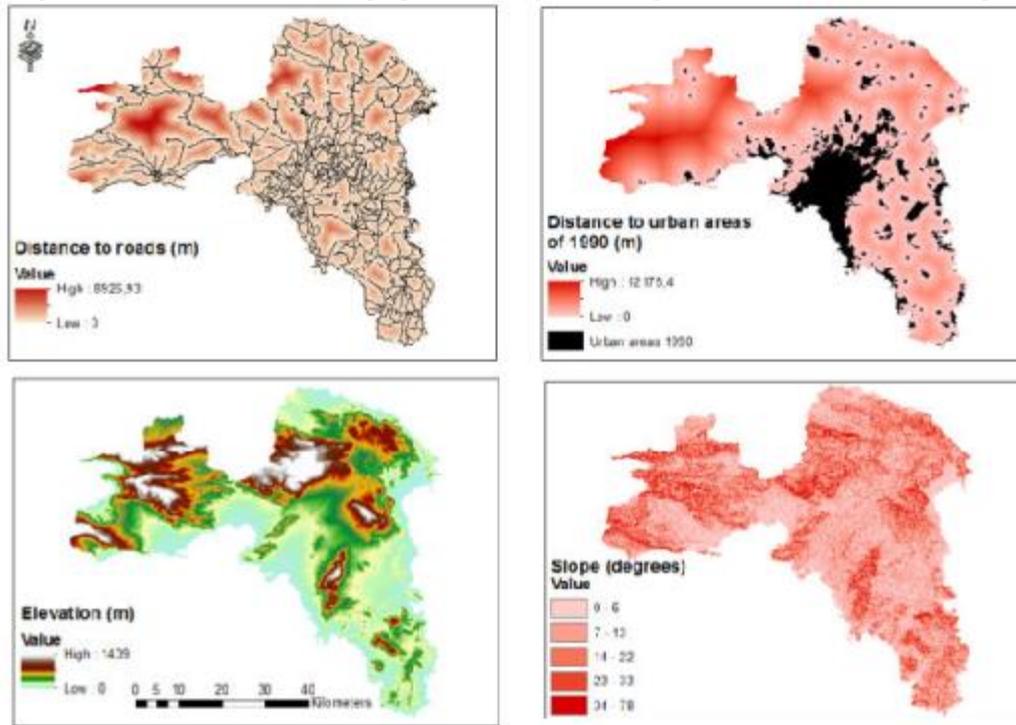
Untuk melakukan simulasi model pertumbuhan kota dibutuhkan beberapa input data salah satunya yaitu data tutupan lahan. Pada Gambar 2.3 dijelaskan bahwa bentuk pola tahun data yang sama kecuali pada penelitian yang dilakukan Parsa & Salehi (2016) di mana menggunakan pola tahun yang berbeda. Pada penelitian tersebut dapat dijelaskan bahwa parameter model didapatkan dengan melakukan eksperimental simulasi untuk validasi dengan data awal tahun 1987 hingga 1990 di mana hasilnya untuk mensimulasikan tahun 2014. Dari hasil eksperimental pencarian parameter model pada tahun tersebut dilakukan simulasi akhir dengan input data tahun 1987 hingga 2014 untuk mensimulasikan tahun 2041. Untuk penelitian yang dilakukan Triantakonstantis & Stahakis (2015) serta Moghadam & Samadzadegan (2009) tidak dilakukan simulasi akhir dan hanya dilakukan simulasi untuk validasi. Simulasi untuk validasi ini memiliki arti yaitu simulasi untuk mendapatkan parameter-parameter model yang tepat yang nantinya akan digunakan untuk simulasi akhir



Gambar 2.3 Rentang Waktu Data Input untuk Simulasi Model Pertumbuhan Kota
Sumber : Hasil Sintesa (2018)

2.3.3 Variabel-variabel Spasial Terkait Pertumbuhan Kota

Dalam simulasi model pertumbuhan kota, selain data input tutupan lahan juga diperlukan beberapa variabel-variabel spasial yang dapat memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan kota. Menurut Liu (dalam Geertman cs, 2013), perubahan tutupan lahan dianggap sebagai faktor internal dan variabel-variabel spasial dianggap sebagai faktor eksternal. Dari Tabel 2.3 dapat dijelaskan bahwa dari beberapa penelitian yang dikaji dapat dijelaskan bahwa terdapat beberapa variabel-variabel yang diketahui banyak digunakan pada penelitian-penelitian tersebut. Variabel-variabel spasial tersebut yaitu kelerengan, jarak dari sungai, jarak dari lahan terbangun dan jarak dari jalan utama yang sekurang-kurangnya digunakan dalam empat dari tujuh penelitian yang dikaji. Dalam hal ini penelitian dari Parsa & Salehi (2016) tidak digunakan dikarenakan tidak menggunakan variabel-variabel spasial yang dapat mengintervensi pertumbuhan kota. Dengan demikian, pembahasan variabel-variabel spasial tersebut akan dikerucutkan dalam empat variabel-variabel tersebut. Variabel-variabel spasial ini merupakan istilah yang digunakan pada plugin MOLUSCE dari *software* QGIS yang dalam penelitian –penelitian terkait dengan pertumbuhan kota sering dideskripsikan sebagai faktor-faktor pendorong ataupun penghambat dalam memprediksi tutupan lahan di masa mendatang.



Gambar 2.4 Variabel-variabel Spasial yang Digunakan Dalam Penelitian
 Sumber : Triantakonstantis & Stathakis (2015)

Tabel 2.3 Variabel-variabel Spasial Terkait Pertumbuhan Kota

No	Variabel spasial	A	B	C	D	E	F	G	Total
1	Ketinggian	X				X	X		3
2	Kelerengan	X	X	X	X	X			5
3	Jarak dari sungai		X	X	X			X	4
4	Jarak dari lahan terbangun	X	X	X	X	X		X	5
5	Jarak dari jalan utama	X	X	X	X	X	X	X	7
6	Jarak dari pusat kota				X				2
7	Jarak dari sub-sub pusat kota								1
8	Jarak dari kawasan yang dilindungi (<i>natural park</i>)		X						1
9	Jarak dari laut				X				1
10	Jarak dari jalur tram/kereta				X				2
11	Jarak dari agrikultur (vegetasi)							X	1

Sumber : A=Megahed et al. (2015, p.1764), B= Araya & Cabral (2010) , C=Vaz & Arsanjani (2015, p.8), D=Ozturk (2015, p.5929), E= Triantakonstantis & Stathakis (2015, p.235), F= Moghaddam & Samadzadegan (2009, p.574), G=Rahman et al (2017, p.5)

Megahed (2015) mendasarkan pemilihan variabel dari penelitian oleh Vaz et al pada tahun 2011. Pada penelitian Rahman cs (2017) dan Triantakonstantis & Stathakis (2015), variabel-variabel spasial yang digunakan ditentukan oleh peneliti. Jika melihat karakteristik variabel tersebut, digunakannya dua variabel tersebut lebih dikarenakan keterwakilan dari salah variabel yaitu ketinggian sebagai faktor fisik dan jarak dari jalan sebagai faktor *socio-economic* yang bersifat mendorong pertumbuhan. Pada penelitian

Araya & Cabral (2010); variabel-variabel spasial yang digunakan juga ditentukan oleh peneliti dengan mengikuti standar aturan wilayah lokasi studi yang diambil oleh peneliti. Pada penelitian Ozturk (2015), variabel-variabel spasial yang digunakan didasarkan pada komparasi variabel dari tiga literatur yang diteliti oleh Mozumder & Tripathi pada tahun 2002, Baysal pada tahun 2013 dan Thapa & Murayama pada tahun 2012. Pada penelitian Vaz & Arsanjani (2015), variabel-variabel spasial didasarkan pada penelitian lain yang dilakukan Silva & Clarke tahun 2002. Pada penelitian Moghaddam & Samadzadegan (2009), variabel-variabel spasial yang digunakan ditentukan oleh peneliti yang didasarkan pada penelitian Li dan Yeh pada tahun 2000, Wu dan Webster pada tahun 1998 serta Li dan Yeh pada tahun 2001. (Megahed, 2015; Rahman et al., 2017; Triantakonstantis & Stathakis, 2015; Araya & Cabral, 2010; Ozturk, 2015; Vaz & Arsanjani, 2015; Moghaddam & Samadzadegan, 2009).

Tabel 2.4 Variabel Spasial Kelerangan

No	Sumber	Keterangan
1	Megahed cs. (2015),	Semakin tingginya kelerangan menunjukkan semakin
2	Triantakonstantis & Stathakis (2015)	berkurangnya kecenderungan untuk menjadi lahan terbangun
3	Araya & Cabral (2010)	Pendekatan <i>boolean</i> (1 atau 0) dengan tolak ukur wilayah yang memiliki kelerangan di bawah 15% layak untuk dikembangkan sedangkan di atas 15% tidak layak untuk dikembangkan
4	Vaz & Arsanjani (2015),	Metode <i>fuzzy</i> dengan fungsi sigmoid dengan tolak ukur wilayah kelerangan 0% sangat layak untuk lahan terbangun, 0-15% mengalami pengurangan dan diatas
5	Ozturk (2015)	15% tidak layak untuk lahan terbangun

Tabel 2.5 Variabel Spasial Jarak dari Sungai

No	Sumber	Keterangan
1	Araya & Cabral (2010)	Pendekatan <i>boolean</i> (1 atau 0) dimana wilayah dengan buffer pelindung 50 meter dari sungai tidak layak lahan terbangun
2	Vaz & Arsanjani (2015),	Metode <i>fuzzy</i> dengan fungsi di mana memiliki kontrol poin yaitu 0-50 meter tidak layak untuk lahan terbangun, 50m - 300m adalah tempat paling layak untuk lahan terbangun, dan di atas 300 meter mengalami penurunan untuk kelayakan.
3	Ozturk (2015)	Metode <i>fuzzy</i> dengan fungsi di mana memiliki kontrol point yaitu 0-20m adalah tidak layak untuk lahan terbangun, 20-500m mengalami peningkatan untuk kelayakan dan diatas 500 m adalah tempat yang palik layak untuk lahan terbangun
4	Moghaddam & Samadzadegan (2009)	Metode <i>euclidian distance</i> dengan logika yaitu semakin dekat dengan sungai maka semakin memungkinkan untuk munculnya lahan terbangun baru

Pada Tabel 2.4 dalam variabel spasial kelerengan memiliki dua jenis yang mendominasi namun salah satu variabel di mana yang menggunakan metode *fuzzy* memiliki kemiripan dengan salah satu jenis variabel kelerengan yang menggunakan *Boolean*. Kemiripan ini terlihat di mana diterangkan bahwa wilayah dengan kelerengan di atas 15% tidak layak untuk dikembangkan. Jika didasarkan pada sumber-sumber yang diterangkan pada Tabel 2.4, kelerengan dianggap sebagai variabel yang faktor yang menghambat pertumbuhan kota sehingga menjadi alasan digunakannya variabel tersebut. Untuk variabel spasial jarak dari sungai dalam Tabel 2.5 memiliki kriteria-kriteria logika yang cukup berbeda jika dilihat dari beberapa sumbernya. Meski demikian sebagian besar diterapkan penggunaan *buffer* sebagai pelindung sungai. Berdasarkan Tabel 2.5 dijelaskan bahwa terdapat tiga peneliti yang menerangkan bahwa pada rentang 0-50 meter dari wilayah sungai diperlukan suatu zona *buffer* yang tidak boleh dibangun. Hal tersebut menunjukkan bahwa jarak dari sungai pada wilayah zona *buffer* pertumbuhan kota tidak diperkenankan menurut ketiga sumber tersebut. Rumus *fuzzy set membership* fungsi *sigmoid* yaitu sebagai berikut :

$$\text{sig}(x,a,c) = \frac{1}{1 + \exp[-a(x-c)]}$$

Gambar 2.5 Rumus *Fuzzy Set Membership* dengan Fungsi *Sigmoid*

Sumber : Piegat (2001, p.44)

Untuk menentukan kemiringan kurva pada saat $x = c$ dapat menggunakan parameter a . Polaritas dari a akan menentukan kurva itu kanan atau kiri terbuka.

Tabel 2.6 Variabel Spasial Jarak dari Lahan Terbangun (eksisting)

No	Sumber	Keterangan
1	Megahed cs (2015)	Metode <i>euclidian distance</i> dengan logika yaitu lahan
2	Triantakonstantis & Stathakis (2015)	terbangun baru memiliki kecenderungan untuk dekat dengan lahan terbangun eksisting jadi semakin dekat
3	Araya & Cabral (2010)	dengan lahan terbangun eksisting maka semakin tinggi kelayakannya untuk menjadi lahan terbangun baru
4	Vaz & Arsanjani (2015),	Metode <i>fuzzy</i> dengan fungsi <i>linear</i> dan kontrol pointnya yaitu antara 0-10 km mengalami penurunan kelayakan untuk lahan terbangun dan diatas 10 km tidak layak untuk lahan terbangun
5	Ozturk (2015),	Metode <i>fuzzy</i> dengan fungsi <i>linear</i> dan kontrol pointnya yaitu antara 0-1 km mengalami pengurangan untuk kelayakan lahan terbangun baru

Tabel 2.7 Variabel Spasial Jarak dari Jalan Utama

No	Sumber	Keterangan
1	Araya & Cabral (2010)	Metode <i>boolean</i> (1 atau 0) dimana wilayah dengan rentang jarak 500 meter dari jalan adalah wilayah yang layak untuk pengembangan lahan terbangun baru.
2	Vaz & Arsanjani (2015)	Metode <i>fuzzy</i> dengan fungsi <i>j-shaped</i> di mana memiliki control point yaitu 0-50 m adalah tempat yang paling layak untuk pengembangan lahan terbangun baru, 50 m-1000 m mengalami penurunan kelayakan dan lebih dari 1km tidak layak.
3	Ozturk (2015),	Metode <i>fuzzy</i> dengan fungsi <i>j-shaped</i> di mana memiliki control point yaitu 0-100 m adalah tempat yang paling layak untuk pengembangan lahan terbangun baru, 100m-1500 m mengalami penurunan kelayakan dan lebih dari 1km tidak layak.
4	Megahed et al (2015)	Metode <i>euclidian distance</i> dengan logika yaitu lahan terbangun baru memiliki kecenderungan untuk dekat dengan jalan utama jadi semakin dekat dengan jalan utama maka semakin tinggi kelayakannya untuk menjadi lahan terbangun baru
5	Triantakontantis & Stathakis (2015),	
6	Moghaddam & Samadzadegan (2009)	
7	Rahman et al (2017)	

Secara keseluruhan, penggunaan variabel spasial jarak dari lahan terbangun dalam Tabel 2.6 memiliki kemiripan yaitu wilayah yang dekat dengan lahan terbangun eksisting memiliki kemungkinan menjadi lahan terbangun yang lebih besar dari yang jauh dari lahan terbangun eksisting. Dari kelima sumber dapat diketahui bahwa jarak dari lahan terbangun termasuk kategori faktor pendorong bersifat *socio-economic* yang mendorong pertumbuhan suatu kota. Begitu juga dengan variabel spasial jarak dari jalan utama dalam Tabel 2.7, menurut ketujuh sumber tersebut sebagian besar memiliki penilaian jika semakin dekat dengan jalan utama, semakin besar kelayakannya untuk menjadi lahan terbangun baru. Kedua variabel-variabel spasial tersebut dihitung dengan menggunakan metode *euclidian distance*. Rumus *euclidian distance* yaitu sebagai berikut :

$$\text{dist}((x,y),(a,b)) = \sqrt{[(x-a)^2 + (y-b)^2]}$$

Gambar 2.6 Rumus Euclidian Distance
Sumber : Khormi & Khumar (2015, p.131)

Dimana $(x, y) = x$ dan y merupakan koordinat titik sumber

$(a, b) = a$ dan b merupakan koordinat titik yang dihitung

Dengan dasar dari penelitian yang dilakukan Liu (dalam Geertman, 2016) terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan kota dapat dijelaskan bahwa dari keempat

variabel yang didapatkan dari hasil komparasi pada Tabel 2.3, variabel ketererangan dan jarak dari sungai dikategorikan dalam faktor fisik. Untuk variabel jarak dari jalan dan jarak dari lahan terbangun eksisting termasuk kategori faktor *socio-economic*. Menurut Triantakonstantis & Stathakis (2015), kedua variabel tersebut termasuk pada kategori *socio-economic* dikarenakan jarak dari setiap entitas geografis tersebut menunjukkan tingkat aksesibilitas terhadap aktivitas manusia.

2.4 Pemilihan Data Penginderaan Jauh

Pemilihan data penginderaan jarak jauh bergantung pada target tahun perubahan tutupan lahan dan harus sesuai dengan metode perubahan tutupan lahan. Dalam hal ini data Landsat dalam banyak kasus banyak digunakan untuk mengobservasi secara regional hingga global (Giri, 2015). Untuk pemantauan perkotaan, dalam arti mendeteksi pertumbuhan perkotaan, skala sekitar 1:25000-50000 dirasa memadai dalam hal ini seperti data citra Landsat yang mana termasuk kategori citra yang memiliki resolusi yang rendah (Bhatta, 2010). Dimulai pada tahun 2016, data-data Landsat dengan kualitas data tertinggi ditempatkan pada T1 dan dianggap sesuai untuk pola sebaran tutupan lahan secara *time-series*. Tier 1 mencakup data presisi *Level-1 Precision Terrain (L1TP)* yang dikalibrasi lintas sensor Landsat yang berbeda. Georegistrasi pada data-data di T1 bersifat konsisten dan dalam toleransi yang ditentukan (USGS, 2016).

Tabel 2.8 Perbandingan *Spectral Band* dari Landsat 7 dan 8.

Landsat 7 ETM+ (um)			Landsat 8 OLI and TRS Band (um)		
			30 m Coastal/ Aerosol	0.435-0.451	Band 1
Band_1	Blue - 30 m	0.441-0.514	Blue - 30 m	0.452-0.512	Band 2
Band_2	Green - 30 m	0.519-0.601	Green - 30 m	0.533-0.590	Band 3
Band_3	Red - 30 m	0.631-0.692	Red 30 m	0.636-0.673	Band 4
Band_4	NIR - 30 m	0.772-0.898	NIR - 30 m	0.851-0.879	Band 5
Band_5	SWIR-1 -30 m	1.547-1.749	SWIR-1 -30 m	1.566-1.651	Band 6
Band_6	TIR - 60 m	10.31-12.36	TIR-1 -100 m	10.60-11.19	Band 10
			TIR-2 -100 m	11.50-12.51	Band 11
Band_7	SWIR-2 -30 m	2.064-2.345	SWIR-2 -30 m	2.107-2.294	Band 7
Band_8	Pan - 15 m	0.515-0.898	Pan - 15 m	0.503-0.676	Band 8
			Cirrus - 30 m	1.363-1.384	Band 9

Sumber: USGS (2013)

2.5 Pengolahan Awal Citra

Menurut Giri, penting untuk mengenali perubahan pada tutupan lahan yang mungkin terkait dengan berbagai parameter lainnya termasuk misregistrasi, kondisi atmosfer yang

berbeda, perbedaan sensor dan perbedaan-perbedaan kondisi-kondisi lainnya. Diantara berbagai tahapan *preprocessing* data untuk deteksi perubahan, koreksi geometris citra *multitemporal* dan koreksi radiometrik adalah yang terpenting (Giri, 2012). Koreksi geometrik dapat menghilangkan atau mengurangi distorsi yang disebabkan oleh faktor-faktor ini sehingga citra dapat didaftarkan dengan benar dalam sistem informasi geografis (SIG) sedangkan. Untuk koreksi radiometrik bertujuan untuk mengurangi variasi tak terduga di antara banyak gambar dengan menyesuaikan sifat radiometrik gambar target agar sesuai dengan sifat radiometrik dari citra referensi (Giri, 2012).

Selain dua bentuk koreksi yang telah disebutkan, terdapat suatu bentuk pengolahan lainnya yang biasanya dilakukan untuk mempermudah pengolahan citra yaitu seperti *subsetting*. *Subsetting* (atau *spatial subsetting*) mengacu pada pemecahan sebagian gambar besar menjadi satu atau lebih potongan kecil (Battha, 2012). Selain itu terkait dengan penghilangan awan dapat dilakukan dengan *image composition*. Kumpulan data gambar bebas awan berguna baik untuk pembuatan komposit dan untuk perbandingan variasi temporal dalam sinyal spektral. Dalam pembuatan citra komposit, data dapat dikoreksi secara radiometrik, mosaik, dan dianalisis sebagai satu gambar untuk klasifikasi tipe tutupan lahan umum, atau data potongan citra dapat diklasifikasikan secara individual dan mosaik *postclassification*. Selain itu juga terdapat bentuk koreksi lainnya terkait dengan hilangnya data pada citra Landsat 7 pada tahun 2003 ke atas. Untuk menutupi *gap* dikarenakan kerusakan data yang didapati dalam data citra Landsat 7 *scanline-off*, digunakan software *Frame and Fill* yang dikembangkan oleh Richard Irish (2009). Menurut Viet et al, hasil dari penggunaan *gap and fill* dengan *software* ini dapat diterima dalam penerapannya untuk identifikasi tutupan lahan (Viet et al, 2014). Selain itu terdapat bentuk koreksi lainnya yang dapat mempermudah dalam mengklasifikasikan citra yaitu seperti *image enhancement* (ERDAS Inc, 1999).

Dalam konteks penginderaan jarak jauh, penggabungan data biasanya mengacu pada proses mengintegrasikan data gambar yang dikumpulkan pada resolusi spasial, spektral, dan / atau temporal yang berbeda. (Khorram et al, 2016). Dari penggabungan ini, data citra nantinya dapat ditampilkan dalam berbagai kombinasi spectral. Data citra yang telah dikombinasi biasanya ditampilkan dalam bentuk beberapa saluran (*band*) atau sebagai "true" *color composites* (TCC) atau "false" *color composites* (FCC). TCC menggambarkan fitur-fiturnya dalam warna alami (natural color) yaitu dari warna asli biru/hijau/merah dan FCC . menampilkan kombinasi dari warna hijau pada saluran biru, merah pada saluran hijau dan *near-infrared* pada saluran merah (Khorram et al, 2016).



2.6 Klasifikasi dan Penilaian Akurasi

Klasifikasi data penginderaan jarak jauh digunakan untuk menetapkan tingkat (di mana sering disebut sebagai kelas) yang sesuai berkenaan dengan kelompok dengan karakteristik homogen, dengan tujuan untuk membedakan antara satu dengan banyak objek lainnya di dalam citra. beberapa objek satu sama lain di dalam citra (Bhatta, 2010). Sistem pengklasifikasian pada dasarnya melibatkan satu dari dua tipe pengklasifikasian yaitu pengklasifikasian yang bersifat *supervised* atau *unsupervised*. Pendekatan dengan metode *supervised* untuk memberikan label terhadap data pixel mengharuskan pengguna (peneliti) untuk memilih data pelatihan yang mewakili masing-masing kelas yang ditentukan (Khorram et al, 2016). Klasifikasi *supervised* jauh lebih akurat untuk pemetaan kelas informasi, namun sangat tergantung pada pengetahuan dan keterampilan penganalisis citra. Klasifikasi *unsupervised* merupakan klasifikasi dengan otomatisasi dari komputer (Bhatta, 2012).

Menurut Tilahun & Teferie (2016), *Google Earth* dipandang sebagai sumber yang kuat dan menarik yang dapat digunakan untuk investigasi dan studi awal dengan akurasi yang tepat dan biaya rendah serta dianggap penting untuk pemetaan dari tipe-tipe tutupan lahan yang berbeda juga untuk penilaian akurasi. Berdasarkan beberapa penelitian yang diterangkan dalam Tabel 2.9, sebagian besar menggunakan empat kategori tutupan lahan. empat kategori yaitu lahan terbangun, vegetasi, lahan terbuka (*non-urban*) dan badan air.

Tabel 2.9 Kategori Tutupan Lahan

No	Kategori tutupan lahan	Keterangan
1	Lahan terbuka	Lahan yang tidak digunakan, lahan kosong dan tanah bebatuan. Biasanya terdapat vegetasi kurang dari 15%
2	Lahan terbangun	Bangunan/atap, jaringan transportasi, permukaan terbangun lainnya
3	Vegetasi	Wilayah vegetasi terutama lahan agrikultur.
4	Badan air	Keseluruhan wilayah perairan terbuka. Biasanya terdapat vegetasi atau tanah kurang dari 25%

Sumber : Rashed and Jurgens (2010, p.55), Rahman (2017, p.6), Congalton & Green (2008, p.171)

2.6.1 Penentuan Data Pelatihan (*training*)

Ukuran (yaitu, jumlah sampel) dari kumpulan data *training* dan strategi *sampling* yang digunakan merupakan dua faktor yang mempengaruhi kinerja pengklasifikasian. Menurut Mather (dalam Giri, 2012), riset-riset menyarankan bahwa ukuran sampel untuk masing-masing kelas harus 10-30 kali jumlah data kelas masukan yang digunakan. Desain sampel dapat sangat mempengaruhi keterwakilan sampel dan dengan demikian klasifikasi

yang dihasilkan, yang dapat menyebabkan inkonsistensi dalam rangkaian waktu tutupan lahan. Untuk klasifikasi kelas tutupan lahan, *stratified random sampling* sering digunakan karena memastikan bahwa kelas yang langka (luasan sedikit) disertakan (Giri, 2012). Terkait dengan *data independence*, dalam salah satu metode, data untuk training dan untuk referensi dalam hal ini untuk accuracy assessment tidak dapat menggunakan lokasi yang sama. Dalam hal ini jika menggunakan *random number generator* (pemberian nilai acak) harus menghilangkan titik-titik untuk *accuracy assessment* dalam *data training* (Congalton & Green, 2008).

2.6.2 Penilaian Akurasi (*accuracy assessment*)

Akurasi penilaian adalah istilah umum untuk membandingkan hasil klasifikasi terhadap data referensi geografis yang dianggap benar. Cara yang paling umum untuk mengungkapkan akurasi klasifikasi adalah penyusunan *error matrix*, juga disebut *confusion matrix*, atau tabel kontingensi dalam beberapa literatur. (Murayama & Thapa, 2011). Salah satu bentuk penentuan sampel untuk penilaian akurasi ini dengan menggunakan metode distribusi *multinomial*. Distribusi *multinomial* memberikan persamaan yang sesuai untuk menentukan ukuran sampel yang dibutuhkan untuk menghasilkan *error matrix* (matriks kesalahan). Menurut Tortora, penggunaan *error matrix* disarankan menggunakan *multinomial distribution* dibandingkan dengan metode lain seperti *binomial distribution* (Congalton & Green, 2008).

$$n = B/4b^2.$$

Gambar 2.7 Rumus *Multinomial Distribution*

Sumber: Congalton & Green (2008, p.78)

Rumus di atas (Gambar 2.7) merupakan rumus *multinomial distribution* jika tidak diketahui prosentase luasan lahan yang mendominasi. B harus ditentukan dengan menggunakan tabel *chi-square* dengan 1 derajat kebebasan dan $1 - \alpha/K$. α merupakan nilai derajat kepercayaan dan K dalam hal ini merupakan jumlah kategori tutupan lahan. Sedangkan untuk b merupakan nilai tingkat presisi (Congalton & Green, 2008).

Untuk mengukur kecocokan antara data hasil simulasi dan kondisi eksisting, indeks kappa merupakan salah satu metode yang dapat digunakan. Indeks statistik kappa ini mengukur kesepakatan antara kategori peta dan referensi, menghilangkan efek faktor acak. Estimasi K dapat dihitung dari persamaan pada Gambar 2.8. r merupakan jumlah baris dan kolom dalam matrik kesalahan, N merupakan jumlah total *pixel* yang diobservasi, X_{ii}

merupakan kategori yang diobservasi dalam baris i dan kolom i , X_{i+} merupakan jumlah marjinal baris i , jumlah marjinal kolom I (Rwanga & Ndambukki, 2017).

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_i + Xx_{+1})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{ii} Xx_{+1})}$$

Gambar 2.8 Rumus Kappa untuk Penilaian Akurasi Tutupan Lahan

Sumber: Rwanga & Ndambukki (2017, p.619).

Tabel 2.10 Indeks Kappa

No	Indeks kappa	Agreement
1	0.80-1	Almost perfect
2	0.60-0.80	Substantial
3	0.40-0.60	Moderate
4	0.20-0.40	Fair
5	0-0.20	Slight
6	≤ 0	Poor

Sumber: Cohen dalam Srivastava et al (2014, p.105)

Tabel 2.11 Beberapa Penelitian yang Menggunakan *Google Earth* untuk Klasifikasi Tutupan Lahan

No	Peneliti	Akurasi	Kappa
1	Megahed (2015)	>96%	-
2	Rwanga & Mbuki (2017)	81.7%	0,722
3	Tilahun & Teferie (2015)	82%	0.7702
4	Parsa & Salehi (2015)	>85%	-
5	Vaz & Arsanjani (2015)	75-80%	-

Sumber : Megahed (2015, p.1759), Rwanga & Mbuki (2017, p.620), Tilahun & Teferie (2015, p.197), Parsa & Salehi (2015, p.1) dan Vaz & Arsanjani (2015, p.5)

Pada beberapa penelitian yang menggunakan *Google Earth* sebagai sumber observasi setidaknya harus mendapatkan nilai kappa kategori substantial Rwanga & Mbuki (2017).

Selain itu juga dapat dihitung tingkat akurasi dengan menghitung jumlah observasi yang benar dikalikan dengan 100 persen sehingga didapat nilai akurasi. Baik nilai kappa ataupun akurasi dapat dengan mudah diperoleh dengan bantuan dari matriks kesalahan pada Tabel 2.12.

Dalam *accuracy assessment*, menurut Araya & Cabral (2010), nilai akurasi sebesar 85% diperlukan untuk keefektifan dalam mengetahui pola sebaran perubahan tutupan lahan dan pemodelan. Dalam penelitian Parsa dan Salehi (2015), hasil klasifikasi lahannya menunjukkan akurasi di atas 85%. Untuk Vaz & Arsanjani (2015) hasil akurasi datanya berkisar antara 75-80%. Dalam penelitian lain, terkait dengan penggunaan *Google Earth* dari Tilahun & Teferie (2015) untuk *accuracy assessment* menunjukkan hasil 82% dengan

nilai kappa 0,77 di mana hasil tersebut hasil klasifikasi tersebut dapat dikatakan layak untuk digunakan. Begitu juga dalam penelitian oleh Rwanga & Mbuki (2017) di mana memiliki akurasi 81.7% dengan nilai kappa 0.722

Tabel 2.12 Matriks Kesalahan

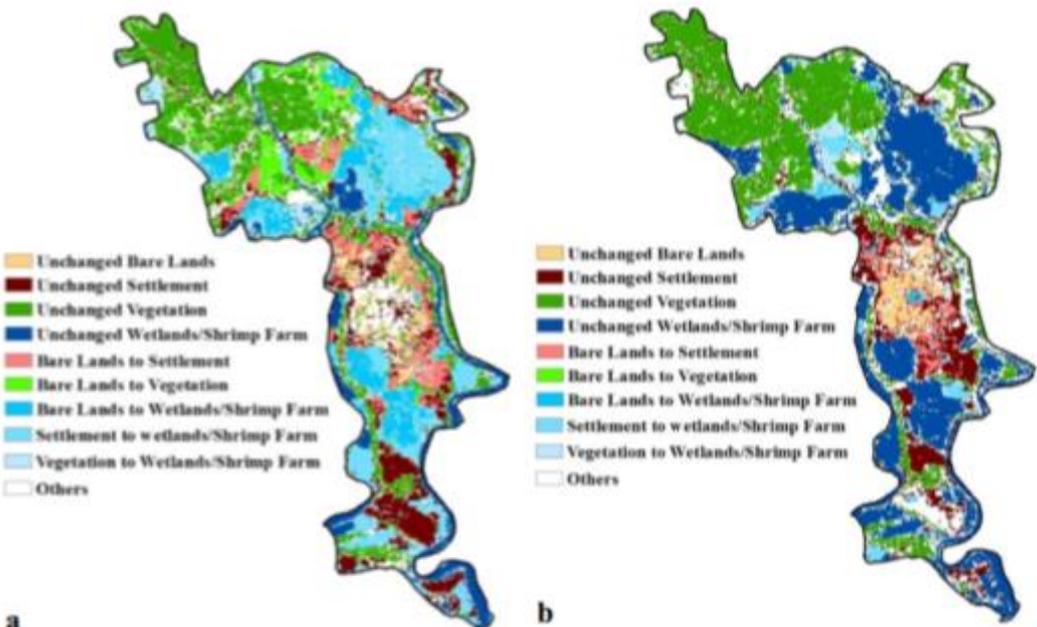
Hasil	Referensi				Total
	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas n	
Kelas 1	X_{11}				X_{1+}
Kelas 2		X_{22}			X_{2+}
Kelas 3			X_{33}		X_{3+}
Kelas n				X_{nn}	X_{n+}
Total	X_{+1}	X_{+2}	X_{+3}	X_{+n}	$\sum X_{ij}$

Sumber : diadaptasi dari Tilahun & Teferie (2015, p.197)

2.7 Deteksi Perubahan

Menurut Jensen et al., perbandingan pasca-klasifikasi (*post-classification*), merupakan metode yang populer untuk mendeteksi perubahan perkotaan. Dalam perbandingan pasca klasifikasi, setiap tanggal citra yang dikoreksi diklasifikasikan secara independen agar sesuai dengan skema tipe lahan yang sama (jumlah dan jenis kelas tutupan lahan yang sama). Peta tutupan lahan yang dihasilkan kemudian di-*overlay* dan dibandingkan berdasarkan piksel per piksel (Bhatta, 2010). Menurut Jensen (dalam Bhatta, 2010), matriks transisi adalah tabel yang memungkinkan pengguna untuk mengukur perubahan di antara kelas tutupan lahan / penggunaan lahan yang berbeda selama periode waktu tertentu. Hasilnya adalah peta perubahan tutupan lahan. Dengan menggunakan data klasifikasi dari dua waktu yang berbeda, matriks transisi dapat dibangun untuk menentukan wilayah di setiap kelas penutup lahan yang telah berubah terhadap satu tutupan lahan dengan tutupan lahan lainnya (Bhatta, 2010).

Matriks transisi (Tabel 2.13) merupakan metode yang paling banyak dipilih untuk mengukur pertumbuhan perkotaan atau untuk menjelaskan transisi di antara kelas tutupan lahan di atas wilayah geografis (Bhatta, 2010). Alat sistim informasi geografis (GIS) memungkinkan perubahan ini diukur dari data penginderaan jauh yang diklasifikasikan dalam ruang dan waktu untuk menunjukkan pola spasial dan komposisi tutupan lahan dalam representasi yang dinamis. Matriks transisi mungkin merupakan teknik yang paling sederhana dan banyak digunakan untuk menggambarkan dan memahami perubahan dalam lansekap dan memodelkan penyebab serta konsekuensi dari perubahan tersebut (Bhatta, 2010).



Gambar 2.9 Contoh Perubahan Tutupan Lahan Antara Tahun 1989 dan 2002 (a) dan Antara tahun 2002 dan 2015 (b) di Assasuni Upazila.
 Sumber : Rahman et al (2017, p.11)

Tabel 2.13 Salah Satu Bentuk Tabel Matriks Transisi Perubahan Tutupan Lahan Antara Waktu t1 dan t2 (luas di km2).

		Tutupan lahan pada waktu t ₂						
		Kelas A	Kelas B	Kelas C	Kelas D	Kelas E	Kelas F	t ₁ Total
Tutupan lahan pada waktu t ₁	Kelas A	X ₁₁						X ₁₊
	Kelas B		X ₂₂					X ₂₊
	Kelas C			X ₃₃				X ₃₊
	Kelas D				X ₄₄			X ₄₊
	Kelas E					X ₅₅		X ₅₊
	Kelas F						X ₆₆	X ₆₊
t ₂ Total		X ₊₁	X ₊₂	X ₊₃	X ₊₄	X ₊₅	X ₊₆	

Sumber: diadaptasi dari Bhatta (2010, p.81)

Menurut Jensen (dalam Bhatta, 2010), perbandingan per piksel ini juga dapat diringkas dalam matriks perubahan 'from-to' (juga disebut matriks transisi). Selain itu Howarth & Wickware (dalam Bhatta, 2010) menyatakan bahwa matriks perubahan 'from-to' menunjukkan setiap perubahan tutupan lahan pada skema klasifikasi yang asli (data eksisting) dan menunjukkan wilayah setiap kelas perubahan. Dalam pendekatan ini, karena setiap citra diklasifikasikan secara independen, sehingga koreksi-koreksi yang bersifat atmosferik tidak diperlukan (Bhatta, 2010).

2.8 Model dan Simulasi Dengan Artificial Neural Network (ANN)

Menurut Guidici (dalam Bhatta, 2010), model adalah representasi sederhana dari sistem fisik dan alat untuk mensimulasikan perilaku sistem fisik. Pemodelan perkotaan

adalah kegiatan untuk mendefinisikan, membangun, dan menerapkan model untuk tujuan tertentu yang biasanya telah ada dalam perencanaan fisik. Pengukuran perubahan perkotaan merupakan perpanjangan dari pendeteksian perubahan perkotaan. Menurut Bhattan (2010), pemodelan pertumbuhan perkotaan merupakan penggunaan model untuk mensimulasikan pertumbuhan perkotaan dan memprediksi dinamika perkotaan di masa depan.

Simulasi adalah sebuah bentuk tiruan dari sebuah operasi dari sebuah proses atau sistem di dunia nyata dalam rentang waktu tertentu. Pergerakan simulasi ini pada awalnya memerlukan sebuah model untuk dikembangkan di mana model ini menunjukkan karakteristik atau perilaku kunci dari sebuah proses atau sistem yang diamati. Sebuah model dapat dikatakan mempresentasikan sebuah sistem fisik (Thomas et al, 2015). Menurut Giudici (dalam Bhatta, 2012), model dapat dijadikan bentuk evolusi pada masa mendatang dari sebuah sistem, dan model dapat digunakan sebagai sebuah alat yang dapat mewakili perubahan sistem dan menjadi petunjuk untuk pengumpulan data dan desain eksperimen (Bhatta, 2012)

2.8.1 Definisi *Artificial Neural Network* (ANN)

ANN ini seringkali dinyatakan dengan istilah MLP (*Multi-Layer Perceptron*) yang sebenarnya merupakan bentuk model dari. Secara definisi *Artificial Neural Network* (ANN) adalah sebuah jaringan syaraf yang terdiri dari banyak neuron buatan yang umumnya disimulasikan dengan sebuah program komputer. *Neuron* adalah sebuah komponen *neural network* di mana sebuah *neuron* merupakan sebuah anggota dalam satu layer jaringan yang terkoneksi dengan layer lainnya (Heaton, 2008).

Bentuk *Multilayer Perceptron* (MLP) yang digunakan dalam simulasi, salah satu bentuk ANN yang digunakan dalam MOLUSCE, adalah *feedforward network* (*forward propagation*), di mana semua neuron di lapisan yang sama terhubung ke semua neuron dari lapisan berikutnya, namun neuron pada lapisan yang sama tidak saling terhubung satu sama lain. Ini disebut *feedforward network* karena aliran informasi berpindah dari lapisan input ke lapisan output. Algoritma pelatihan yang digunakan untuk MLP adalah *backpropagation*, yang merupakan algoritma pembelajaran yang diawasi, di mana MLP belajar output yang diinginkan dari berbagai data masuk (NextGIS, 2014).

2.8.2 MOLUSCE

Penggunaan perangkat lunak yang bersifat *open source* semakin banyak digunakan di sektor publik maupun swasta di mana QGIS merupakan salah satu perangkat lunak tersebut. MOLUSCE dirancang untuk menganalisa, memodelkan dan mensimulasikan

perubahan guna lahan ataupun tutupan lahan. Antarmuka pengguna MOLUSCE menawarkan antarmuka yang mudah digunakan dengan modul dan fungsi tertentu. Berikut adalah deskripsi singkat tentang modul dasar dalam MOLUSCE yang diterangkan pada Tabel 2.14 (QGIS, 2014).

Tabel 2.14 Modul-modul yang Terdapat di MOLUSCE

No	Modul	Keterangan
1	Modul input	Peta penggunaan lahan / tutup dari berbagai zaman, data faktor pendorong biofisik dan sosio-ekonomi seperti jaringan jalan, sungai, topografi, populasi dll, dimuatkan ke modul input.
2	Evaluasi korelasi	Modul ini terdiri dari tiga metode, yaitu korelasi pearson, koefisien crammer dan joint information uncertainty, yang digunakan untuk memeriksa korelasi antara variabel spasial.
3	Perubahan tutupan lahan	Menghitung perubahan penggunaan lahan / penutup antara dua periode waktu (t_1 dan t_2). Matriks transisi guna lahan atau tutupan lahan seperti perubahannya serta peta perubahan penggunaan lahan dibuat dalam modul ini.
4	<i>Transition potential modelling</i>	Terdapat empat metode yang dapat digunakan yaitu <i>artificial neural network</i> , <i>logistic regression</i> , <i>multi-criteria evaluation</i> dan <i>weight of evidence</i> digunakan untuk pemodelan potensi transisi penggunaan lahan / potensi perubahannya.
5	<i>Cellular automata modelling</i>	Menampilkan peta potensi transisi, fungsi kepastian (eksperimental) dan hasil simulasi. Peta penggunaan / tutupan simulasi (diproyeksikan) diproduksi berdasarkan pendekatan pemodelan cellular automata-monte carlo
6	Validasi model	Sub-modul ini menggabungkan statistik kappa (standar kappa, histogram kappa dan lokasi kappa), yang akan digunakan untuk memvalidasi keakuratan peta penggunaan / penutup yang disimulasikan.

Sumber : NextGIS, (2014).

2.8.3 Input Data Untuk Simulasi Model

Di dalam MOLUSCE, yaitu input data tutupan lahan (*initial data raster*) dan variabel spasial. Terdapat dua transformasi data yang dilakukan dalam MOLUSCE yaitu : *dummy coding* untuk variabel kategorial dalam hal ini *data* tutupan lahan serta normalisasi untuk data variabel-variabel spasial di mana datanya bersifat *single-band* atau *multiband* (di mana setiap piksel mempunyai nilai yang bukan kategorikal) (NextGIS, 2014)..

a) *Dummy coding*

Karena input data tutupan lahan bersifat kategoris, masing-masing harus diubah agar menjadi variabel independen. Untuk melakukan itu MOLUSCE menggunakan *dummy coding* di mana variabel kategori N level dibagi menjadi N-1 *dummy variables*. Misalnya, untuk empat kategori tutupan lahan (Agrikultur, Hutan, *Urban* dan badan air), harus menggunakan tiga variabel *dummy* (NextGIS, 2014).

Tabel 2.15 Contoh *Dummy Coding*

	<i>Dummy 1</i>	<i>Dummy 2</i>	<i>Dummy 3</i>
Agrikultur	0	0	1
Hutan	0	1	0
Urban	1	0	0
Badan Air	0	0	0

Sumber : <http://wiki.gis-lab.info> (2014)

b) Normalisasi

Tahap berikutnya adalah normalisasi data faktor. Biasanya normalisasi memungkinkan untuk mencapai pelatihan yang lebih efisien dan hasil prediksi yang lebih akurat.

MOLUSCE menggunakan normalisasi linier dengan rumus pada Gambar 4.4 dimana di mana x_i adalah variabel, \tilde{x}_i adalah variabel ternormalisasi, μ adalah *mean* dari x_i dan σ adalah standar deviasi x_i (NextGIS, 2014).

$$\tilde{x}_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, N$$

Gambar 2.10 Rumus Normalisasi Variabel-variabel Spasial

Sumber : Vogiatzaki & Krukowski (2016, p.104)

2.8.4 Pemodelan dan Parameter-parameternya

a) Penentuan sampel

Sebuah sampel bekerja sebagai sebuah piksel dan sebuah *neighborhood* dari beberapa piksel. Implementasi algoritma menggunakan *Moore Neighborhood*. Misalnya jika peneliti menggunakan $n=1$ maka prosedur pengambilan sampel membaca nilai piksel dan semua piksel yang berada di sekitarnya (dalam hal ini berukuran 3×3). Sedangkan peneliti menggunakan $n=2$ maka prosedur pengambilan sampel membaca nilai piksel dan membaca piksel di sekitarnya dalam ukuran ruang lingkup 5×5 . Pengambilan sampel diambil pada data input tutupan lahan dan variabel-variabel spasial. (NextGIS, 2014).

Diadaptasi dari NextGIS (2014), pada gambar 2.3 dapat dijelaskan bahwa terdapat sebuah *moore neighborhood* dengan nilai $n=1$. Jika menggunakan kategorikal dalam table 2.15 maka piksel bagian tengah merupakan kategori agrikultur

0	1	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	1	0	1	0
0	1	0	1	0	1	0	1	0

Gambar 2.11 Contoh Nilai Dummy Coding Menggunakan Empat Kategori Tutupan Lahan dengan $n=1$.

Sumber : diadaptasi dari NextGIS (2014)

Setiap data sampel memiliki nilai koordinat, *data input* dan *data output*. *Data input* (data tahun T1 yang merupakan tahun awal dan T2 merupakan tahun akhir) ini berisikan nilai data tutupan lahan yang telah dikonversi dengan *dummy coding*. Untuk data *output* dikonversi kedalam dalam nilai dengan rentang (-1,1) yang berisikan data peta perubahan lahan sehingga dapat dikatakan nilai ini didapat dari data matriks perubahan yaitu sebagai berikut :

Tabel 2.16 Contoh Hitungan Dalam Nilai Data Output Dalam ANN

	Kategori 1	Kategori 2	...	Kategori N
Kategori 1	0	1	...	N-1
Kategori 2	N	N+1	...	2N+1
...
Kategori N	(N-1)*N	(N-1)*N+1	...	N*N-1

Sumber : <http://wiki.gis-lab.info> (2014)

Tabel 2.17 Contoh Output Dalam Perhitungan dengan Rumus ANN

	Agrikultur	Hutan	Urban	Badan Air
Agrikultur	0	1	2	3
Hutan	4	5	6	7
Urban	8	9	10	11
Badan Air	12	13	14	15

Sumber : <http://wiki.gis-lab.info> (2014)

Jika *output* memiliki nilai *output* 4 maka nilai *output* bernilai (-1,-1,-1,-1,1,-1,-1,-1,-1,-1,-1,-1,1,-1,-1,-1,-1) dimana nilai 1 terletak di deret 4 jika nilai dimulai dari 0. Jika *output* memiliki nilai 15 maka keseluruhan 16 nilainya memiliki nilai 1. Dalam hal ini jika penelitian menggunakan empat kategori tutupan lahan maka *output* memiliki jumlah nilai -1 atau 1 sebanyak 16. Nilai *output* ini sebenarnya merupakan nilai transisi matriks yang merupakan perubahan tutupan lahan dari waktu T1 dengan T2 di mana T1 adalah waktu awal dan T2 adalah waktu akhir yang ditampilkan seperti pada gambar 2.9 yang didapat dari deteksi perubahan (NextGIS, 2014)

b) Neighborhood dan Hidden Layers

Dalam MOLUSCE, nilai input dari ANN ditentukan oleh nilai *neighborhood*. merupakan rumus untuk jumlah input *neuron* untuk ANN di mana C merupakan jumlah nilai kategori tutupan lahan, untuk B jumlah variable spasial dan N adalah nilai *neighborhood*. Input neuron didapatkan dengan perhitungan yaitu $(C - 1)(2N + 1)^2 + B(2N + 1)^2$. Untuk rumus dari jumlah neuron *hidden layer* "n" merupakan nilai yang didapat dari rumus input neuron dan "m" merupakan didapat dari nilai kuadrat dari jumlah kategori tutupan lahan (NextGIS, 2014).

$$\text{Jumlah Neuron Hidden Layer} = \sqrt{n * m}$$

Gambar 2.12 Rumus Jumlah *Neuron Hidden Layer* untuk Satu *Hidden Layer*

Sumber : Macukow (dalam Saed & Homenda, 2016 p.12)

c) *Learning rate, momentum dan max iteration*

Menurut Heaton (2008), ketika menggunakan *hyperbolic tangent* (tanh) sebagai sebuah fungsi aktivasi sangat penting untuk menggunakan nilai *learning rate* dan momentum yang rendah. Terkait hal ini, MOLUSCE menggunakan fungsi aktivasi tanh dalam perhitungan nilai neuronnya. Jika tidak, perubahannya akan menjadi terlalu besar dan jaringan yang dibentuk akan sulit untuk mendapat nilai *error* yang dapat diterima (dalam hal ini semakin kecil semakin baik) (Heaton, 2008). Menurut, Orr et al (1998) melakukan set nilai awal pada parameter-parameter pelatihan dengan nilai input 0-1 dengan menggunakan nilai di sekitar 0.1 termasuk kategori rendah.

Learning rate memiliki definisi sebuah konsep pada sebagian besar algoritma pelatihan *neural network* terkait seberapa besar perubahan *weight* (beban) yang harus didapatkan dari hasil pelatihan Untuk *momentum* memiliki definisi sebuah konsep pada sebagian besar algoritma pelatihan *neural network* terkait seberapa besar seberapa besar pengaruh dari. pelatihan sebelumnya Sedangkan *iteration* atau *max iteration* merupakan nilai proses perulangan pelatihan (Heaton, 2008).

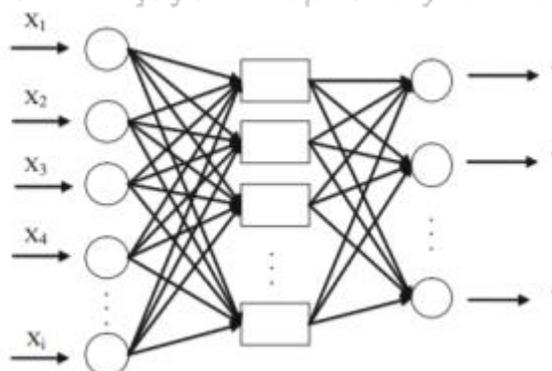
Dalam penelitian Oliveira (dalam Hsu et al, 2014) juga dijelaskan bahwa nilai *learning rate* sebesar 0.01 juga termasuk kategori rendah. Selain itu dalam penelitian yang sama, *learning rate* dengan nilai tersebut yaitu 0.01 dibandingkan dengan nilai-nilai lainnya seperti 0.5, 0.25, 0.1 menghasilkan nilai *error* yang lebih sedikit. Semakin tinggi nilai *learning rate* dapat mempercepat pelatihan tetapi menghasilkan banyak osilasi sehingga sulit untuk mencapai kesalahan terendah. Di sisi lain penggunaan nilai *learning rate* yang lebih rendah membuat pelatihan menjadi stabil, meski berjalan lambat (untuk mencapai nilai error yang rendah) (Hsu et al, 2014).

Dalam penelitian yang dilakukan Lee et al (dalam Lee & Ng, 2011) digunakan ANN dengan menggunakan nilai *learning rate* yang mayoritas bernilai 0.01 serta variasi momentum 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.8, 0.9 serta mayoritas menggunakan nilai iteration sebesar 1000. Tujuan dilakukannya perulangan (*iteration*) ini adalah untuk mendapatkan nilai *error* yang dapat diterima (dalam hal ini untuk mencari nilai *error* yang lebih kecil (Heaton, 2018).

2.8.5 Model *Artificial Neural Network*

Dalam MOLUSCE, bentuk model *artificial neural network* yang digunakan adalah *multilayer perceptron* seperti pada gambar 2.13. Dalam model ini digunakan dua algoritma utama yaitu *forward-propagation* dan *backpropagation*. Dalam proses tersebut pengambilan data diambil secara *random* dari keseluruhan data sampel (NextGIS, 2014).

Terkait dengan simulasi model pertumbuhan kota, input dari ANN seperti dalam gambar 2.13 yaitu x_1 hingga x_n adalah data tutupan lahan yang telah diubah dalam dummy coding serta variabel-variabel spasial yang telah dinormalisasi (Livingstone, 2008).



Gambar 2.13 Diagram *Artificial Neural Network*

Sumber : Livingstone (2008, p.85)

Di dalam *Artificial Neural Network* ini menggunakan dua algoritma yaitu *forward propagation* dan *backpropagation*. Rumus *forwardpropagation* adalah sebagai berikut:

$$\text{Net}_j = \sum_i W_{ij} X_i + \text{bias}_j$$

Gambar 2.14 Rumus dari *Forward Propagation*

Sumber : Livingstone (2008, p.86)

Di mana W_{ij} adalah merupakan koneksi beban terhadap *neuron* j dari layer dari *neuron* i pada layer sebelumnya. Untuk bias_j merupakan nilai bias dari *neuron* j . Net_j merupakan input-input beban yang bertransformasi dengan fungsi *transfer* yang biasanya didapatkan dalam tingkatan output. Dalam hal ini fungsi yang dimaksud menggunakan fungsi tanh atau biasa dikenal dengan *hyperbolic tangent* (Livingstone, 2008).

Sedangkan rumus *backpropagation* adalah sebagai berikut :

$$\Delta w_{ij}(n) = \eta \delta_i O_j + \alpha \Delta w_{ij}(n-1)$$

Gambar 2.15 Rumus *Backpropagation*

Sumber : Livingstone (2008, p.86)

Delta w_{ij} merupakan faktor beban dari tiap-tiap *node* pada jaringan. sedangkan δ merupakan nilai *error* dari node i dan O_j merupakan *output* dari *node* j . Koefisien dari η dan α adalah faktor nilai *learning rate* dan *momentum* (Livingstone, 2008).

2.8.6 Simulasi Model Artificial Neural Network

Dalam simulasi dengan MOLUSCE, terdapat input data utama yang data raster tahun awal yang tergantung target tahun pada tahun pencarian model *artificial neural network* (ANN), data faktor-faktor raster (variabel spasial), dan model yang dalam hal ini didapatkan dari pengolahan dengan *artificial neural network* (NextGIS, 2014). Skema simulasi ini secara internal bekerja sebagai berikut:

- 1) modul simulasi mengambil probabilitas transisi dari transisi matrix dan menghitung jumlah piksel yang berubah di setiap transisinya.
- 2) modul simulasi mengambil model dari pengolahan ANN dan memasukkan nilai-nilai dari data raster tahun awal.
- 3) model ANN melakukan menganalisis setiap piksel dari raster beserta piksel-piksel di sekitarnya dan mengkalkulasi potensi transisi di setiap kelas transisi.
- 4) modul simulasi mengkontruksi raster terkait tingkat kepercayaan setiap piksel secara internal yang didapat dari selisih dua nilai terbesar output ANN dari masing-masing piksel yang mengalami transisi. semakin besar selisihnya, semakin besar tingkat kepercayaannya.
- 5) modul simulasi mengkontruksi sebuah raster secara internal dengan kemungkinan transisi terbesar.
- 6) Untuk setiap kelas transisi, modul simulasi mencari piksel dalam raster yang mengalami transisi dan memiliki nilai kepercayaan yang besar dan mengubah kategori dari piksel tersebut (NextGIS, 2014)

2.8.7 Validasi Model

Modul validasi memungkinkan untuk memeriksa keakuratan simulasi. Penghitungan validasi menggunakan rumus Cohen kappa yang diterangkan dalam Gambar 2.16. $1-P(E)$ menunjukkan klasifikasi kecocokan dengan kondisi sebenarnya yang dapat dicapai dibanding kemungkinannya sedangkan $P(A)-P(E)$ menunjukkan kesamaan sebenarnya antara hasil simulasi dengan kondisi sebenarnya (target referensi). Dalam hal ini yang membedakan adalah target referensi data di mana target referensi dalam penilaian ini yaitu tutupan lahan tahun eksisting dimana dibandingkan dengan tutupan lahan hasil simulasi dengan target tahun yang sama dengan tahun eksisting (Duzgun & Demirel, 2011). Menurut Randolph dan Rogers (2000), nilai kappa dikategorikan buruk dan tidak dapat



digunakan jika nilainya dibawah 0.4. Gambar 2.17 menunjukkan contoh bentuk komparasi antara tutupan hasil simulasi dan eksisting dan Gambar 2.18 menunjukkan tutupan lahan hasil simulasi yang parameter-parameternya diambil dari simulasi pada Gambar 2.17.

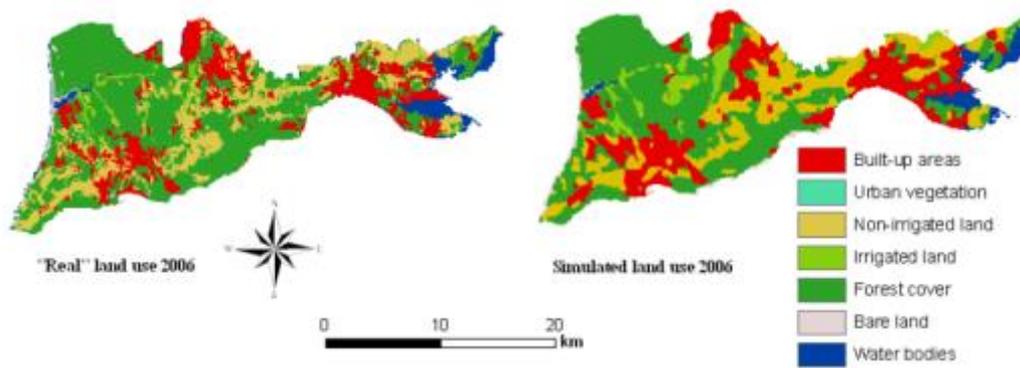
$$\kappa = \frac{P(A) - P(E)}{1 - P(E)}$$

Gambar 2.16 Rumus Cohen Kappa

Sumber : Duzgun & Demirel (2011, p.77)

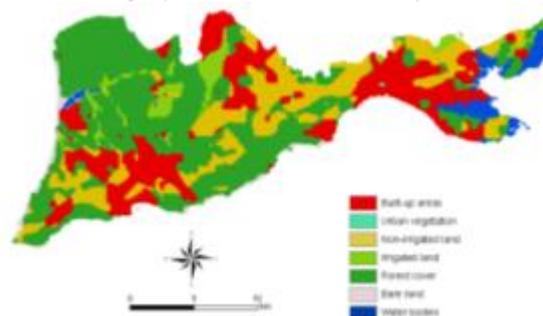
Tabel 2.18 Nilai Validasi Model untuk Simulasi Untuk Tahun Referensi dengan Kondisi Eksisting

No	Sumber	Nilai kappa (<i>overall</i>)	Akurasi
1	Megahed et al. (2015)	≥ 0.9	80%
2	Vaz & Arsanjani (2015)	0.82	-
3	Ozturk (2015)	0.85	-
4	Araya & Cabral (2010)	0.83	-
5	Rahman et al (2017)	0.63	70%
6	Parsa & Salehi (2016)	> 0.9	-



Gambar 2.17 Contoh Bentuk Komparasi Tutupan Lahan Eksisting dan Hasil Simulasi Tahun 2006 di Setubal & Sesimbra dengan Nilai Kappa 0.83

Sumber : Araya & Cabral (2010, p.1559)



Gambar 2.18 Contoh Hasil Simulasi Akhir Tahun 2020 di Setubal & Sesimbra

Sumber : Araya & Cabral, (2010, p.1560)

2.9 Studi Terdahulu

No	Judul penelitian	Tujuan	Variabel	Metode analisis	Kontribusi ke peneliti	
1	Analisis dan Pemodelan Perubahan Tutupan lahan di Setubal dan Sesimbra, Portugal (Araya & Cabral, 2010)	Mengidentifikasi dan menganalisis pola perubahan lahan di perkotaan di kota Setubal dan Sesimbra antara tahun 1990 dan 2006. Untuk menentukan kemungkinan daerah maju yang dikembangkan sehingga memungkinkan antisipasi terhadap kebijakan perencanaan yang bertujuan untuk melestarikan air karakteristik alam yang unik dari wilayah studi.	Kelas lahan terbangun, lahan perkotaan, lahan teririgasi, lahan hutan, badan air, lahan terbuka	lahan : lahan vegetasi tak teririgasi, lahan <i>cellular automata markov-chain</i>	Analisis spasial metrik Simulasi pertumbuhan dengan menggunakan <i>cellular automata markov-chain</i>	Manfaat menggunakan variabel-variabel spasialnya Penggunaan <i>crosstabulation</i> dalam hal ini <i>transistion matrix</i>
2	Analisis pemetaan tutupan lahan dan pemodelan pertumbuhan perkotaan menggunakan teknik penginderaan jauh di wilayah Greater Cairo Mesir (Megahed cs, 2015)	Mendeteksi tututupan lahan dari tahun 1984 hingga 2014. Menganalisis secara spasial dan temporal pola pertumbuhan Memodelkan perubahan tututupan lahan untuk memprediksi tututupan lahan pada tahun 2025 dengan <i>Land Change Modeler</i>	Kelas tututupan lahan : vegetasi, urban, badan air	lahan : lahan urban, lahan perkotaan	Analisis spasial metrik Simulasi pertumbuhan dengan menggunakan <i>Land Modeler</i> dengan pendekatan <i>cellular automata-markov chain</i> dan <i>multi criteria evaluation</i>	Manfaat menggunakan variabel-variabel spasialnya
3	Analisis spasial-temporal dan simulasi pola perubahan tututupan lahan, studi kasus : Naghadeh Iran	Menyediakan data tututupan lahan yang terintegrasi dengan GIS Memprediksi tututupan lahan dengan mendekati	Kelas tututupan lahan : wilayah terbangun, agrikultur, badan air, lahan terbuka	lahan : lahan terbangun, lahan dengan menggunakan CA-MC	Analisis perubahan tututupan lahan Simulasi tututupan lahan dengan menggunakan CA-MC	Pola pemodelan untuk simulasi pertumbuhan perkotaan.

No	Judul penelitian	Tujuan	Variabel	Metode analisis	Kontribusi ke peneliti
	(Parsa & Salehi, 2016)	<i>automata-markov chain</i> (CA-MC)			
4	Simulasi Pertumbuhan Perkotaan Atakum (Samsun, Turki) Menggunakan Cellular Automata-Markov Chain Multi-Layer Perceptron-Markov Chain Models (Ozturk, 2015) (Jurnal)	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk memahami pertumbuhan kota, • Untuk mengidentifikasi kemungkinan pertumbuhan melalui simulasi masa depan, dan • Menentukan metode yang memberikan hasil terbaik di wilayah studi. 	Kelas lahan: permukaan buatan, kawasan perumahan, lahan pertanian, kawasan hutan dan semi alam, ruang terbuka dengan sedikit atau tanpa vegetasi, badan air Variabel spasial/ <i>driving forces</i> : jarak ke pusat perkotaan, jarak ke sistem tram, jarak ke jalan utama, jarak ke wilayah terbangun eksisting, jarak ke laut, kelerengan (persentase), jarak ke sungai	Analisis perubahan spasial lahan pada masing-masing kelas. Analisis menggunakan <i>cellular automata-markov chain model</i> dengan bantuan AHP dan <i>artificial neural network (multilayer perceptron) -markov chain</i> untuk simulasi	Manfaat: Penggunaan variabel-variabel spasial yang dibandingkan dengan penelitian-penelitian lainnya. Kejelasan terkait dengan keakuratan penggunaan <i>artificial neural network</i> untuk simulasi.
5	Mempr... Pertumbuhan Perkotaan di Wilayah Greater Toronto Menggabungkan <i>Markov Cellular Automata Meta-Analysis</i> Dokumen (Vaz & Arsanjani, 2015) (Jurnal)	Untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan di wilayah Toronto melalui Evaluasi Multi-Kriteria yang mendamaikan	Kelas lahan: perkotaan (urban), tanah kosong, agrikultur, rangeland, hutan, badan air Variabel spasial: jarak ke jalan jarak dari badan air, jarak dari wilayah terbangun eksisting, tingkat kelerengan	Analisis simulasi pertumbuhan perkotaan dengan menggunakan ANN- <i>markov chain</i> dan <i>multicriteria evaluation</i>	Penggunaan variabel-variabel spasial yang dibandingkan dengan penelitian lainnya.

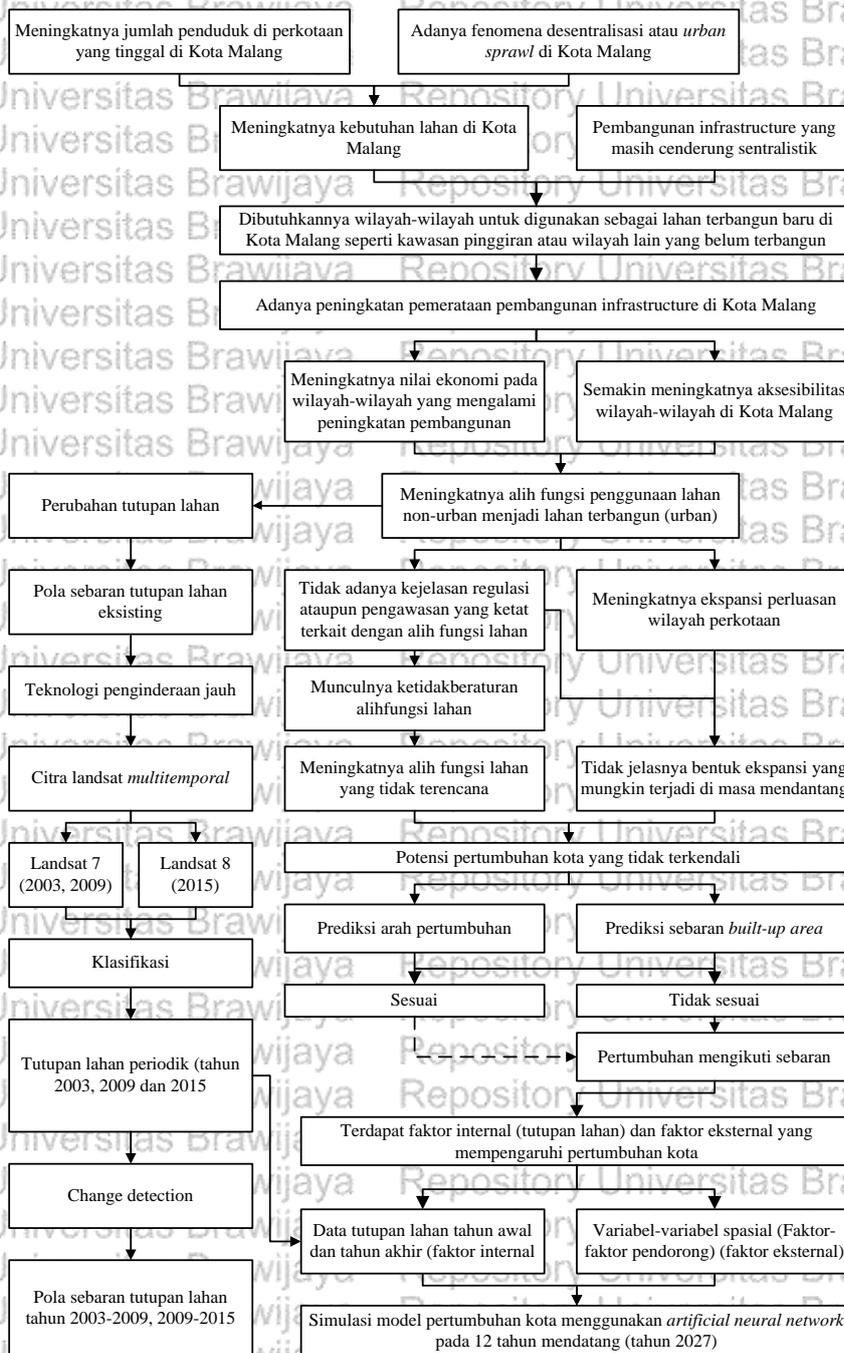
No	Judul penelitian	Tujuan	Variabel	Metode analisis	Kontribusi ke peneliti	
6	Prediksi pertumbuhan perkotaan di Athena Yunani menggunakan artificial neural network (Triantakonstantis & Stathakis 2015),	Mengetahui seberapa akurat prediksi menggunakan eksisting dengan hasil simulasi	seberapa besar tutupan lahan terbangun dengan hasil simulasi	Kelas lahan : terbangun, tak terbangun Variabel spasial : Kerelengan, jarak dari jalan, jarak dari lahan terbangun, ketinggian	Menggunakan ANN-markov chain untuk prediksi pertumbuhan kota	Variabel-variabel spasial dan kelas tutupan lahan
7	Simulasi kota dengan menggunakan neural network dan cellular automata untuk perencanaan lahan (Moghaddam & Samadzadegan 2009),	Mengetahui seberapa akurat prediksi dengan menggunakan neural network pada tutupan lahan eksisting dengan hasil simulasi model	seberapa besar tutupan lahan dengan menggunakan hasil simulasi model	Kelas lahan : lahan terbangun, jalan, hijau, lahan tak terbangun dan badan air Variabel spasial : jarak ke pusat perkotaan dan sub pusat perkotaan, jarak dengan jalan terdekat, jarak dengan jalur kereta api, jarak dengan air, jumlah lahan terbangun, tingkat kelayakan agrikultural	Menggunakan ANN untuk mengetahui akurasi model pertumbuhan kota	Variabel-variabel spasial dan kelas tutupan lahan
8	Perubahan tutupan lahan temporal dan dinamis prediksiya menggunakan CA-ANN model di barat daya daerah tepian Bangladesh (Rahman et al., 2017)	Untuk mengetahui perubahan tutupan lahan di wilayah Assasuni Upazila dari distrik Satkhira	perubahan tutupan lahan di wilayah Assasuni Upazila dari distrik Satkhira	Kelas lahan : pemukiman, lahan basah, lahan terbuka dan vegetasi Variabel spasial : jarak dari jalan dan ketinggian.	Menggunakan ANN dengan menggunakan MOLUSCE	Variabel-variabel spasial dan kelas tutupan lahan serta penggunaan MOLUSCE



BAB III

KERANGKA KONSEP PENELITIAN

3.1 Kerangka Pemikiran



Gambar 3.1 Diagram Kerangka Pemikiran

Pada Gambar 3.1 dapat dijelaskan bahwa terjadinya peningkatan penduduk di Kota Malang dan adanya fenomena suburbanisasi atau *urban sprawl* memicu terjadinya peningkatan kebutuhan lahan di Kota Malang. Untuk mengakomodir peningkatan kebutuhan lahan tersebut maka peningkatan pemerataan pembangunan infrastruktur dilakukan di kota tersebut. Keadaan tersebut mendorong peningkatan-peningkatan nilai ekonomi pada wilayah-wilayah yang mengalami pembangunan. Selain itu aksesibilitas terhadap wilayah-wilayah di Kota Malang semakin meningkat. Hal tersebut tentunya memicu terjadinya alih fungsi penggunaan lahan *non urban* menjadi terbangun (*urban*). Keadaan tersebut juga didorong oleh keberadaan beberapa lahan yang semakin tidak produktif.

Kondisi tersebut tentunya membuat terjadinya perubahan tutupan lahan yang dapat dilihat dari pola sebaran eksisting dari data tutupan lahan yang diteliti dalam studi ini. Hal tersebut dapat dilihat dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh salah satunya dengan pengolahan data dari citra Landsat *multitemporal*. Pengolahan citra tersebut dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu klasifikasi tutupan lahan, *change detection*, dan observasi terhadap perubahan pola sebaran tutupan lahan.

Adanya alihfungsi lahan tersebut tentunya dapat menimbulkan beberapa masalah di lingkungan perkotaan dari meningkatnya alih fungsi lahan yang tidak terencana hingga munculnya ekspansi kota yang tidak jelas. Hal tersebut tentunya berpotensi menjadikan pertumbuhan kota tidak terkendali. Untuk itu perlu diketahuinya arah pertumbuhan kota dan sebaran lahan terbangun di masa mendatang agar dapat dilihat kesesuaian ataupun ketidaksesuaian perubahan yang terjadi. Dalam hal ini sesuai dengan data dan literatur yang didapat dilakukan simulasi model pertumbuhan kota menggunakan *artificial neural network* pada tahun 2027. Data input yang digunakan prediksi pertumbuhan kota ini didapat hasil klasifikasi tutupan lahan dalam tahapan sebelumnya dan variabel-variabel spasial yang ditentukan.

3.2 Hipotesis

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Megahed et al (2015), Araya & Cabral (2010), Vaz & Arsanjani (2015), Ozturk (2015), Triantakonstantis & Stathakis (2015), Moghaddam & Samadzadegan (2009), Rahman et al (2017) terdapat peningkatan luasan lahan terbangun dan berkurangnya lahan tidak terbangun (vegetasi, badan air dan lahan terbuka) jika dibandingkan dengan input data eksisting yang digunakan sebagai input data simulasi. Terjadinya peningkatan lahan terbangun pada tahun simulasi

ditemukan pada penelitian-penelitian di atas yang menggunakan input data eksisting dengan rentang waktu 6-27 tahun terhadap tahun target simulasi. Berdasarkan hal tersebut, peneliti memiliki hipotesis jika terdapat peningkatan lahan terbangun dan pengurangan lahan tidak terbangun pada terkait dengan hasil simulasi tutupan lahan pada tahun target.

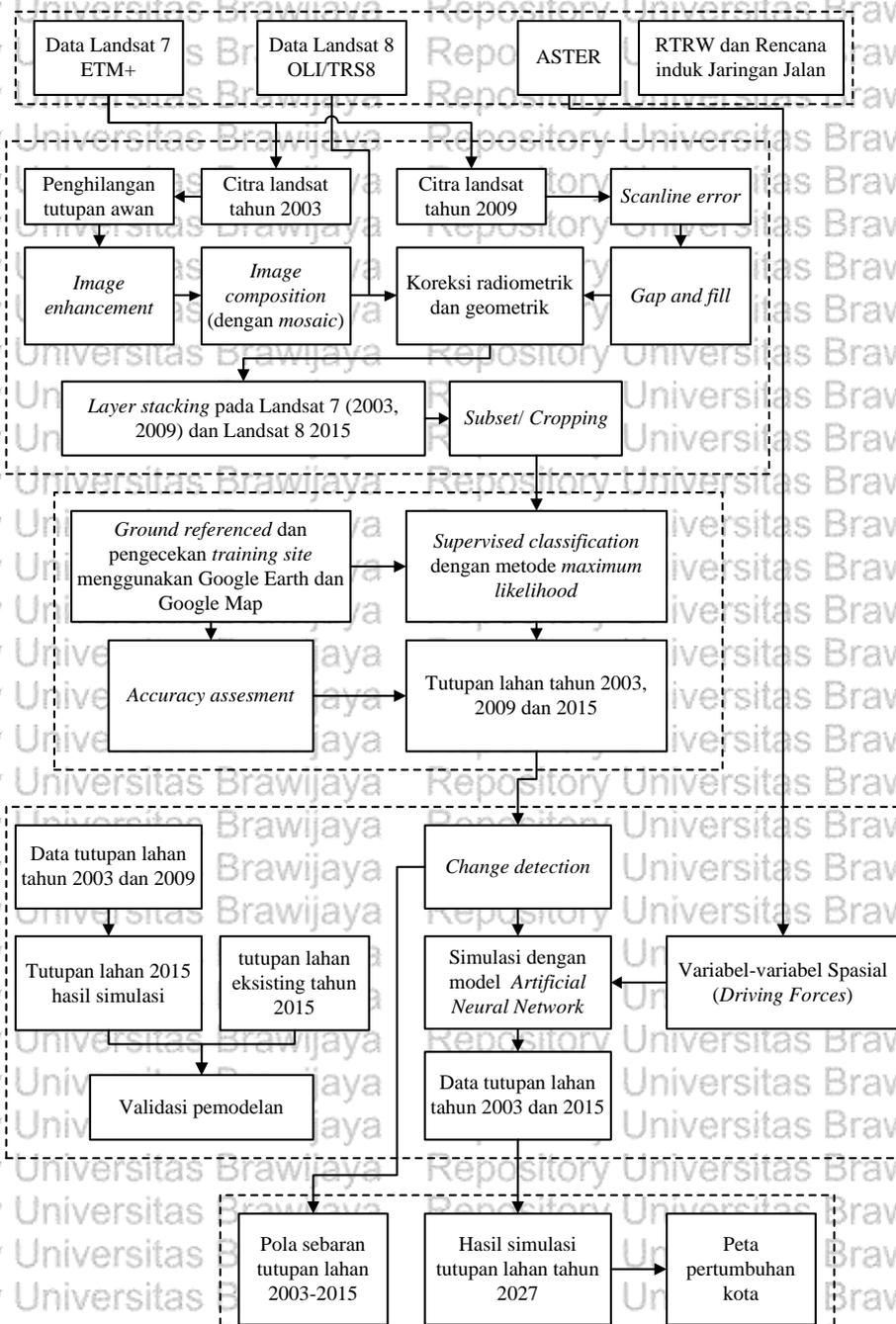
3.3 Definisi Operasional

Penelitian yang dilakukan merupakan jenis kuantitatif. Hal tersebut dapat terlihat dari data-data yang digunakan yaitu data-data angka yang didapat dari data *raster* citra satelit. Data-data ini seperti data-data kategorikal dari kelas tutupan yang ditransformasikan menjadi *dummy coding* (bersifat kuantitatif agar dapat diolah) dan variabel-variabel spasial yang diwakili nilai-nilai piksel dalam rasternya. Begitu juga dengan output yang dihasilkan adalah nilai luasan perubahan tutupan lahan pada tahun yang diprediksi dan perubahannya. Hal tersebut seperti yang dikatakan Arikunto (dalam Alfianika, 2016) bahwa penelitian kuantitatif banyak dituntut dalam menggunakan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran dan penampilan hasilnya.



BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Diagram Penelitian



Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian

4.2 Penentuan Variabel Penelitian

Penentuan variabel penelitian ini dilakukan sebagai input data terhadap pembahasan yang nantinya dilakukan. Variabel penelitian ini dilakukan berdasarkan studi literature dan penelitian-penelitian terdahulu. Berdasarkan hal tersebut berikut ini merupakan variabel yang akan dibahas dalam penelitian ini.

Tabel. 4.1 Variabel-variabel Penelitian

No	Tujuan	Variabel	Subvariabel	Sumber Pustaka
1	Mengetahui sebaran tutupan lahan di Kota Malang pada selang waktu antara tahun 2003, 2009 dan 2015	Tutupan lahan pada tahun yang diidentifikasi Perubahan tutupan lahan antara waktu yang diidentifikasi	Lahan terbangun Vegetasi Lahan terbuka Badan air	Giri (2015) Bhatta (2010) Rashed & Jurgens (2010).
2	Mengetahui bentuk simulasi pertumbuhan kota dengan model artificial neural network di Kota Malang pada tahun 2027 berdasarkan trend data-data eksisting	Luasan lahan terbangun pada tahun simulasi	Tutupan lahan pada tahun awal dan akhir untuk simulasi Variabel-variabel spasial (<i>driving factors</i>)	Araya & Cabral, (2010), Vaz & Arsanjani (2015), Ozturk (2015)

4.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan dalam studi ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder. Pengumpulan data sekunder ini dilakukan dengan mengumpulkan data ataupun informasi yang berupa dokumen serta kebijakan dari instansi-instansi terkait di Kota Malang serta beberapa studi literatur. Untuk data-data lain seperti melakukan penilaian akurasi ataupun penentuan training set menggunakan *Google Earth* dan *Google Map*. Data sekunder ini dikumpulkan dari instansi-instansi yang terkait dengan studi ini yaitu sebagai berikut

Tabel.4.2 Instansi dan Data-data yang Dibutuhkan

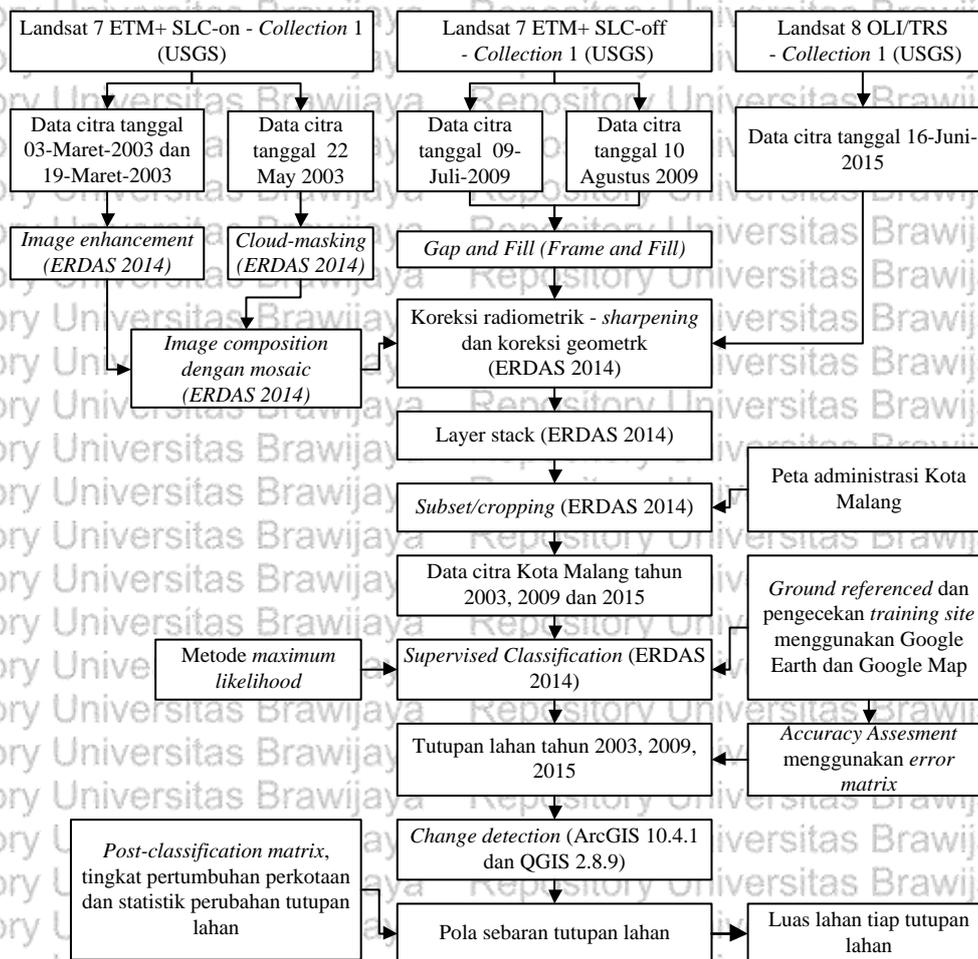
No	Instansi	Data
1	Baretilnbang Kota Malang	• RTRW Kota Malang 2010-2030
2	United States Geological Survey	• Data Citra Landsat 7 ETM+ tahun 2003 (03-Maret-2003, 19-Maret-2003 dan 22-May-2003) dan tahun 2009 (09-Juli-2009 dan 10-Agustus-2009) • Data Citra Landsat 8 OLI/TRS tahun 2015 (16-Juni-2015) • ASTER (DEM)

No	Instansi	Data
3	Google Earth	•Peta Kota Malang tahun 2003, 2009 dan 2015 dengan bantuan <i>historical imagery</i> (untuk penentuan data lokasi <i>training</i> dan <i>accuracy assessment</i>).

4.4 Metode Analisis

Metode analisis dibagi menjadi dua yaitu mengobservasi pola perubahan sebaran tutupan lahan dan simulasi model pertumbuhan kota. Pada observasi pola perubahan sebaran tutupan lahan menitikberatkan pada perubahan tutupan lahan pada rentang tahun 2003-2009 dan 2009-2015 di Kota Malang. Kemudian simulasi model pertumbuhan kota lebih kepada simulasi model menggunakan *artificial neural network* (ANN) dengan target tahun simulasi yaitu tahun 2027 di Kota Malang.

4.4.1 Mengetahui Sebaran Tutupan Lahan



Gambar 4.2 Diagram Pengolahan Awal dan Pemrosesan Data Citra

Tahapan ini menggunakan modul area change dalam MOLUSCE (plugin dalam QGIS). Dari tahapan ini dapat dihasilkan data *post-classification matrix* dan data statistic perubahan tutupan lahan dari peta tutupan lahan pada selang waktu 2003-2009 dan 2009-

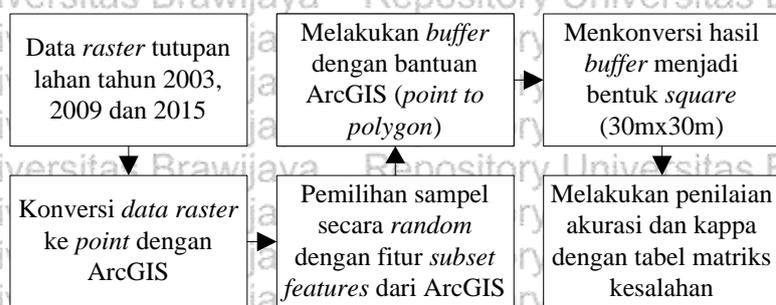
2015. Data *post-classification matrix* ini didapat dari pengolahan peta perubahan tutupan lahan setelah dilakukan klasifikasi tutupan lahan secara *supervised*. Sebelumnya, data yang digunakan dalam tahapan ini didapatkan dari pengolahan data citra Landsat yang diperoleh dari situs USGS. Menurut USGS, data-data landsat ini (*Collection-1* kategori L1TP) dianggap sesuai untuk tahapan pemrosesan secara *time-series*. Selain itu, data yang digunakan yang dikategorikan data L1TP telah dikalibrasi lintas sensor Landsat yang berbeda. Secara rinci terkait dengan tahapan ini diterangkan pada Gambar 4.2

Berikut ini merupakan penjelasan terkait dengan pengolahan data awal dan pemrosesan data citra yang digunakan untuk mengobservasi pola perubahan sebaran tutupan lahan di Kota Malang yaitu sebagai berikut:

- 1) Pengambilan data Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI/TRS di *website* <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- 2) Data yang diambil dari landsat 7 ETM+ SLC-on yaitu data untuk tahun 2003 yang diwakili oleh data yang diambil pada tanggal 22 Mei 2003. Dikarenakan terdapat awan, dilakukan pengambilan data tambahan pada tanggal 03 Maret dan 19 Maret tahun 2003. Kemudian dilakukan *cropping* untuk menghilangkan awan pada data tanggal 22 Mei 2003 dan pengambilan data raster penutup daerah *gap* dari data tanggal 03 Maret dan 19 Maret tahun 2003. Dilakukan *image enhancement* pada raster penutup daerah *gap* untuk disamakan dengan data pada tanggal 22 Mei 2003 yang kemudian dilakukan *mosaic* untuk menyatukan data.
- 3) Dari landsat 7 ETM+ SLC-off diambil data citra untuk tahun 2009 menggunakan data tanggal 9 Juli 2009. Dikarenakan terdapat *scanlines-error* dilakukan *gap and filling* terhadap data citra pada tanggal 09 Juli 2009 dengan data citra pada tanggal 10 Agustus 2009.
- 4) Dari landsat 8 OLI/TRS diambil data citra untuk tahun 2015 yang diwakili data pada tanggal 16 Juni 2015
- 5) Kemudian dilakukan koreksi *geometrik* untuk memperbaiki posisi coordinate dari data-data citra seperti perubahan data posisi UTM 49N menjadi UTM 49S untuk mempermudah dilakukan observasi pada tahapan-tahapan berikutnya. Selain itu juga dilakukan koreksi *radiometric* yaitu dengan melakukan penajaman data citra untuk mempermudah interpretasi data.
- 6) Dilakukan data *fusion/layer stacking* pada data-data citra landsat yang telah diambil. Untuk data yang menggunakan data Landsat 7 digunakan kombinasi band 1-2-3-4-5-7

dan untuk data Landsat 8 digunakan kombinasi band 2-3-4-5-6-7. Proses ini dilakukan dengan bantuan *software* ERDAS 2014.

- 7) Dilakukan *subset* atau *cropping* pada data-data citra Landsat yang disesuaikan dengan lokasi studi yaitu Kota Malang sehingga didapatkan data-data citra yang sesuai dengan lokasi penelitian. Proses *subset* menggunakan bantuan dari *software* ERDAS 2014.
- 8) Setelah didapatkan data-data citra yang telah dilakukan pengolahan awal dan disesuaikan dengan lokasi penelitian, dilakukanlah pengklasifikasian data dengan metode *supervised classification* dengan menggunakan pendekatan *maximum likelihood* dengan bantuan ERDAS 2014. Pengklasifikasian ini dibagi ke dalam empat kelas yaitu : vegetasi, lahan terbangun, lahan terbuka (*non-urban*), dan badan air (Rashed & Jurgens ,2010). *Data training* yang digunakan dalam pengklasifikasian ini yaitu 10-30 *data training* pada masing-masing kelas dengan bantuan *Google Earth* (dengan fitur *history imagery*) dan *Google Map*.
- 9) Penilaian akurasi (*accuracy assessment*) dengan *random* menggunakan sampel data yang didapatkan dari rumus *multinomial distribution* dengan nilai kepercayaan 95% dan nilai akurasi 90% sehingga masing-masing data raster tutupan lahan didapati 159 titik sampel. Komparasi dilakukan dengan bantuan *Google Earth* dan ERDAS 2014.



Gambar 4.3 Tahapan Dalam Penilaian Akurasi Tutupan Lahan

- 10) Dilakukan *change detection* dengan menggunakan bantuan QGIS 2.8.9 dengan modul *area changes* dalam MOLUSCE dan dilakukan penghitungan kategori-kategori tutupan lahan yang mengalami perubahan dengan bantuan ArcGIS 10.4.1 yang dapat berupa *post-classification matrix*. Dalam *post-classification matrix* terdapat enambelas kelas di mana menandakan perubahan tutupan lahan dari satu kategori ke kategori yang lain.
- 11) Melakukan konversi data dari data raster ke data *vector* untuk dapat dilakukan penghitungan wilayah-wilayah yang mengalami transisi tutupan lahan di Kota Malang. Selain itu juga dilakukan penghitungan tutupan-tutupan lahan yang mengalami transisi

dengan lingkup wilayah per kecamatan untuk mengetahui unit kecamatan yang berperan terkait pertumbuhan kota.

4.4.2 Simulasi Model Pertumbuhan Kota

Pada proses ini dilakukan simulasi dengan menggunakan bantuan MOLUSCE yang merupakan salah satu *plugin* tambahan dari *software* QGIS 2.8.9 dan hasilnya diolah dan divisualisasikan dengan menggunakan bantuan ArcGIS 10.4.1. Dalam simulasi ini dilakukan dengan pendekatan metode *Artificial Neural Network* (ANN). Dalam simulasi ini dilakukan dengan memberikan data input awal dan akhir yang merupakan data hasil dari pengklasifikasian tutupan lahan sebelumnya. Selain itu juga terdapat variabel-variabel spasial yang dapat mengintervensi perkembangan simulasi model menggunakan ANN tersebut. Terkait ANN tersebut juga diperlukan pengaturan-pengaturan parameter model seperti *neighborhood*, *hidden layer*, *learning rate*, *momentum* dan *max iteration* yang digunakan untuk validasi model untuk data tutupan lahan tahun 2015 dengan hasil simulasi tutupan lahan 2015. Setelah proses tersebut, parameter-parameter terbaik digunakan untuk simulasi tutupan tahun 2027.

a) Input data

Dalam studi ini, terdapat dua bentuk input data yang digunakan yaitu *input state raster* dan *factor raster* (variabel-variabel spasial). *Input state raster* merupakan data raster yang berisikan dua tutupan lahan pada tahun T1 yang dianggap sebagai tahun awal dan tahun T2 sebagai tahun akhir. Eksperimen yang akan dilakukan dalam dua bentuk yaitu dengan empat kategori (badan air, vegetasi, lahan terbangun, lahan terbuka (*non-urban*)). Terdapat dua bentuk tahapan simulasi yang dilakukan yaitu pertama tahapan validasi model dengan input tutupan lahan tahun 2003 sebagai T1 dan tahun 2009 sebagai T2 dengan output tahun 2015 hasil simulasi. Tahapan ini dilakukan dengan memvalidasi tutupan lahan tahun 2015 hasil simulasi dengan tutupan lahan eksisting pada tahun yang sama sebagai referensi dengan menggunakan perhitungan kappa dengan bantuan MOLUSCE. Kemudian tahapan kedua yaitu tahapan untuk simulasi tahun 2027 dengan menggunakan data input tutupan lahan tahun 2003 sebagai T1 dan 2015 sebagai T2 dengan output tahun 2027. Bentuk penggunaan tahun ini menggunakan pola yang digunakan oleh Parsa & Salehi (2016) (Gambar 4.5).

Perhitungan target tahun untuk simulasi model di MOLUSCE, QGIS (NextGIS, 2016)

Selang tahun = Tahun akhir + tahun awal
Target tahun = Tahun akhir + Selang tahun

Gambar 4.4 Penghitungan Target Tahun Simulasi Dalam MOLUSCE

Sumber : NextGIS (2018)



Gambar 4.5 Perbandingan Pola Tahun untuk Simulasi Model Pertumbuhan Kota dari Parsa & Salehi (2016) (no 1) dan Studi yang Dilakukan (no 2)

Sumber : Parsa & Salehi (2016), hasil sintesa (2018)

Variabel-variabel spasial yang merupakan variabel-variabel yang mempengaruhi pertumbuhan kota dalam hal ini dapat mengintervensi laju pertumbuhan kota yang akan digunakan dalam simulasi. Variabel-variabel spasial tersebut yaitu jarak dari jalan utama, jarak dari sungai, jarak dari lahan terbangun dan kelerengan. Variabel-variabel ini didapatkan dengan melakukan komparasi antara beberapa literatur yang dilakukan sebelumnya pada Tabel 2.3. Tabel 4.3 menjabarkan empat variabel spasial yang digunakan dalam studi ini yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.3 Variabel-variabel Spasial yang Digunakan Untuk Simulasi

No	<i>Spatial variables</i>	Keterangan
1	Kelerengan	Metode <i>fuzzy set membership</i> dengan fungsi <i>sigmoid</i> dengan tolak ukur wilayah kelerengan 0% sangat layak untuk lahan terbangun, 0-15% mengalami pengurangan dan diatas 15% tidak layak untuk lahan terbangun
2	Jarak dari sungai	Pendekatan <i>boolean</i> (1 atau 0) dimana wilayah dengan buffer pelindung 50 meter dari sungai tidak layak lahan terbangun
3	Jarak dari lahan terbangun	Metode <i>euclidian distance</i> dengan logika yaitu lahan terbangun baru memiliki kecenderungan untuk dekat dengan lahan terbangun eksisting jadi semakin dekat dengan lahan terbangun eksisting maka semakin tinggi kelayakannya untuk menjadi lahan terbangun baru
4	Jarak dari jalan utama	Metode <i>euclidian distance</i> dengan logika yaitu lahan terbangun baru memiliki kecenderungan untuk dekat dengan jalan utama jadi semakin dekat dengan jalan utama maka semakin tinggi kelayakannya untuk menjadi lahan terbangun baru

Sumber : Megahed cs. (2015), Araya & Cabral (2010), Vaz & Arsanjani (2015), Ozturk (2015), Triantakonstantis & Stathakis (2015), Moghaddam & Samadzadegan (2009) dan Rahman et al (2017), Hasil sintesa (2018)

Data ini memperlihatkan bahwa semakin dekat dengan lahan terbangun semakin besar kemungkinan lahan di sekitarnya menjadi terbangun.

4) Jarak dari sungai

Jarak dari sungai ini menggunakan sungai utama di Kota Malang yang termasuk dalam kawasan lindung. Data tersebut didapatkan dari RTRW Kota Malang 2010-2030. Dari peta sungai tersebut dilakukan *buffer* selebar 50 meter di mana tidak diperbolehkan terdapat lahan terbangun (di mana bernilai 0). Dengan demikian, wilayah di luar zona tersebut dikatakan dapat dilakukan pembangunan (di mana bernilai 1). Jarak dari sungai ini bersifat statis sehingga sama digunakan dalam validasi model untuk tutupan lahan tahun 2015 dan simulasi model pertumbuhan kota Malang tahun 2027. Tahapan ini dilakukan dengan bantuan software IDRISI Selva dengan pengolahan awal berupa data *vector* dari ArcGIS 10.4.1.

Dari data-data tutupan lahan eksisting Kota Malang tahun 2003, 2009 dan 2015 serta variabel-variabel spasial seperti jarak dari jalan, jarak dari lahan terbangun, kelerengan dan jarak dari sungai, dilakukan pembagian per unit kecamatan yang terdapat di Kota Malang. Hal ini dilakukan untuk mengetahui unit-unit kecamatan mana yang mempengaruhi pertumbuhan kota. Jadi pada setiap data tutupan lahan ataupun variabel spasial terdapat lima data raster hasil pembagian per unit kecamatan yang digunakan untuk simulasi model.

b) Mode sampling dan jumlah sampel

Mode sampling yang digunakan dalam studi ini yaitu menggunakan metode random dengan jumlah sampel sebesar 10% dari keseluruhan luas kota Malang (yang akan dihitung dengan menggunakan satuan unit/piksel). Nilai 10% ini didapatkan dari proporsi sampling awal untuk simulasi model dari *Land Change Modeler* (Olmedo cs, 2015). Dikarenakan pengolahan data untuk pemodelan menggunakan tingkatan data unit di mana setiap unit memiliki tinggi atau lebar kurang lebih 30 m sesuai resolusi data raster Landsat 7 dan 8 maka luasnya dihitung menggunakan satuan unit. Untuk lebih mudah dalam menjelaskan digunakan istilah piksel. Berikut ini merupakan jumlah sampel yang digunakan untuk pencarian model *artificial neural network* pada setiap kecamatan dengan sampel 10% dengan penambahan buffer seluas satu piksel (30x30 m). Dalam hal ini ditambahkan buffer satu piksel ini dikarenakan agar tidak ada kehilangan data dalam proses simulasi model dan ketika nantinya dikonversi menjadi data *vector* (Tabel 4.4).

Tabel 4.4 Jumlah Sampel per unit Kecamatan Untuk Pemodelan

No	Unit kecamatan	Jumlah piksel (plus buffer)	Jumlah sampel
1	Lowokwaru	25685	2569
2	Blimbing	22017	2202
3	Klojen	10517	1052
4	Sukun	24997	2450
5	Kedungkandang	45595	4560

Sumber : Hasil sintesa (2018)

c) *Neighborhood* dan *Hidden Layer*

Dalam ANN, nilai *neighborhood* mempengaruhi penentuan nilai *hidden layer*. Selain itu juga dipengaruhi oleh input *neuron* dan output *neuron*. Input neuron menggunakan rumus $(C - 1)(2N + 1)^2 + B(2N + 1)^2$. M merupakan output *neuron* dimana nilainya C^2 . C adalah kategori tutupan lahan, N adalah nilai dari *neighborhood*, B adalah jumlah variabel-variabel spasial yang dihitung dari jumlah band dari setiap *raster* nya (contohnya jika terdapat dua variabel spasial dimana memiliki satu band dan tiga band maka nilai B adalah 4). Dalam hal ini input *neuron* dari model pertumbuhan kota dengan ANN menggunakan data tutupan lahan dengan 4 kategori, 4 variabel spasial. *Neighborhood* yang digunakan 1 dan 2. Digunakannya *neighborhood* bernilai dua ini dikarenakan juga digunakan pada penelitian Ozturk (2015) sehingga perlu dicoba untuk dilakukan eksperimen pada penelitian ini. *Neighborhood* yang bernilai satu merupakan nilai standar dari *Moore Neighborhood*.

Jumlah input *neuron* dengan $n=1$ dengan perhitungan di mana yaitu Input *neuron* = $(4-1)(2(1)+1)^2 + 4(2(1)+1)^2 = 3 \cdot 9 + 4 \cdot 9 = 27 + 36 = 63$. Untuk jumlah input *neuron* dengan $n=2$, dengan perhitungan input *neuron* = $(4-1)(2(2)+1)^2 + 4(2(2)+1)^2 = 3 \cdot 25 + 4 \cdot 25 = 75 + 100 = 175$. Output *neuron* yaitu $C^2 = 4^2 = 16$. C merupakan jumlah kategori tutupan lahan di mana dalam studi ini digunakan empat kategori tutupan lahan.

$$\text{Jumlah neuron} = \sqrt{n * m} = \sqrt{63 * 16} = \sqrt{1008} = 31.74902 \approx 32$$

Gambar 4.6 Jumlah Neuron Dalam Satu *Hidden Layer* Dengan *Neighborhood* Bernilai Satu

Sumber : Hasil sintesa (2018)

$$\text{Jumlah neuron} = \sqrt{n * m} = \sqrt{175 * 16} = \sqrt{2800} = 52.91503 \approx 53$$

Gambar 4.7 Jumlah Neuron Dalam Satu *Hidden layer* Dengan *Neighborhood* Bernilai Dua

Sumber : Hasil sintesa (2018)

Untuk rumus penentuan jumlah *neuron* dengan satu *hidden layer* menggunakan rumus dari Macukow (2016). Menurut Macukow (2016), penggunaan satu *hidden layer* merupakan bentuk penggunaan yang paling umum dan tidak ada alasan untuk menggunakan lebih dari satu *hidden layer* dikarenakan sudah dapat menyelesaikan berbagai macam pemecahan permasalahan. Berikut ini merupakan dengan *neighborhood* = 1 serta $n = 63$ dan $m = 16$ pada gambar 4.7 Kemudian dengan *neighborhood* = 2 serta $n = 175$ dan $m = 16$ pada gambar 4.8.

d) *Learning rate, momentum dan max iteration*

Dalam penelitian yang dilakukan Lee cs. dalam Lee & Ng (2011) digunakan ANN dengan menggunakan nilai *learning rate* yang mayoritas bernilai 0.01 serta variasi momentum 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.8, 0.9 serta mayoritas menggunakan nilai iteration sebesar 1000. Tujuan dilakukannya perulangan (*iteration*) ini adalah untuk mendapatkan nilai *error* yang dapat diterima (dalam hal ini untuk mencari nilai *error* yang lebih kecil) (Heaton, 2018). Hasil terbaik didapatkan dengan menggunakan *learning rate* 0.01, *momentum* 0.2 dan nilai *max iteration* 3000. Meski demikian, nilai *error* yang didapatkan dengan menggunakan nilai *max iteration* 1000 ($\kappa = 0.9855$) tidak begitu berbeda jauh dengan menggunakan nilai 3000 ($\kappa = 0.9888$). Menurut Hayklin dalam Samaringhe (2016), nilai *output* akan mulai stabil dalam iterasi di atas 600 jika menggunakan nilai *learning rate* 0.01 dan nilai *momentum* 0.1. Untuk nilai *momentum* 0.1-0.9, *iteration* lebih cepat stabil (nilai *iteration* di bawah 600). Selain itu dalam penelitian Akagi cs. (2016), penggunaan *learning rate* 0.01, *momentum* 0.05 dengan iterasi 1000 yang memberikan hasil akurasi 0.72.

Dalam studi akan dilakukan penelitian dengan menggunakan nilai *learning rate* 0.01 di mana lebih stabil meski membutuhkan banyak *iteration* untuk mencapai nilai *output error* yang rendah. Untuk nilai *momentum* menggunakan nilai 0.05, 0.1, 0.2 di mana nilai tersebut berada di kisaran nilai 0.1 yang termasuk kategori rendah. Untuk nilai jumlah *iteration* yang digunakan yaitu 1000 di mana nilai sudah memasuki nilai stabil dengan nilai *learning rate* 0.01 dengan nilai *momentum* di atas 0.05.

e) *Arsitektur ANN untuk eksperimen model pertumbuhan kota (validasi)*

Berdasarkan hal tersebut akan dilakukan eksperimen dengan beberapa kriteria yang didapatkan yaitu dengan mode sampling *random*. Penggunaan *random sampling* ini dikarenakan ada kemungkinan jumlah sampel tidak terpenuhi jika menggunakan *stratified random* pada kategori tutupan lahan yang kemungkinan sedikit yaitu badan air. Ukuran nilai sampel untuk pelatihan data tertera pada Tabel 4.4. Selain itu untuk

kriteria lain yaitu untuk satu hidden layer dengan jumlah neuron 32 serta dua hidden layer dengan jumlah neuron 53, nilai *learning rate* (lr) 0.01, nilai *momentum* (m) 0.05, 0.1 dan 0.2 serta jumlah *iteration* (*max iteration/mi*) yaitu 1000. Dari kriteria-kriteria tersebut didapatkan 6 eksperimen awal yang akan dilakukan (Tabel 4.5). Pada eksperimen yang memiliki nilai kappa terbaik maka akan dilakukan eksperimen lanjutan dengan menambahkan *iteration* sebesar 1000 hingga 3000 jika nilai kappa semakin baik yang dalam hal ini sekurang-kurangnya memiliki nilai kappa di atas 0.4 menurut Randolph dan Rogers (2000) yang dapat dilihat pada Gambar 4.9. Selain nilai kappa juga akan dilihat seberapa besar nilai akurasi di mana setidaknya memiliki nilai akurasi di atas 70%, nilai yang didapatkan dari penelitian Rahman cs. (2016). Dengan input data adalah tutupan lahan tahun 2003 maka eksperimen dilakukan dengan target peta perubahan tutupan lahan tahun 2003-2009 di mana sebelumnya sudah dilakukan pada observasi pola perubahan sebaran tutupan lahan untuk mencari model.

Tabel 4.5 Skenario Awal Simulasi Untuk Validasi Dengan Model *Artificial Neural Network*

No	Jumlah kategori	n	Hidden layer	lr	m	mi
1	4	1	32	0.01	0.05	1000
2	4	1	32	0.01	0.1	1000
3	4	1	32	0.01	0.2	1000
4	4	2	53	0.01	0.05	1000
5	4	2	53	0.01	0.1	1000
6	4	2	53	0.01	0.2	1000

Sumber : Hasil sintesa (2018)

f) Simulasi untuk validasi model

Secara keseluruhan simulasi dengan menggunakan model *artificial neural network* ini menekankan pada penggunaan rumus *forwardpropagation* di mana alurnya dijelaskan pada Tabel 4.6 dan *backwardpropagation* pada Tabel 4.7. Secara keseluruhan proses pelatihan ini secara internal dalam *plugin* MOLUSCE dilakukan pada 80% dari data sample yang di ambil secara *random*. Jika jumlah sampel yang digunakan adalah 1000, maka dilakukan proses *forwardpropagation* dan *backpropagation* sebanyak 1000 kali dengan pengambilan data secara *random*. Proses tersebut dapat dikatakan satu kali iterasi. Jika proses pelatihan ini diulang sebanyak 1000 kali maka dapat dikatakan proses ini memiliki nilai *max iterasi* sebanyak 1000.

Setiap satu kali iterasi diiringi dengan penghitungan error dengan melakukan *forwardpropagation* dengan input data 20% dari sample lainnya yang diambil secara *random*. Tahapan iterasi yang memiliki error paling sedikit akan digunakan pada

tahapan simulasi. Dalam hal ini jika input memiliki data tahun awal 2003 dan dan tahun akhir 2009, maka tahapan iterasi yang memiliki error paling sedikit akan digunakan untuk mensimulasikan tahun 2015. Dengan output data yang masih berupa transformasi tutupan lahan yang terdiri dari 16 kelas, kemudian dikonversi menjadi 4 kelas dengan melihat tabel transformasi tutupan lahan. Secara keseluruhan penjelasan alur simulasi model ini diadaptasi dari dua sumber website <http://wiki.gis-lab.info> dan <https://github.com/nextgis/molusce> yang ditulis oleh NextGIS (2014) yang membuat plugin MOLUSCE. Secara umum alur simulasi untuk validasi ini dijelaskan pada diagram dalam gambar 4.8. Berikut ini merupakan alur penggunaan *forwardpropagation* dan *backwardpropagation*

Tabel 4.6 Alur *Forwardpropagation*

No	Keterangan
1	Untuk pelatihan model awal, diberikan nilai random -0.25 hingga $+0.25$ pada keseluruhan beban di <i>artificial neural network</i> .
2	Melakukan perkalian input dengan weight yang terdapat diantara <i>hidden layer</i> dan input untuk memperoleh nilai Net dari <i>hidden layer</i> yang kemudian ditransformasi dengan fungsi tanh. Jumlah input jika menggunakan nilai 1 untuk <i>neighborhood</i> berjumlah 63 sedangkan untuk nilai 2 untuk <i>neighborhood</i> berjumlah 175. Alur perkalian tersebut dapat dilihat pada gambar 4.12 untuk eksperimen dengan satu <i>hidden layer</i> dan 4.13 untuk dua <i>hidden layer</i> . Bentuk transformasi input dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan 4.11.
3	Kemudian, melakukan perkalian nilai Net dari <i>hidden layer</i> yang telah ditransformasikan dengan fungsi tanh dengan beban yang terdapat diantara <i>hidden layer</i> dan output. Hasil perkalian ini diperoleh nilai Net dari <i>hidden layer</i> yang telah tertransformasi
4	Output dari <i>forwardpropagation</i> ini merupakan nilai transformasi tutupan lahan yang belum dilakukan <i>backpropagation</i> didapat dari perkalian weight yang terdapat di antara <i>hidden layer</i> dan output. Hasil ini kemudian ditransformasi dengan fungsi tanh yang akhirnya menjadi nilai Net dari output. Transformasi data mengguna alur panduan pada Tabel 4.8
5	Jika membandingkan dengan rumus pada Gambar 2.14 dan Gambar 4.12 serta 4.13, maka input disimbolkan dengan X_i yang meliputi tutupan lahan, jarak dari jalan, jarak dari lahan terbangun, kelerengan dan jarak dari sungai. W_{ij} merupakan beban. Untuk <i>net</i> merupakan nilai <i>hidden layer</i> dan output yaitu transisi tutupan lahan

Sumber : diadaptasi dari NextGIS (2014)

Tabel 4.7 Alur *backwardpropagation*

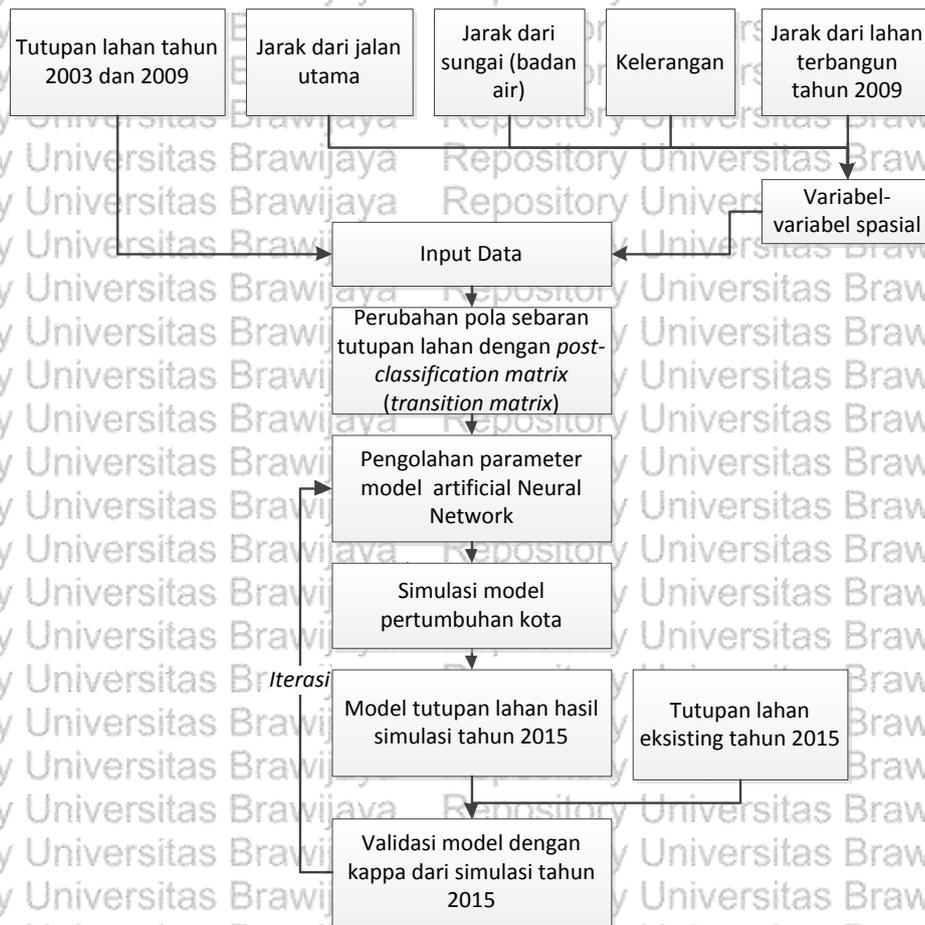
No	Keterangan
1	Langkah dari <i>backpropagation</i> ini dilakukan setelah didapatkan nilai output dari <i>forward propagation</i> . Nilai output hasil <i>forward propagation</i> tersebut kemudian dikurangkan dengan nilai output target sebenarnya yang tidak didapatkan dari <i>forwardpropagation</i> yang hasilnya dinamakan <i>output sum margin error</i> . Nilai <i>output target</i> sebenarnya ini merupakan

No	Keterangan
----	------------

- | | |
|---|---|
| | nilai yang dari transisiutupan lahan di mana terdapat enam kelas. Sebagai contoh jika nilai output |
| 2 | Kemudian hasil dari <i>output sum margin error</i> dikalikan dengan hasil turunan fungsi tanh dari output hasil dari <i>forward propagation</i> hingga didapatkan nilai delta output sum. |
| 3 | Kemudian dilakukan pengkalian terhadap delta output sum dengan beban (weight) diantara hidden layer dan output serta nilai Net dari hidden layer yang ditransformasikan dengan turunan dari fungsi tanh. Jika melihat dari rumus <i>backpropagation</i> (Gambar 2.15) dari Livingstone (2008), nilai error merupakan nilai dari <i>delta outputsum</i> sedangkan nilai output merupakan nilai input dan nilai Net <i>hidden layer</i> dengan transformasi tanh (bukan turunan fungsi tanh seperti sebelumnya). Kedua variabel tersebut pada rumus tersebut dikalikan dengan nilai <i>learning rate</i> . |
| 4 | Terkait dengan rumus <i>backpropagation</i> sebelumnya, untuk nilai momentum dilakukan dengan delta w yang merupakan perubahan beban pada tahapan pelatihan sebelumnya. Delta w ini sebenarnya merupakan sama dengan perkalian dari nilai input dan nilai <i>net hidden layer</i> dengan transformasi tanh dengan nilai <i>error</i> yang didapat dari pelatihan sebelumnya. Nilai perkalian dengan momentum ini kemudian dijumlahkan dengan nilai perkalian dengan nilai <i>learning rate</i> sebelumnya. Hasilnya merupakan delta w_{ij} di mana nantinya dijumlahkan dengan nilai beban-beban (<i>weights</i>) yang ada di jaringan <i>neural network</i> untuk didapatkan perubahan nilainya. |
| 5 | Pada akhirnya output dari <i>backpropagation</i> ini merupakan nilai-nilai beban yang telah mengalami perubahan di mana akan digunakan pada tahapan <i>forwardpropagation</i> kembali sesuai dengan jumlah sampel yang digunakan. Secara keseluruhan satu kali pelatihan untuk pelatihan model <i>artificial neural network</i> membutuhkan <i>forwardpropagation</i> dan <i>backpropagation</i> |

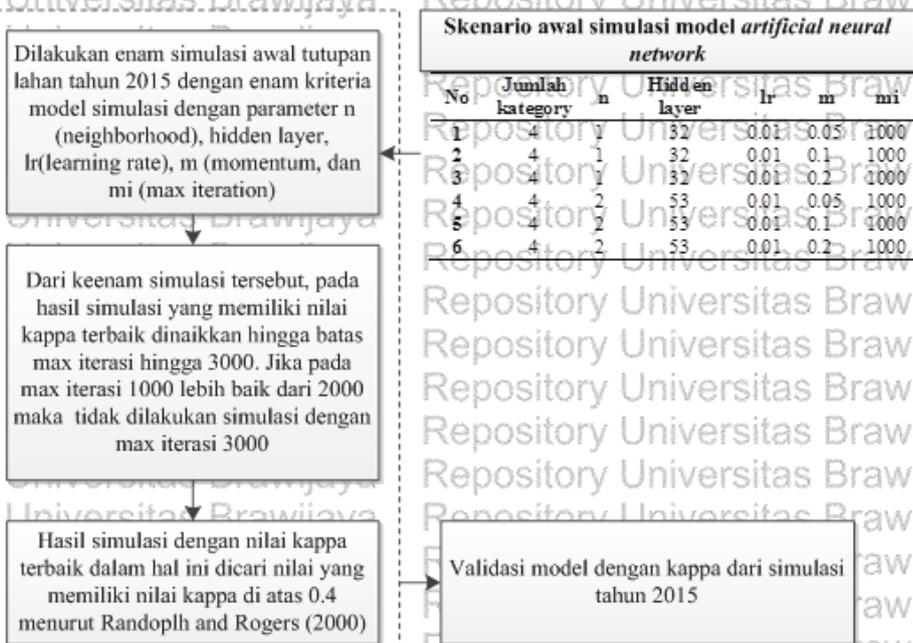
Sumber : diadaptasi dari NextGIS (2014)





Gambar 4.8 Diagram Simulasi Tahun 2015 Untuk Validasi Model Pada Setiap Kecamatan di Kota Malang

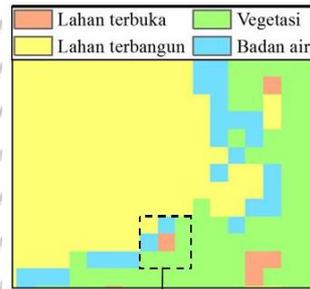
Sumber : Hasil Sintesa (2018)



No	Jumlah kategori	n	Hidden layer	lr	m	mi
1	4	1	32	0.01	0.05	1000
2	4	1	32	0.01	0.1	1000
3	4	1	32	0.01	0.2	1000
4	4	2	53	0.01	0.05	1000
5	4	2	53	0.01	0.1	1000
6	4	2	53	0.01	0.2	1000

Gambar 4.9 Diagram Alur Untuk Memperoleh Nilai Kappa Terbaik dari Peta Hasil Simulasi Tahun 2015 pada Masing-masing Kecamatan di Kota Malang

Sumber : Hasil Sintesa (2018)

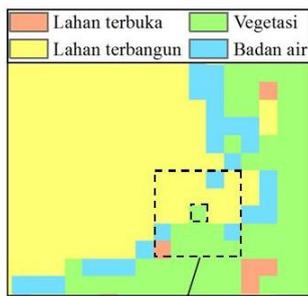


Lahan terbangun	Badan air	Vegetasi
Badan air	Lahan terbuka	Vegetasi
Vegetasi	Vegetasi	Vegetasi

Dummy Code (DC)	DC1	DC2	DC3
Lahan terbuka	0	0	1
Lahan terbangun	0	1	0
Vegetasi	1	0	0
Badan Air	0	0	0

(0, 1, 0)	(0, 0, 0)	(1, 0, 0)
(0, 0, 0)	(0, 0, 1)	(1, 0, 0)
(1, 0, 0)	(1, 0, 0)	(1, 0, 0)

Gambar 4.10 Transformasi Input yang Digunakan Dengan Nilai 1 Untuk Neighborhood
Sumber : diadaptasi dari NextGIS (2014)



Lahan terbangun	Lahan terbangun	Lahan terbangun	Badan air	Lahan terbangun
Lahan terbangun				
Lahan terbangun	Lahan terbangun	Vegetasi	Lahan terbangun	Lahan terbangun
Badan air	Vegetasi	Vegetasi	Vegetasi	Badan air
Lahan terbuka	Vegetasi	Vegetasi	Vegetasi	Vegetasi

Dummy Code (DC)	DC1	DC2	DC3
Lahan terbuka	0	0	1
Lahan terbangun	0	1	0
Vegetasi	1	0	0
Badan Air	0	0	0

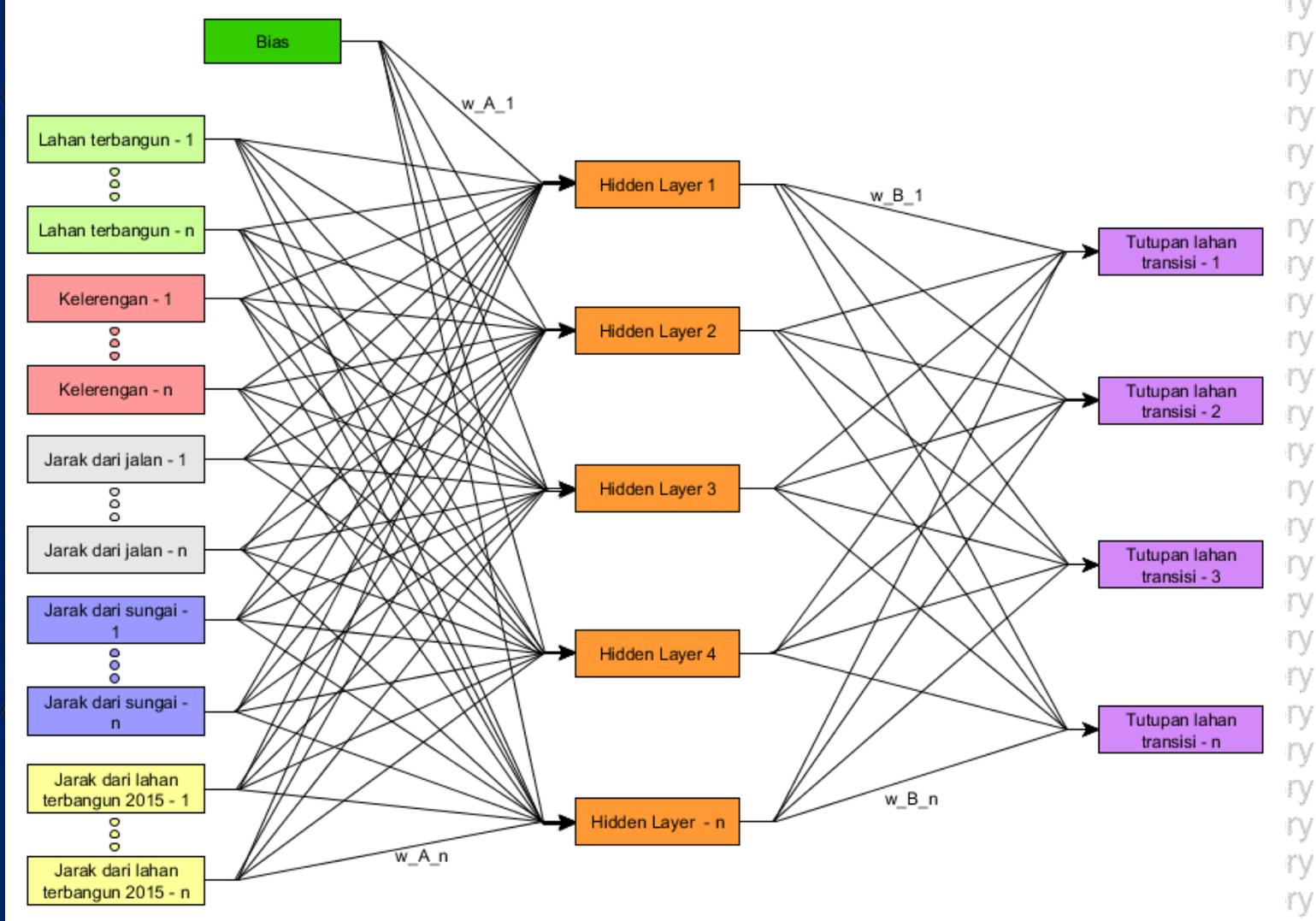
(0, 1, 0)	(0, 1, 0)	(0, 1, 0)	(0, 0, 0)	(0, 1, 0)
(0, 1, 0)	(0, 1, 0)	(0, 1, 0)	(0, 1, 0)	(0, 1, 0)
(0, 1, 0)	(0, 1, 0)	(1, 0, 0)	(0, 1, 0)	(0, 1, 0)
(0, 0, 0)	(1, 0, 0)	(1, 0, 0)	(1, 0, 0)	(0, 0, 0)
(0, 0, 1)	(1, 0, 0)	(1, 0, 0)	(1, 0, 0)	(1, 0, 0)

Gambar 4.11 Transformasi Input yang Digunakan Dengan Nilai 2 Untuk Neighborhood
Sumber : diadaptasi dari NextGIS (2014)

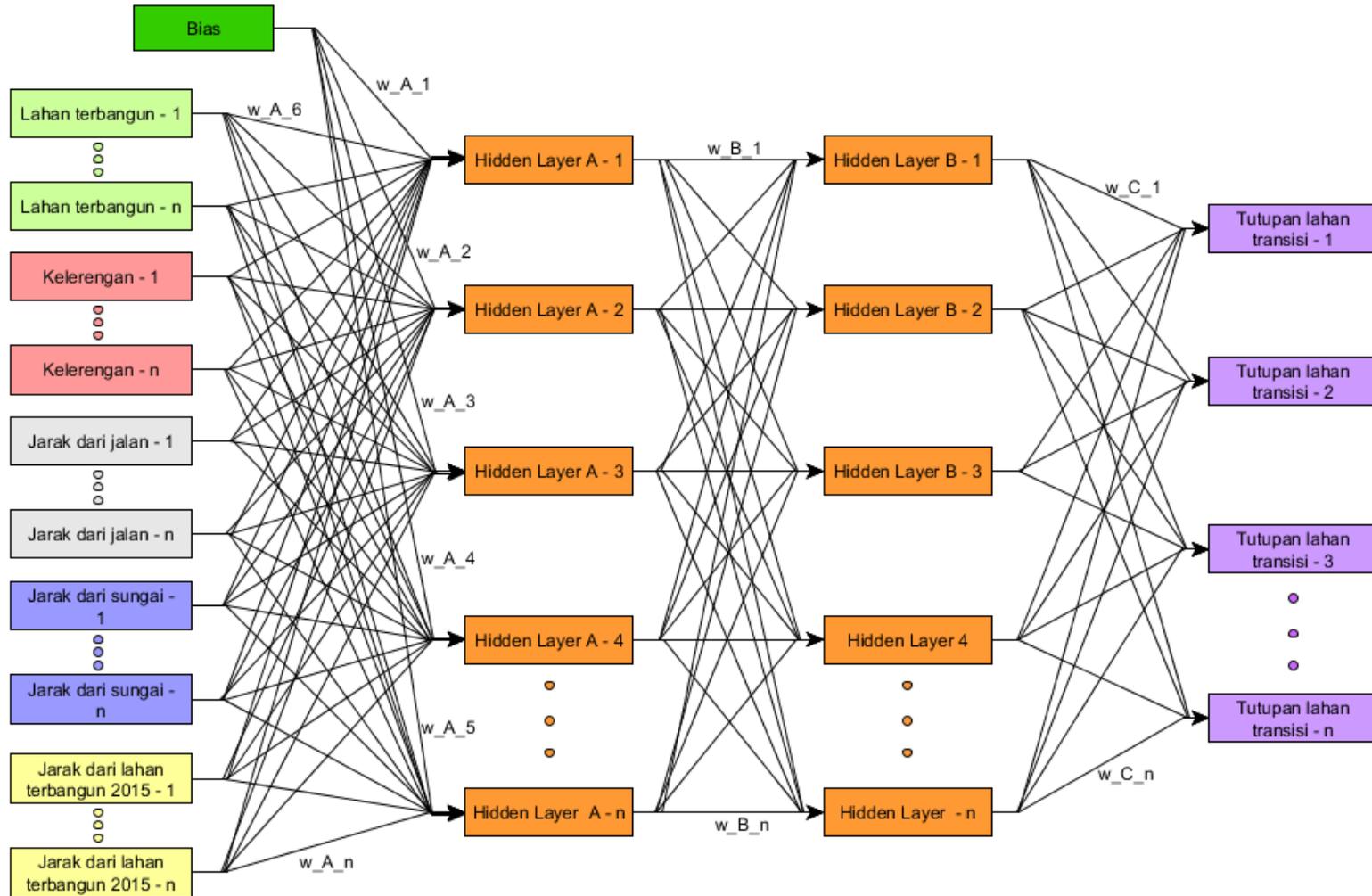
Tabel 4.8 Dasar Acuan Untuk Transformasi Output Tutupan Lahan Dengan ANN

	Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan Air
Lahan terbuka	0	1	2	3
Lahan terbangun	4	5	6	7
Vegetasi	8	9	10	11
Badan Air	12	13	14	15

Sumber : diadaptasi dari NextGIS (2014)



Gambar 4.12 Artificial Neural Network untuk Simulasi Tahun 2015 Untuk Validasi dengan Satu Hidden Layer
 Sumber : diadaptasi dari NextGIS (2014)



Gambar 4.13 Artificial Neural Network untuk Simulasi Tahun 2015 Untuk Validasi dengan Dua Hidden Layer

Sumber : diadaptasi dari NextGIS (2014)

g) Simulasi dengan perhitungan manual

Simulasi ini dilakukan dengan bantuan bahasa Java menggunakan IntelliJ 2018 dengan bantuan *library* dari GDAL yang dilakukan sesuai atau menyerupai dengan perhitungan *Artificial Neural Network* yang dilakukan dalam MOLUSCE plugin dari

QGIS. Selain itu visualiasi gambar menggunakan bantuan *library* LibGDX versi 1.9.8.

Perhitungan ini dilakukan pada salah satu wilayah yaitu Kecamatan Sukun sebagai sampel. Dipilihnya Kecamatan Sukun dikarenakan memiliki jumlah piksel dalam kategori menengah diantara kelima kecamatan. Data input yang digunakan identik dengan input

yang digunakan dalam MOLUSCE. Bentuk program ini ditampilkan pada website

https://github.com/xceedrift/ann_sukun

h) Simulasi akhir (model pertumbuhan kota hasil simulasi)

Berdasarkan pada Gambar 4.14, ketika ditemukan skenario model yang memberikan nilai kapa terbaik maka dilakukan simulasi model pertumbuhan kota dengan parameter-parameter dengan jenis *sampling*, jumlah sampel, *neighborhood*,

hidden layer, *learning rate*, *momentum*, *max iteration* dengan nilai yang telah

ditemukan. Simulasi ini dilakukan dengan data tutupan lahan yang telah dibagi dalam

unit kecamatan tahun 2003 dan 2015 serta keempat variabel-variabel spasial yang telah ditentukan dengan target tahun 2027. Dalam proses ini hanya dilakukan dengan rumus

forwardpropagation dikarenakan model sudah didapatkan dalam simulasi tahun 2015

dengan nilai kapa terbaik serta parameter-parameternya seperti nilai *hidden layer*,

learning rate, *momentum*, *neighborhood* dan *max iteration*. Dapat dikatakan bahwa

hasil simulasi tahun 2027 ini berdasarkan dari model yang didapatkan dari simulasi

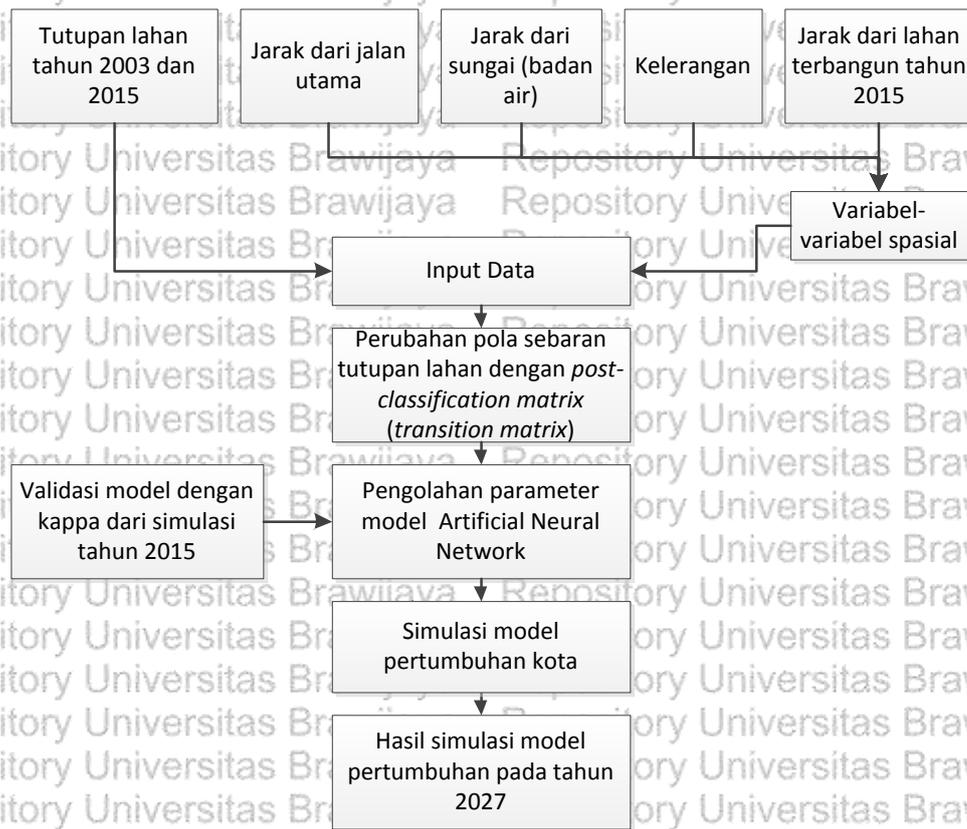
tahun 2015. Setelah dilakukan simulasi kemudian dilakukan penggabungan kembali

menjadi satu kesatuan yaitu Kota Malang. Kemudian dilakukan komparasi dengan

tutupan lahan eksisting 2003, 2009, dan 2015 untuk melihat pertumbuhan kota seperti

yang dicontohkan dalam Gambar 2.2





Gambar 4.14 Diagram Simulasi Tahun 2027 untuk Setiap Kecamatan di Kota Malang
Sumber : Hasil Sintesa (2018)

4.5 Desain Survei

No	Tujuan	Variabel	Sub Variabel	Subsub Variabel	Data yang dibutuhkan	Sumber data	Metode pengumpulan data	Waktu pengumpulan data	Metode analisis data	Output
1	Mengetahui sebaran tutupan lahan di Kota Malang pada selang waktu antara tahun 2003, 2009 dan 2015	Tutupan lahan pada tahun yang 2003, 2009 dan 2015	Lahan terbangun	Vegetasi Lahan terbuka Badan air	Citra satelit tahun 2003, 2009 dan 2015	USGS	Survei sekunder	Maret – April 2018	Analisis deskriptif evaluative	Peta tutupan lahan di Kota Malang pada tahun 2003, 2009 dan 2015
		Perubahan tutupan lahan antara selang waktu tahun 2003, 2009 dan 2015			Peta tutupan lahan di Kota Malang pada tahun 2003, 2009 dan 2015					Perubahan tutupan lahan antara waktu 2003. 2009 dan 2015
2	Mengetahui bentuk simulasi pertumbuhan kota dengan model artificial neural network di Kota Malang	Luasan lahan terbangun dan terbangun pada tahun simulasi dan validasi model	Tutupan lahan pada tahun awal dan akhir untuk simulasi Variabel-variabel	Lahan terbangun Vegetasi Lahan terbuka Badan air Kelerang an	Tutupan lahan pada tahun 2003 dan 2015 untuk simulasi 2027 serta 2003 dan 2009 untuk validasi	USGS Baretlin bang	Survei sekunder Survei instansi	Maret – April 2018	Analisis deskriptif evaluatif	Peta pertumbuhan kota di Kota Malang pada tahun 2027



No	Tujuan	Variabel	Sub Variabel	Subsub Variabel	Data yang dibutuhkan	Sumber data	Metode pengumpulan data	Waktu pengumpulan data	Metode analisis data	Output
	pada tahun 2027 berdasarkan trend data-data eksisting		spasial (<i>driving factors</i>)	Jarak Badan air Jarak lahan terbangun Jaringan jalan	model untuk tahun 2015					

Sumber : Hasil Sintesa (2018)



BAB V PEMBAHASAN

5.1 Data Awal Citra Satelit

Data citra satelit yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data citra Landsat 7 untuk tutupan lahan tahun 2003 dan 2009. Untuk tutupan lahan tahun 2015 menggunakan data citra Landsat 8. Untuk tutupan lahan 2003, dikarenakan pada citra Landsat 7 yang diambil pada tanggal 23 Mei 2003 pada sebagian kecil wilayah diselimuti awan, dilakukan pengolahan dengan menggabungkannya dengan citra Landsat 7 pada tanggal 3 dan 19 Maret 2003.

Untuk data tutupan lahan tahun 2009 juga memiliki permasalahan dikarenakan data citra Landsat 7 pada tahun tersebut mengalami kerusakan *scanlines* sehingga diperlukan upaya seperti *gap and fill* di mana mengisi kekosongan citra yang hilang dengan data citra pada waktu lain. Dengan data citra Landsat 7 tanggal 7 Juli 2009 dilakukan *gap and fill* dengan data citra Landsat 7 tanggal 10 Agustus 2009. Proses ini dilakukan dengan bantuan software "*Frame and Fill*" karya Richard Irish.

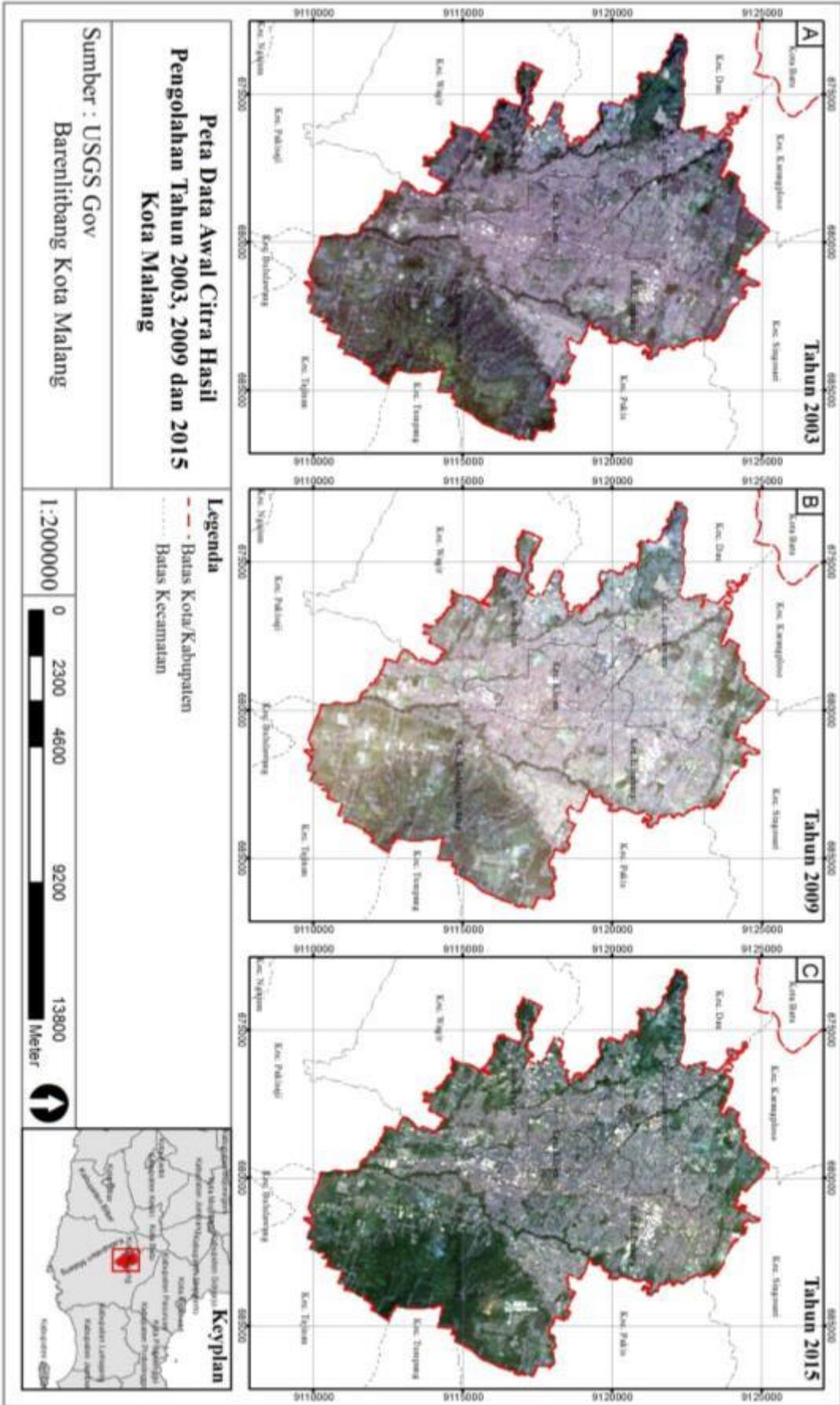
Untuk data tutupan lahan tahun 2015 didapatkan dari data citra Landsat 8 tanggal 6 June 2015. Data citra pada tanggal tersebut relative baik dan tidak terdapat kerusakan data citra ataupun tutupan awan. Pada gambar 5.1 merupakan gambar olahan awal yang ditampilkan dengan "*true color composites*".

5.2 Klasifikasi Data Citra

Dalam pembahasan ini akan diterangkan hasil klasifikasi tutupan lahan tahun 2003, 2009, dan 2015 beserta penilaian akurasi.

5.2.1 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan Tahun 2003, 2009 dan 2015

Dari hasil klasifikasi tutupan lahan di mana menggunakan metode *supervised classification* dengan pendekatan *maximum likelihood* didapatkan data tutupan lahan di Kota Malang tahun 2003 (gambar 5.2), tahun 2009 (gambar 5.3) dan tahun 2015 (gambar 5.4).

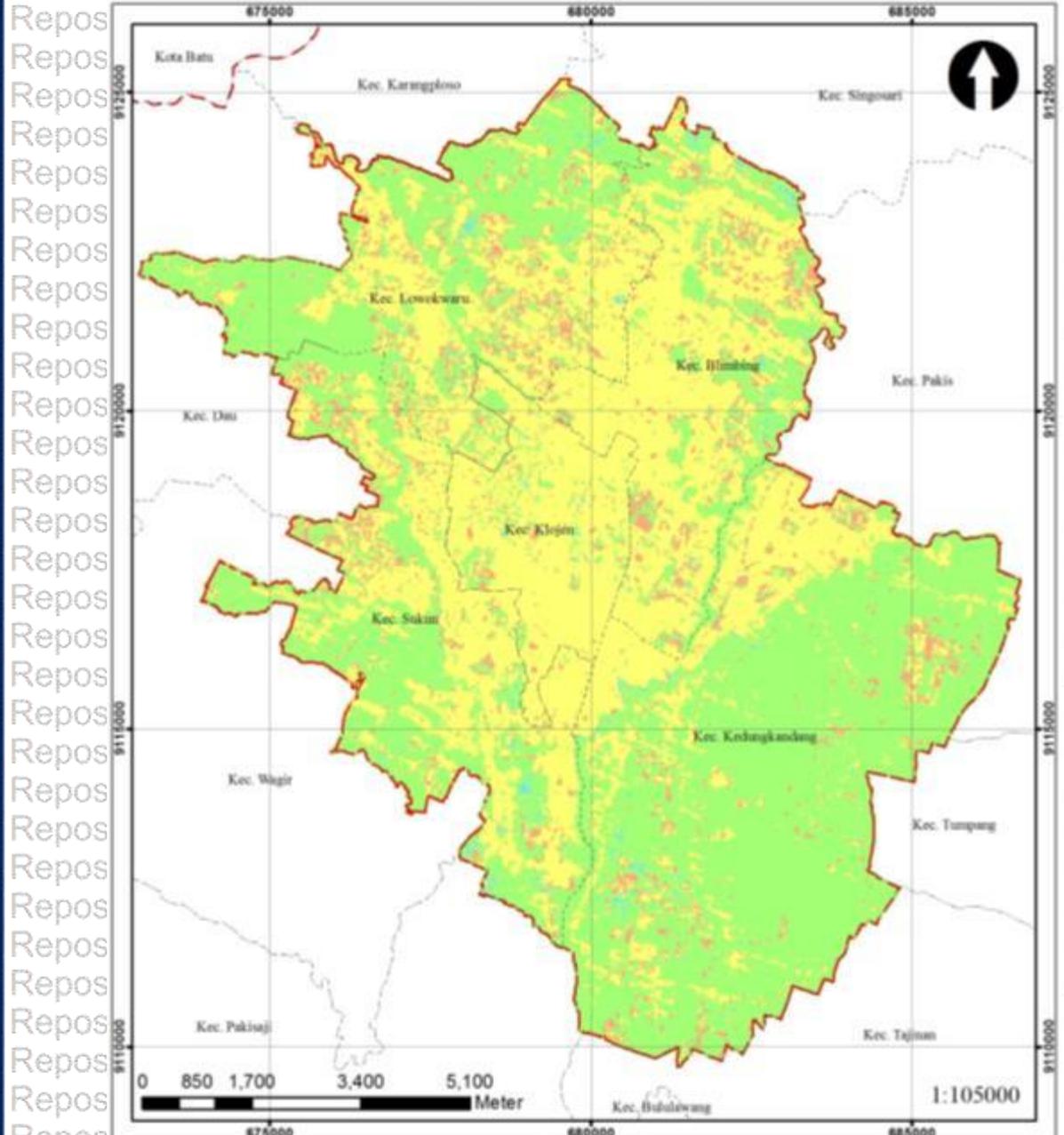


Gambar 5.1 Peta Data Awal Citra Hasil Pengolahan Tahun 2003, 2009 dan 2015 Kota Malang

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya



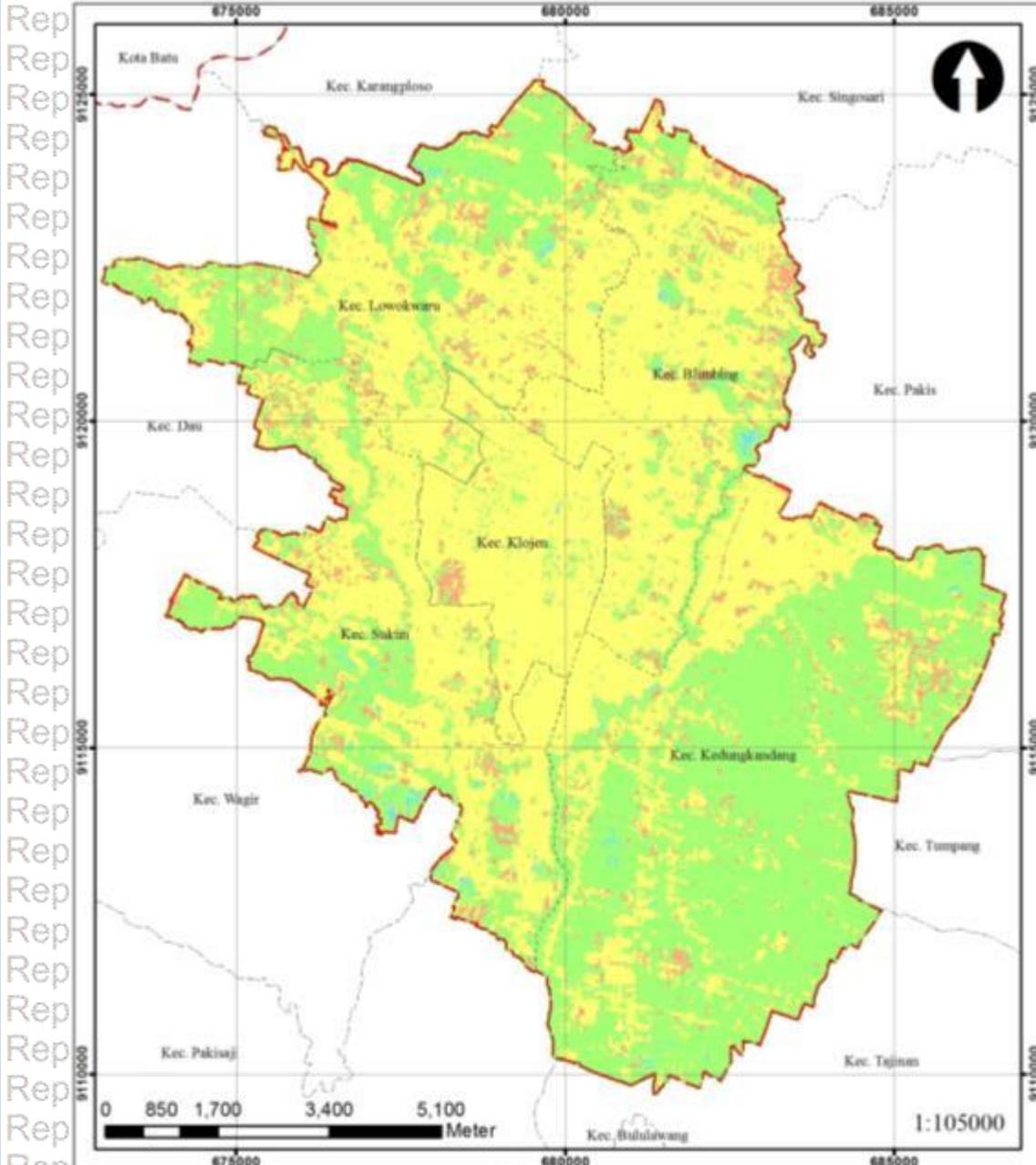
<p>Peta Tutupan Lahan Eksisting Kota Malang Tahun 2003</p>	<p>Legenda</p> <ul style="list-style-type: none"> - - - Batas Kota/Kabupaten Batas Kecamatan Orange Lahan terbuka Yellow Lahan terbangun Green Vegetasi Blue Badan air
<p>Keyplan</p>	<p>Sumber : USGS Gov Barenlitbang Kota Malang</p>

Gambar 5.2 Peta Tutupan Lahan Eksisting Kota Malang Tahun 2003

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya



Peta Tutupan Lahan Eksisting Kota Malang Tahun 2009

Legenda

- - - Batas Kota/Kabupaten
- Batas Kecamatan
- Orange square: Lahan terbuka
- Yellow square: Lahan terbangun
- Green square: Vegetasi
- Blue square: Badan air

Keyplan

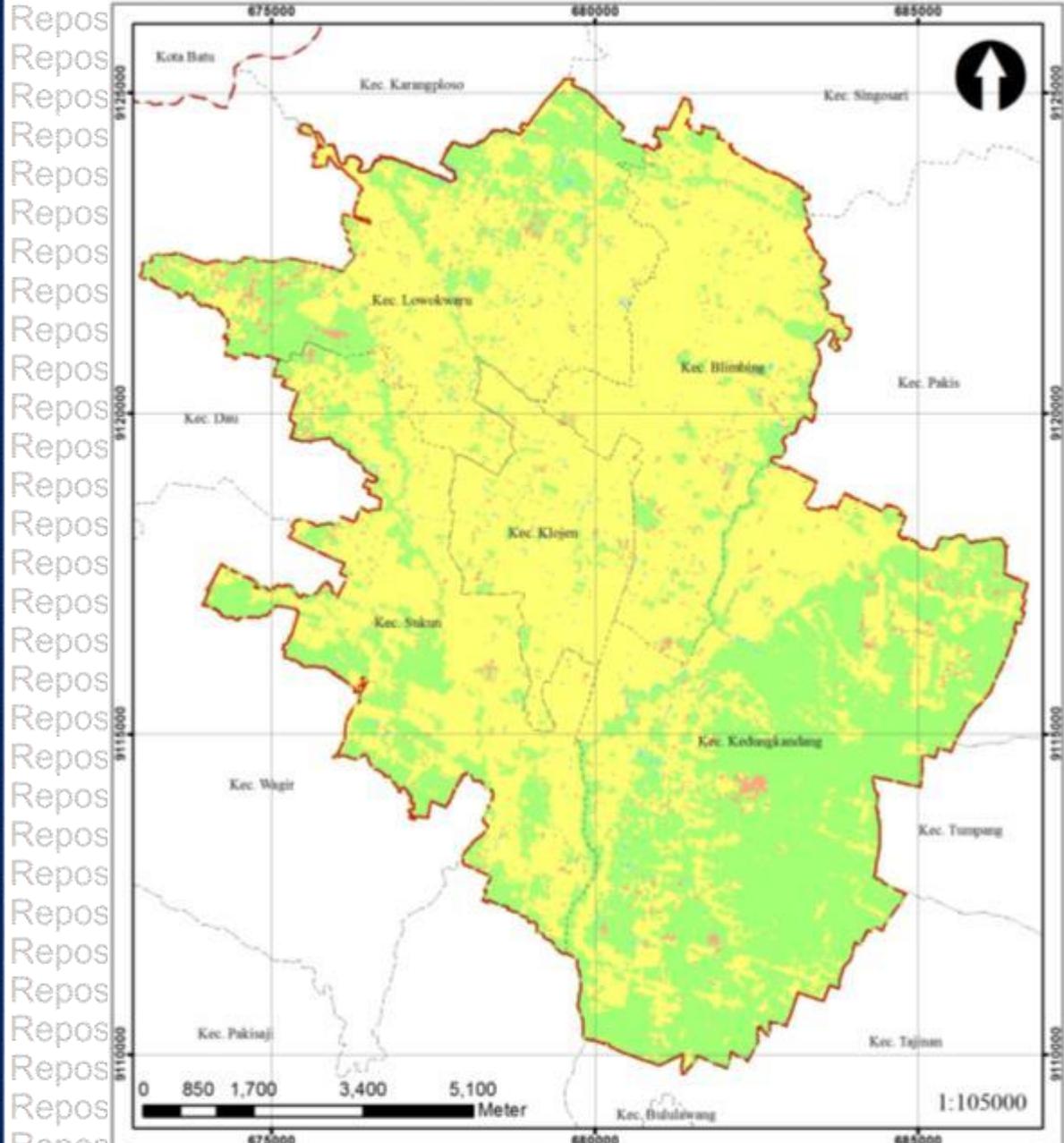
Sumber : USGS Gov
Barenlitbang Kota Malang

Gambar 5.3 Peta Tutupan Lahan Eksisting Kota Malang Tahun 2009

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository



<p>Peta Tutupan Lahan Eksisting Kota Malang Tahun 2015</p>	<p>Legenda</p> <ul style="list-style-type: none"> - - - Batas Kota/Kabupaten Batas Kecamatan ■ Lahan terbuka ■ Lahan terbangun ■ Vegetasi ■ Badan air
<p>Keyplan</p>	<p>Sumber : USGS Gov Barenlitbang Kota Malang</p>

Gambar 5.4 Peta Tutupan Lahan Eksisting Kota Malang Tahun 2015

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository



5.2.2 Penilaian Akurasi Tutupan Lahan Tahun 2003, 2009 dan 2015 Hasil Klasifikasi

Penilaian akurasi ini menggunakan rumus *multinomial distribution* dengan tingkat kepercayaan 95% dan tingkat akurasi 90%. Dengan dasar nilai-nilai tersebut didapatkan nilai sampel sebesar 159. Jenis sampling yang digunakan dalam penilaian akurasi ini menggunakan *random sampling*. Penyebaran sampel-sampel tersebut diterangkan pada Gambar 5.5.

Data yang digunakan sebagai acuan dalam komparasi ini menggunakan data dari *Google Earth* (GE) seperti yang digunakan dalam Rwanga & Mbuki (2017) dan Tilahun & Teferie (2015) sebagai referensi komparasi untuk penilaian akurasi. Untuk data tutupan lahan tahun 2003 menggunakan data referensi GE pada tanggal 9 September 2003. Untuk data tutupan lahan tahun 2009 menggunakan data referensi GE pada tanggal 13 Agustus 2009 dan 24 Oktober 2009. Meski sebagian besar menggunakan data referensi GE pada tanggal 24 Oktober 2009 namun pada beberapa wilayah tidak didapati data referensi pada tanggal tersebut sehingga menggunakan tambahan data referensi GE pada tanggal 13 Agustus 2009. Untuk data tutupan lahan pada tahun 2015 menggunakan data referensi GE pada tanggal 16 Mei 2015.

Tabel 5.1 Penilaian Akurasi Tutupan Lahan Tahun 2003

	Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan air	Total
Lahan terbuka	7	3	3	0	13
Lahan terbangun	2	59	6	0	67
Vegetasi	1	5	72	0	78
Badan air	0	0	1	0	1
Total	10	67	82	0	159

Sumber : Hasil Survei (2018)

Tabel 5.2 Penilaian Akurasi Tutupan Lahan Tahun 2009

	Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan air	Total
Lahan terbuka	4	0	2	0	6
Lahan terbangun	1	76	6	0	83
Vegetasi	0	1	67	0	68
Badan air	0	0	2	0	2
Total	5	77	77	0	159

Sumber : Hasil Survei (2018)

Tabel 5.3 Penilaian Akurasi Tutupan Lahan Tahun 2015

	Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan air	Total
Lahan terbuka	1	0	1	0	2
Lahan terbangun	0	93	7	0	100
Vegetasi	1	1	55	0	57
Badan air	0	0	0	0	0
	2	94	63	0	159

Sumber : Hasil Survei (2018)

Tabel 5.4 Penilaian Akurasi dan Nilai Kappa Tutupan Lahan Tahun 2003, 2009 dan 2015

No	Tahun tutupan lahan	Akurasi	Kappa
1	2003	86,79%	0.77
2	2009	92,45%	0.86
3	2015	93.71%	0.87

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Berdasarkan perhitungan kappa didapatkan nilai akurasi sebesar 86,79% dengan nilai kappa 0.77 dan untuk hasil klasifikasi tutupan lahan pada tahun 2003 (Gambar 5.5 - A). Untuk tutupan lahan tahun 2009 (Gambar 5.5 - B). didapatkan nilai akurasi sebesar 92,45%. dengan nilai kappa 0.86. Sedangkan untuk tutupan lahan tahun 2015 (Gambar 5.5 - C). didapatkan nilai akurasi sebesar 93.71% dengan nilai kappa 0.87. Meski terdapat dua jenis penilaian yaitu penilaian akurasi dan nilai kappa, nilai kappa seringkali diacuan dalam beberapa penelitian terkait pengklasifikasi tutupan lahan. Dalam hal ini terdapat dua tutupan lahan hasil klasifikasi yaitu tahun 2009 dan 2015 yang termasuk kategori “almost perfect” dan satu tutupan lahan hasil klasifikasi dan tahun 2003 termasuk kategori “substantial”. Jika melihat penelitian yang dilakukan Rwanga & Mbuki (2017) di mana menggunakan *Google Earth*, setidaknya hasil klasifikasi termasuk ke dalam kategori “substantial”. Dalam penelitian tersebut didapatkan nilai kappa 0.7222 dengan akurasi sebesar 81.7%.

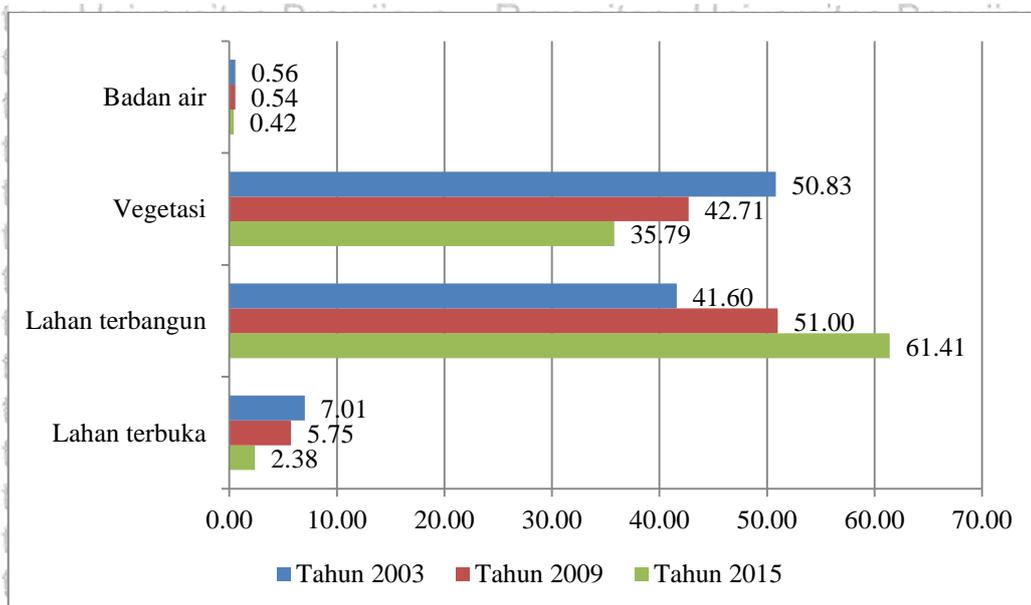
5.3 Observasi Perubahan Sebaran Tutupan Lahan di Kota Malang

Pada tahapan ini dilakukan dengan dua tahapan yaitu menggunakan tabel statistik perubahan tutupan lahan untuk melihat besaran luasan ataupun prosentase. Selain itu juga dengan menggunakan tabel *post-classificaiton matrix* 2003-2009 dan 2009-2015. Hasil dari perhitungan tersebut didapatkan dari data perubahan lahan pada gambar dari satu tutupan lahan ketutupan lahan lainnya.

5.3.1 Perubahan Tutupan Lahan di Kota Malang Antara Tahun 2003, 2009 dan 2015

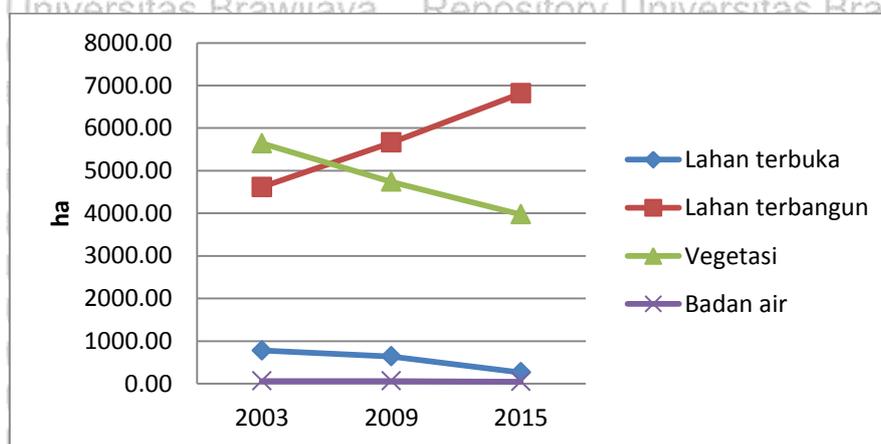
Pada Tabel 5.5 dapat dijelaskan bahwa adanya pergeseran di mana pada tahun 2003 tutupan lahan di dominasi oleh vegetasi dengan prosentase 50.83%, pada tahun 2009

dominasi berganti menjadi lahan terbangun yaitu sebesar 51%. Hal tersebut kemudian berlanjut dengan penambahan luasan lahan terbangun pada rentang tahun 2009-2015 di mana terjadi penambahan lahan terbangun dengan prosentase 10.41%. Hal tersebut menjadikan Kota Malang memiliki luasan lahan terbangun dengan prosentase sebesar 61.41% atau dengan luasan 6815.15 ha di mana dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan 5.7.



Gambar 5.6 Diagram Prosentase Luasan Tutupan Lahan Kota Malang Tahun 2003, 2009 dan 2015

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)



Gambar 5.7 Diagram Luasan Tutupan Lahan Kota Malang Tahun 2003, 2009 dan 2015 (dalam ha)

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.5 Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kota Malang Tahun 2003-2009

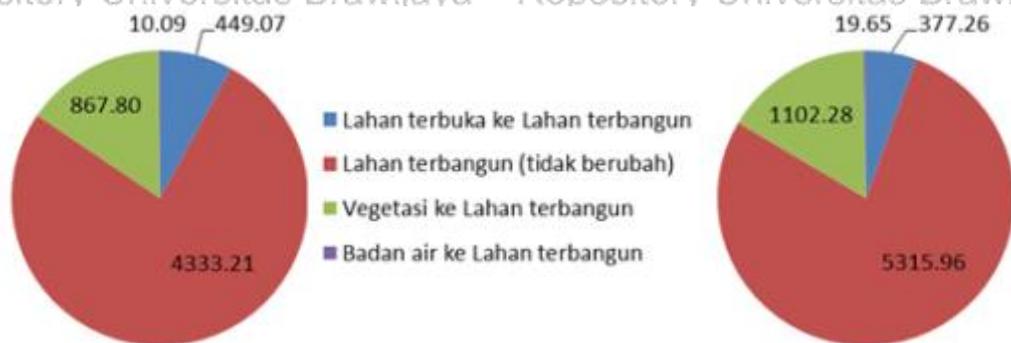
Tahun Kategori tutupan lahan	2003		2009		Nilai perubahan	
	ha	%	ha	%	ha	%
Lahan terbuka	778.10	7.01	637.73	5.75	-140.37	-1.26
Lahan terbangun	4616.31	41.60	5660.16	51.00	1043.85	9.41
Vegetasi	5640.65	50.83	4739.44	42.71	-901.21	-8.12
Badan air	62.43	0.56	60.16	0.54	-2.27	-0.02

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.6 Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kota Malang Tahun 2009-2015

Tahun Kategori tutupan lahan	2009		2015		Nilai perubahan	
	ha	%	ha	%	ha	%
Lahan terbuka	637.73	5.75	263.94	2.38	-373.79	-3.37
Lahan terbangun	5660.17	51.00	6815.15	61.41	1154.98	+10.41
Vegetasi	4739.44	42.71	3972.13	35.79	-767.31	-6.91
Badan air	60.16	0.54	46.29	0.42	-13.87	-0.13

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)



Gambar 5.8 Diagram Transisi Tutupan Lahan dalam Lingkup Kecamatan di Kota Malang Tahun 2003-2009 (kiri) dan Tahun 2009-2015 (kanan) (dalam ha)

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Berdasarkan Gambar 5.8 dapat dijelaskan bahwa terdapat 867.8 ha vegetasi yang bertransisi menjadi lahan terbangun pada rentang tahun 2003-2009. Pada rentang tahun berikutnya yaitu tahun 2009-2015 mengalami penambahan hingga menjadi 1102.28 ha seperti diterangkan pada Table 5.8. Hal tersebut berbeda dengan lahan terbuka yang mengalami penurunan. Pada rentang tahun 2003-2009, lahan terbuka yang bertransisi menjadi lahan terbangun 449.07 ha dan tahun 2009-2015 turun menjadi 377.26 ha.

Tabel 5.7 *Post-classification matrix* tutupan lahan Kota Malang tahun 2003-2009 (dalam ha)

		2009				
Kategori tutupan lahan		Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan air	Total
2003	Lahan terbuka	134.42	449.07	192.99	1.62	778.10
	Lahan terbangun	80.80	4333.21	195.32	6.98	4616.32
	Vegetasi	418.64	867.80	4306.44	47.78	5640.65
	Badan air	3.87	10.09	44.70	3.78	62.43
	Total	637.73	5660.17	4739.44	60.16	11097.50

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.8 *Post-classification matrix* tutupan lahan Kota Malang tahun 2009-2015 (dalam ha)

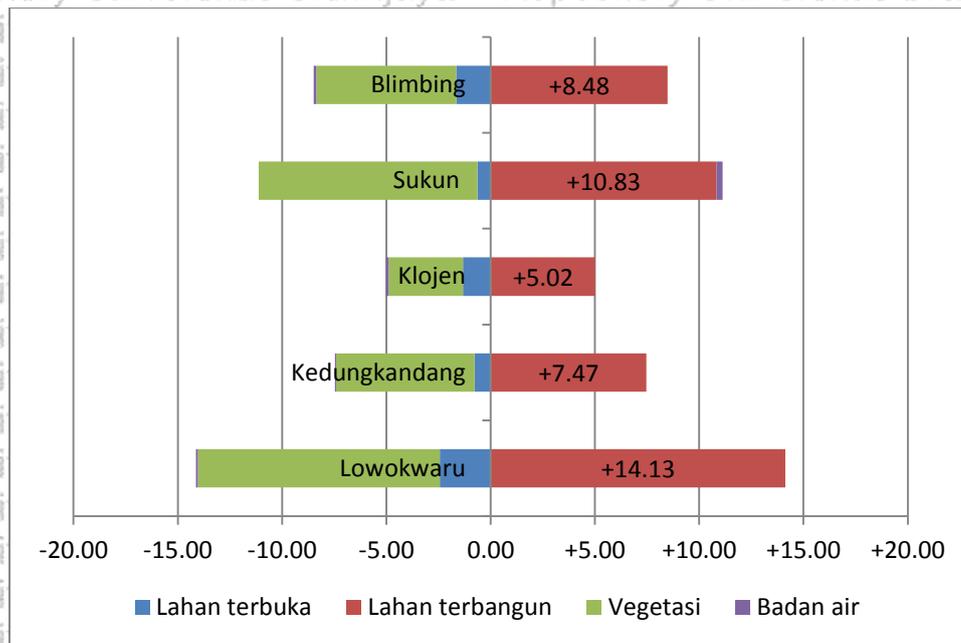
		2015				
Kategori tutupan lahan		Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan air	Total
2009	Lahan terbuka	45.40	377.26	214.26	0.81	637.73
	Lahan terbangun	94.37	5315.96	227.60	22.24	5660.17
	Vegetasi	122.72	1102.28	3494.27	20.16	4739.44
	Badan air	1.44	19.65	35.99	3.08	60.16
	Total	263.94	6815.15	3972.13	46.29	11097.50

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

5.3.2 Perubahan Tutupan Lahan dalam Lingkup Kecamatan di Kota Malang Tahun

2003-2009

Secara spesifik dapat dijelaskan bahwa wilayah di Kota Malang yang mengalami transisi tutupan lahan terbesar pada tahun 2003-2009 terkait peningkatan lahan terbangun adalah wilayah Kecamatan Lowokwaru yaitu hampir mendekati 15% seperti yang dijelaskan dalam Gambar 5.9. Sedangkan untuk wilayah paling sedikit mengalami peningkatan yaitu Kecamatan Klojen terkait lahan terbangun yaitu sebesar 5%. Dominasi terbesar secara keseluruhan adalah perubahan dari tutupan lahan vegetasi ke lahan terbangun. Hal ini terlihat dari Tabel 5.9 dan Gambar 5.9 di mana penurunan mencapai 11.6 % pada kecamatan Lowokwaru.



Gambar 5.9 Diagram Prosentrisi Perubahan Tutupan Lahan tahun 2003-2009 dalam Unit Kecamatan di Kota Malang .

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.9 Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Lowokwaru Kota Malang Tahun 2003-2009

Tahun Kategori tutupan lahan	2003		2009		Nilai perubahan	
	ha	%	ha	%	ha	%
Lahan terbuka	205.54	9.36	152.13	6.93	-53.41	-2.43
Lahan terbangun	885.04	40.29	1195.51	54.42	310.47	+14.13
Vegetasi	1092.99	49.75	838.06	38.15	-254.93	-11.60
Badan air	13.29	0.61	11.15	0.51	-2.14	-0.10

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.10 Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Blimbing Kota Malang Tahun 2003-2009

Tahun Kategori tutupan lahan	2003		2009		Nilai perubahan	
	ha	%	ha	%	ha	%
Lahan terbuka	170.93	9.04	139.86	7.40	-31.08	-1.64
Lahan terbangun	1189.14	62.90	1349.44	71.38	160.30	+8.48
Vegetasi	516.61	27.33	389.68	20.61	-126.93	-6.71
Badan air	13.87	0.73	11.58	0.61	-2.29	-0.12

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.11 Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Klojen Kota Malang Tahun 2003-2009

Tahun Kategori tutupan lahan	2003		2009		Nilai perubahan	
	ha	%	ha	%	ha	%
Lahan terbuka	38.86	4.37	27.02	3.04	-11.84	-1.33
Lahan terbangun	749.83	84.26	794.49	89.28	44.65	+5.02
Vegetasi	95.48	10.73	63.79	7.17	-31.69	-3.56
Badan air	5.68	0.64	4.55	0.51	-1.12	-0.13

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.12 Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Sukun Kota Malang Tahun 2003-2009

Tahun Kategori tutupan lahan	2003		2009		Nilai perubahan	
	ha	%	ha	%	ha	%
Lahan terbuka	162.18	7.65	148.75	7.02	-13.42	-0.63
Lahan terbangun	960.38	45.32	1189.90	56.15	229.52	+10.83
Vegetasi	982.41	46.36	760.21	35.87	-222.20	-10.48
Badan air	14.29	0.67	20.40	0.96	6.11	+0.29

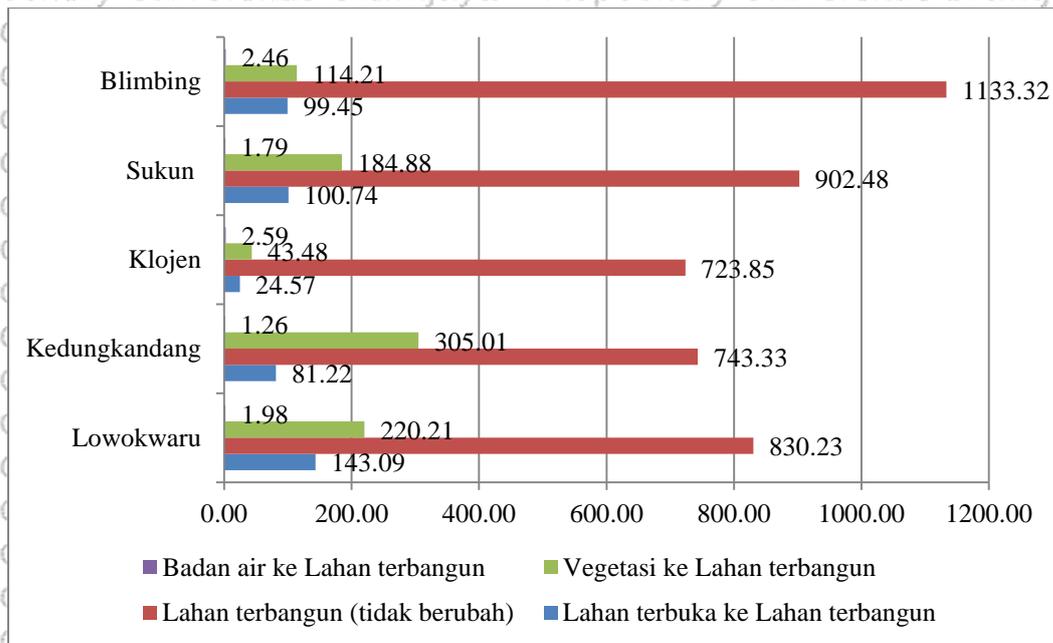
Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.13 Statistik Perubahan Tutupan Lahan Tahun Kecamatan Kedungkandang Kota Malang Tahun 2003-2009

Tahun Kategori tutupan lahan	2003		2009		Nilai perubahan	
	ha	%	ha	%	ha	%
Lahan terbuka	200.59	5.01	169.97	4.25	-30.62	-0.77
Lahan terbangun	831.92	20.79	1130.83	28.26	298.90	+7.47
Vegetasi	2953.16	73.81	2687.70	67.18	-265.46	-6.63
Badan air	15.30	0.38	12.48	0.31	-2.82	-0.07

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Seperti yang diterangkan pada Gambar 5.10 dan Tabel 5.18 bahwa perubahan tutupan lahan vegetasi menjadi lahan terbangun terbesar terjadi di Kecamatan Kedungkandang yang melebihi angka 305.01 ha. Selain itu perubahan tutupan lahan dari lahan terbuka menjadi lahan terbangun terbesar terjadi di Kecamatan Lowokwaru yaitu sebesar melebihi 143.09 ha seperti yang dijelaskan pada Tabel 5.14. Wilayah yang mengalami transisi tutupan lahan baik dari lahan terbuka, lahan terbangun dan badan air ke lahan terbangun paling sedikit terjadi di Kecamatan Klojen. Secara keseluruhan hal tersebut digambarkan pada Gambar 5.18 terkait dengan perubahan tutupan lahan tahun 2003-2009 dan Gambar 5.19 untuk tahun 2009-2015.



Gambar 5.10 Diagram Luasan Transisi Tutupan Lahan yang Bertransisi Menjadi Lahan Terbangun pada Tiap Kecamatan di Kota Malang Tahun 2003-2009

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.14 *Post-classification Matrix* Tutupan Lahan Kecamatan Lowokwaru Kota Malang Tahun 2003-2009 (dalam ha)

		2009				
Kategori tutupan lahan		Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan air	Total
2003	Lahan terbuka	29.14	143.09	32.86	0.45	205.54
	Lahan terbangun	20.36	830.23	33.46	0.99	885.04
	Vegetasi	102.18	220.21	761.69	8.90	1092.99
	Badan air	0.45	1.98	10.05	0.81	13.29
	Total	152.13	1195.51	838.06	11.15	2196.86

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.15 *Post-classification Matrix* Tutupan Lahan Kecamatan Blimbing Kota Malang Tahun 2003-2009 (dalam ha)

		2009				
Kategori tutupan lahan		Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan air	Total
2003	Lahan terbuka	39.78	99.45	31.17	0.54	170.93
	Lahan terbangun	18.37	1133.32	35.60	1.85	1189.14
	Vegetasi	80.54	114.21	313.53	8.33	516.61
	Badan air	1.17	2.46	9.38	0.86	13.87
	Total	139.86	1349.44	389.68	11.58	1890.56

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.16 *Post-classification Matrix* Tutupan Lahan Kecamatan Klojen Kota Malang Tahun 2003-2009 (dalam ha)

		2009				
Kategori tutupan lahan		Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan air	Total
2003	Lahan terbuka	8.27	24.57	6.03	0.00	38.86
	Lahan terbangun	7.56	723.85	16.08	2.34	749.83
	Vegetasi	11.20	43.48	39.00	1.81	95.48
	Badan air	0.00	2.59	2.69	0.40	5.68
	Total	27.02	794.49	63.79	4.55	

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.17 *Post-classification Matrix* Tutupan Lahan Kecamatan Sukun Kota Malang Tahun 2003-2009 (dalam ha)

		2009				
Kategori tutupan lahan		Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan air	Total
2003	Lahan terbuka	28.45	100.74	32.44	0.54	162.18
	Lahan terbangun	18.45	902.48	37.94	1.52	960.38
	Vegetasi	99.87	184.88	679.85	17.80	982.41
	Badan air	1.98	1.79	9.98	0.54	14.29
	Total	148.75	1189.90	760.21	20.40	2119.26

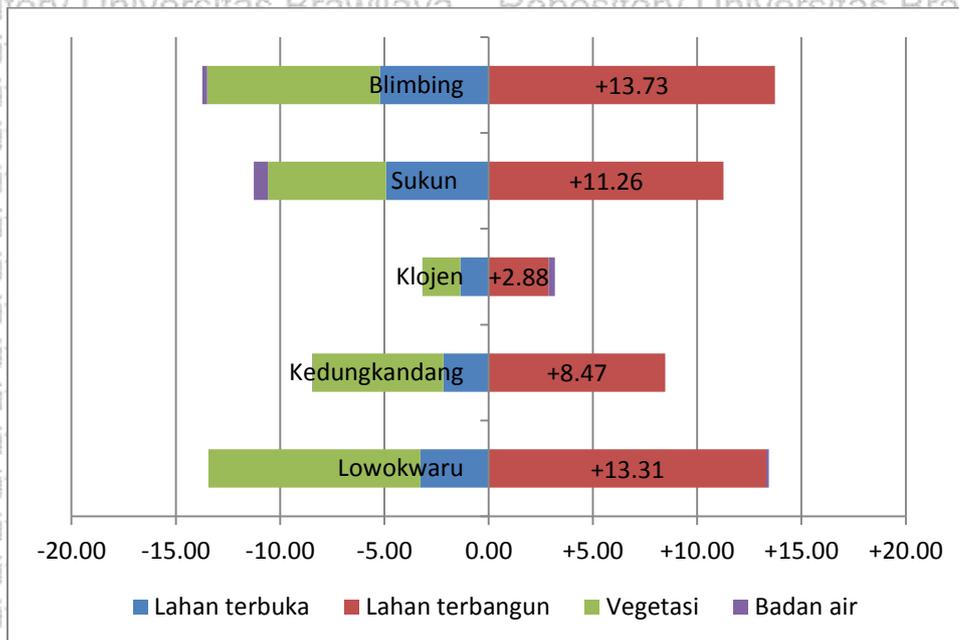
Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.18 *Post-classification Matrix* Tutupan Lahan Kecamatan Kedungkandang Kota Malang Tahun 2003-2009 (dalam ha)

		2009				
Kategori tutupan lahan		Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan air	Total
2003	Lahan terbuka	28.78	81.22	90.49	0.09	200.59
	Lahan terbangun	16.07	743.33	72.24	0.29	831.92
	Vegetasi	124.85	305.01	2512.37	10.93	2953.16
	Badan air	0.27	1.26	12.60	1.17	15.30
	Total	169.97	1130.83	2687.70	12.48	

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

5.3.3 Perubahan Tutupan Lahan Dalam Lingkup Kecamatan di Kota Malang Tahun 2009-2015



Gambar 5.11 Diagram Prosentasi Perubahan Tutupan Lahan dalam Unit Kecamatan di Kota Malang Tahun 2009-2015.

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2018)

Perubahan terbesar lahan terbangun pada rentang tahun 2009-2015 terjadi di Kecamatan Blimbing di mana mengalami kenaikan sebesar 13.73 persen seperti yang dijelaskan dalam Gambar 5.11 dan Tabel 5.20. Kontribusi sebagian besar dari perubahan tersebut berasal dari tutupan lahan vegetasi di mana mengalami pengurangan sebesar 8.29%. Kenaikan yang cukup besar juga terjadi di Kecamatan Lowokwaru terkait dengan lahan terbangun yang hampir mendekati nilai dari Kecamatan Blimbing yaitu 13.31%. Meski demikian terdapat perbedaan dari kedua kecamatan tersebut di mana kontribusi perubahan menjadi lahan terbangun dari lahan terbuka cukup besar di Kecamatan Blimbing dibandingkan dengan Kecamatan Lowokwaru. Di Kecamatan Blimbing terdapat penurunan lahan terbuka 5.21% (Tabel 5.20) di mana lebih besar dari Kecamatan Lowokwaru yang memiliki nilai penurunan sebesar 3.28% (Tabel 3.19)

Tabel 5.19 Statistik Perubahan Tutupan Lahan Tahun Kecamatan Lowokwaru Kota Malang Tahun 2009-2015

Tahun Kategori tutupan lahan	2009		2015		Nilai perubahan	
	ha	%	ha	%	ha	%
Lahan terbuka	152.14	6.93	80.17	3.65	-71.97	-3.28
Lahan terbangun	1195.51	54.42	1487.92	67.73	292.41	+13.31
Vegetasi	838.06	38.15	614.74	27.98	-223.32	-10.17
Badan air	11.15	0.51	14.03	0.64	2.88	+0.13

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.20 Statistik Perubahan Tutupan Lahan Tahun Kecamatan Blimbing Kota Malang Tahun 2009-2015

Tahun Kategori tutupan lahan	2009		2015		Nilai perubahan	
	ha	%	ha	%	ha	%
Lahan terbuka	139.86	7.40	41.35	2.19	-98.51	-5.21
Lahan terbangun	1349.44	71.38	1608.97	85.11	259.53	+13.73
Vegetasi	389.68	20.61	233.01	12.32	-156.67	-8.29
Badan air	11.58	0.61	7.22	0.38	-4.35	-0.23

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.21 Statistik Perubahan Tutupan Lahan Tahun Kecamatan Klojen Kota Malang Tahun 2009-2015

Tahun Kategori tutupan lahan	2009		2015		Nilai perubahan	
	ha	%	ha	%	ha	%
Lahan terbuka	27.02	3.04	14.96	1.68	-12.06	-1.36
Lahan terbangun	794.49	89.28	820.10	92.16	25.62	+2.88
Vegetasi	63.79	7.17	47.62	5.35	-16.18	-1.82
Badan air	4.55	0.51	7.18	0.81	2.62	+0.29

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.22 Statistik Perubahan Tutupan Lahan Tahun Kecamatan Sukun Kota Malang Tahun 2009-2015

Tahun Kategori tutupan lahan	2009		2015		Nilai perubahan	
	ha	%	ha	%	ha	%
Lahan terbuka	148.75	7.02	44.48	2.10	-104.27	-4.92
Lahan terbangun	1189.90	56.15	1428.53	67.41	238.63	+11.26
Vegetasi	760.21	35.87	640.33	30.21	-119.88	-5.66
Badan air	20.40	0.96	5.92	0.28	-14.48	-0.68

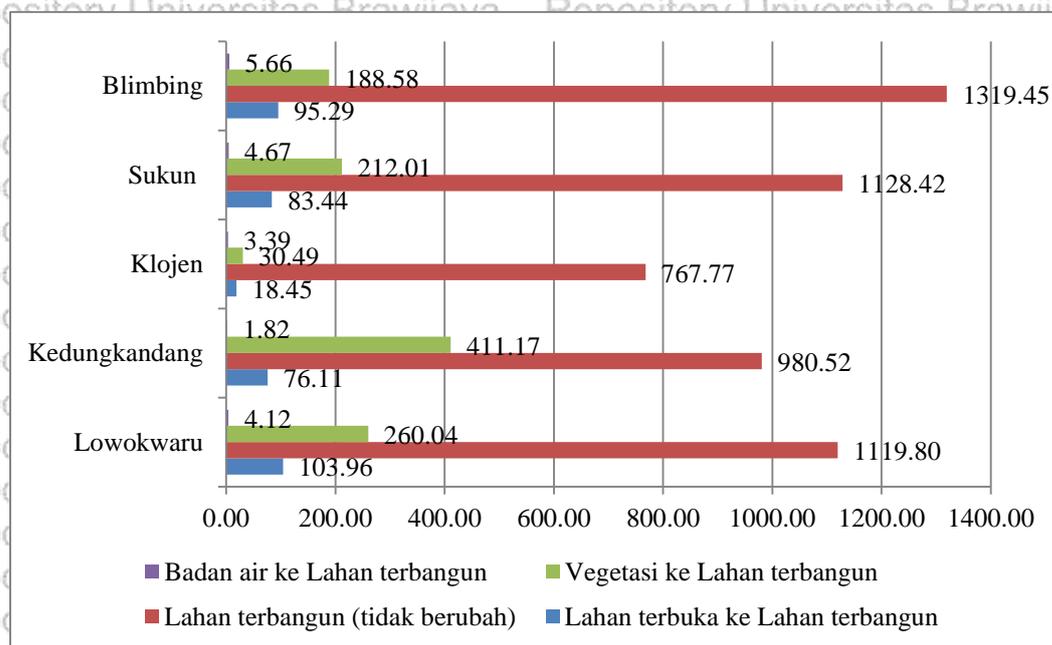
Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.23 Statistik Perubahan Tutupan Lahan Tahun Kecamatan Kedungkandang Kota Malang Tahun 2009-2015

Tahun Kategori tutupan lahan	2009		2015		Nilai perubahan	
	ha	%	ha	%	ha	%
Lahan terbuka	169.97	4.25	82.98	2.07	-86.98	-2.17
Lahan terbangun	1130.83	28.26	1469.61	36.73	338.79	+8.47
Vegetasi	2687.69	67.18	2436.43	60.90	-251.26	-6.28
Badan air	12.48	0.31	11.94	0.30	-0.54	-0.01

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Gambar 5.12 dapat dijelaskan bahwa luasan terbesar dari tutupan lahan vegetasi yang bertransisi menjadi lahan terbangun terjadi di Kecamatan Kedungkandang yaitu melebihi 411.17 ha. Perubahan tersebut juga diikuti kecamatan lain yaitu Kecamatan Lowokwaru yang melebihi 260.04 ha (Tabel 5.24). Selain itu juga diketahui bahwa banyak wilayah lahan terbuka yang berubah menjadi lahan terbangun di Kecamatan Blimbing yang luasan lahan merupakan terbesar dari kecamatan-kecamatan lainnya yaitu mendekati 95.29 ha (Tabel 5.25). Secara keseluruhan, Kecamatan Klojen dapat dikatakan mengalami perubahan tutupan lahan yang paling sedikit terkait dengan perubahannya menjadi lahan terbangun dibandingkan dengan kecamatan-kecamatan lainnya pada tahun 2009-2015.



Gambar 5.12 Diagram Luasan Transisi Tutupan Lahan yang Bertransisi Menjadi Lahan Terbangun pada Tiap Kecamatan di Kota Malang Tahun 2009-2015

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.24 *Post-classification Matrix* Tutupan Lahan Kecamatan Lowokwaru Kota Malang Tahun 2009-2015 (dalam ha)

		2015				
Kategori tutupan lahan		Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan air	Total
2009	Lahan terbuka	11.89	103.96	35.92	0.36	152.14
	Lahan terbangun	30.46	1119.80	40.33	4.93	1195.51
	Vegetasi	37.55	260.04	532.47	8.01	838.06
	Badan air	0.27	4.12	6.02	0.74	11.15
	Total	80.17	1487.92	614.74	14.03	2196.87

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.25 *Post-classification Matrix* Tutupan Lahan Kecamatan Blimbing Kota Malang Tahun 2009-2015 (dalam ha)

		2015				
Kategori tutupan lahan		Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan air	Total
2009	Lahan terbuka	9.20	95.29	35.28	0.09	139.86
	Lahan terbangun	14.68	1319.45	11.33	3.98	1349.44
	Vegetasi	16.93	188.58	181.56	2.61	389.68
	Badan air	0.54	5.66	4.84	0.54	11.58
	Total	41.35	1608.97	233.01	7.22	1890.55

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.26 *Post-classification Matrix* Tutupan Lahan Kecamatan Klojen Kota Malang Tahun 2009-2015 (dalam ha)

		2015				
Kategori tutupan lahan		Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan air	Total
2009	Lahan terbuka	2.08	18.45	6.49	0.00	27.02
	Lahan terbangun	9.26	767.77	11.36	6.09	794.49
	Vegetasi	3.52	30.49	29.15	0.63	63.79
	Badan air	0.09	3.39	0.63	0.45	4.55
	Total	14.96	820.10	47.62	7.18	889.85

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)



Tabel 5.27 *Post-classification Matrix* Tutupan Lahan Kecamatan Sukun Kota Malang Tahun 2009-2015 (dalam ha)

		2015				
Kategori tutupan lahan		Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan air	Total
2009	Lahan terbuka	7.70	83.44	57.25	0.36	148.75
	Lahan terbangun	20.07	1128.42	37.24	4.17	1189.90
	Vegetasi	16.35	212.01	530.47	1.39	760.21
	Badan air	0.36	4.67	15.37	0.00	20.40
	Total	44.48	1428.53	640.33	5.92	2119.26

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

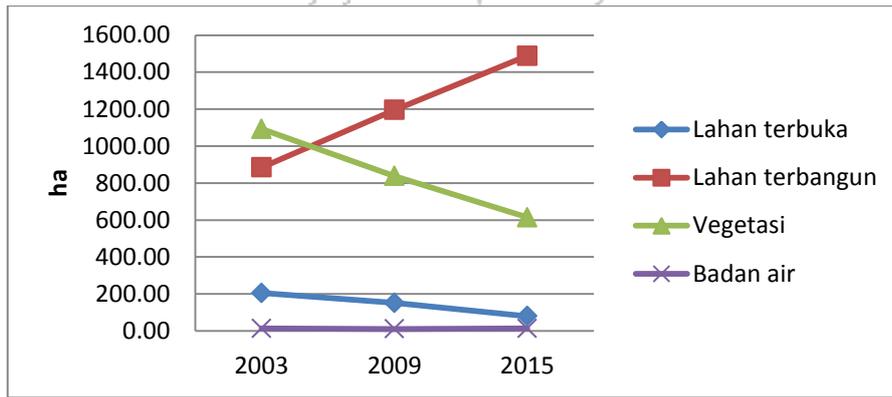
Tabel 5.28 *Post-classification Matrix* Tutupan Lahan Kecamatan Kedungkandang Kota Malang Tahun 2009-2015 (dalam ha)

		2015				
Kategori tutupan lahan		Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan air	Total
2009	Lahan terbuka	14.53	76.11	79.32	0.00	169.97
	Lahan terbangun	19.90	980.52	127.34	3.06	1130.83
	Vegetasi	48.37	411.17	2220.63	7.52	2687.69
	Badan air	0.18	1.82	9.13	1.35	12.48
	Total	82.98	1469.61	2436.43	11.94	4000.96

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

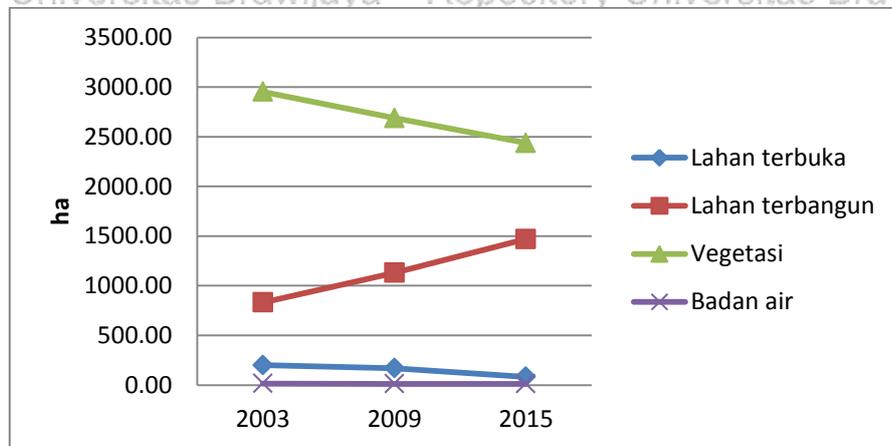
5.3.4 Perubahan Tutupan Lahan pada Tiap Kecamatan di Kota Malang Antara Tahun 2003, 2009 dan 2015

Berdasarkan Gambar 5.13-5.17, secara keseluruhan pada tiap-tiap kecamatan memiliki tren kenaikan luasan lahan terbangun yang diiringi dengan penurunan vegetasi. Untuk kategori lahan terbuka juga mengalami penurunan meski secara luasan jauh lebih sedikit dibandingkan dengan vegetasi. Untuk badan air, dikarenakan luasannya yang jauh lebih kecil dibanding ketiga kategori lainnya cenderung tidak terlalu mengalami perubahan. Secara keseluruhan hanya Kecamatan Kedungkandang yang memiliki luasan vegetasi lebih besar dibandingkan dengan lahan terbangun pada tahun 2015.



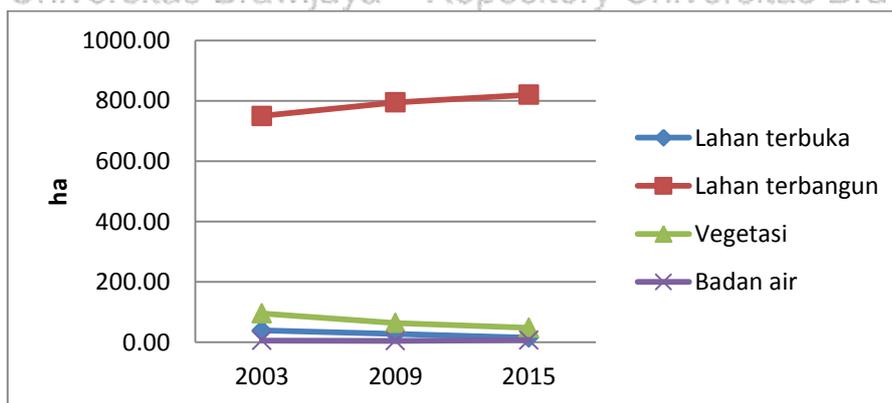
Gambar 5.13 Luasan Tutupan Lahan di Kecamatan Lowokwaru Antara Tahun 2003, 2009 dan 2015

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)



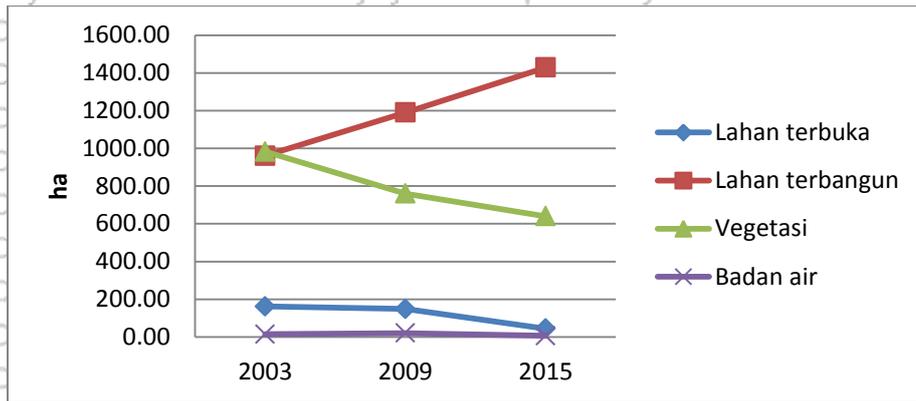
Gambar 5.14 Luasan Tutupan Lahan di Kecamatan Kedungkandang Antara Tahun 2003, 2009 dan 2015

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)



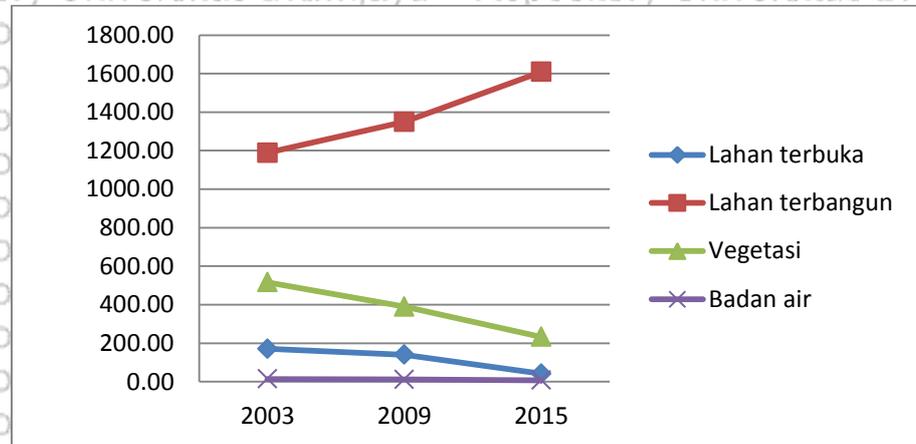
Gambar 5.15 Luasan Tutupan Lahan di Kecamatan Klojen Antara Tahun 2003, 2009 dan 2015

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)



Gambar 5.16 Luasan Tutupan Lahan di Kecamatan Sukun Antara Tahun 2003, 2009 dan 2015

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)



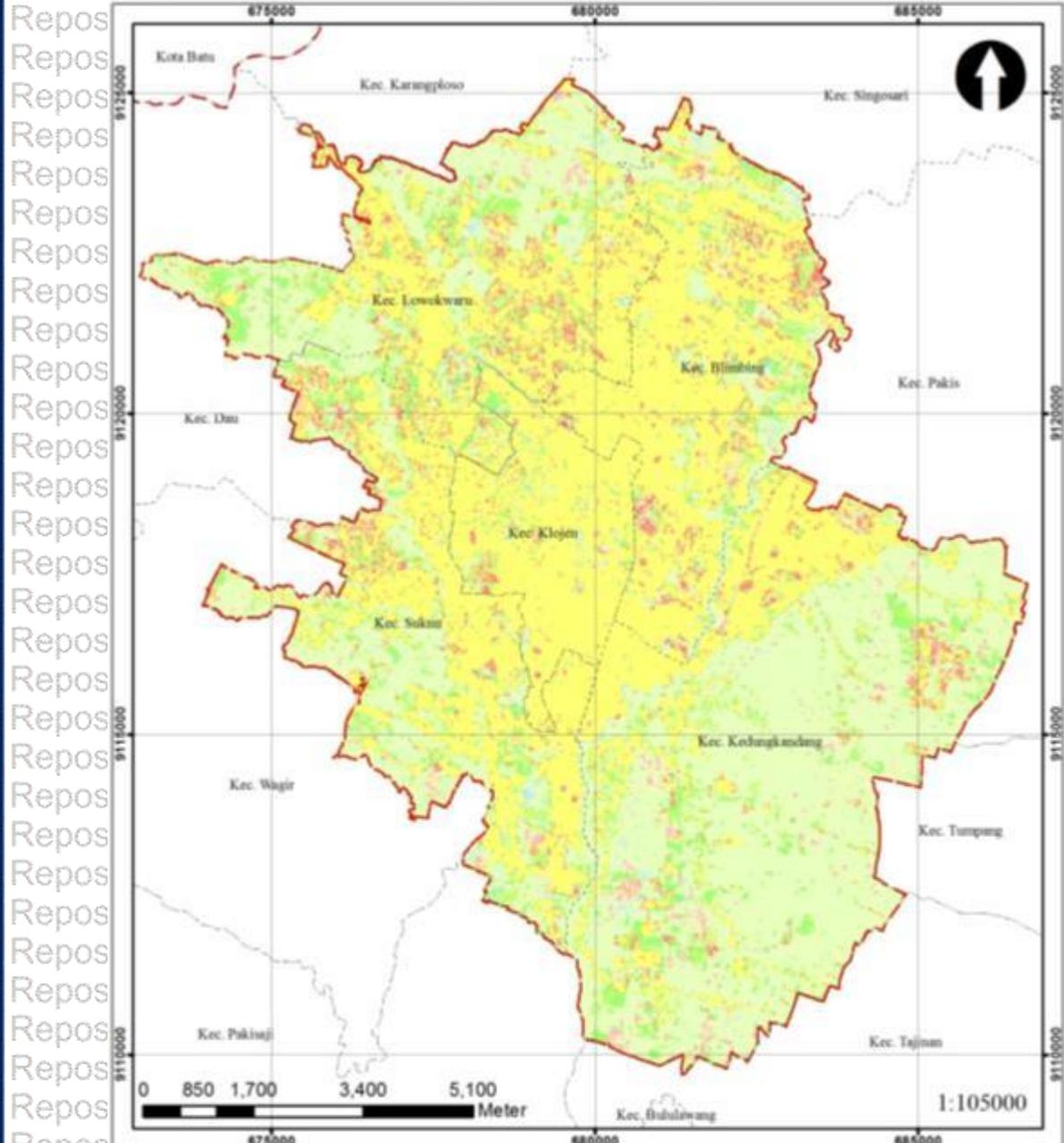
Gambar 5.17 Luasan Tutupan Lahan di Kecamatan Blimbing Antara Tahun 2003, 2009 dan 2015

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository



Peta Perubahan Tutupan Lahan 2003-2009

Legenda

- - - Batas Kota/Kabupaten
- Batas Kecamatan
- LT
- LB->LT
- V->LT
- BA->LT
- LT->LB
- LB
- V->LB
- BA->LB
- LT->V
- LB->V
- V
- BA->V
- LT->BA
- LB->BA
- V->BA
- BA

Keterangan : LT (Lahan terbuka), LB (lahan terbangun), V (vegetasi), BA (badan air)

Sumber : USGS Gov
Barenlitbang Kota Malang

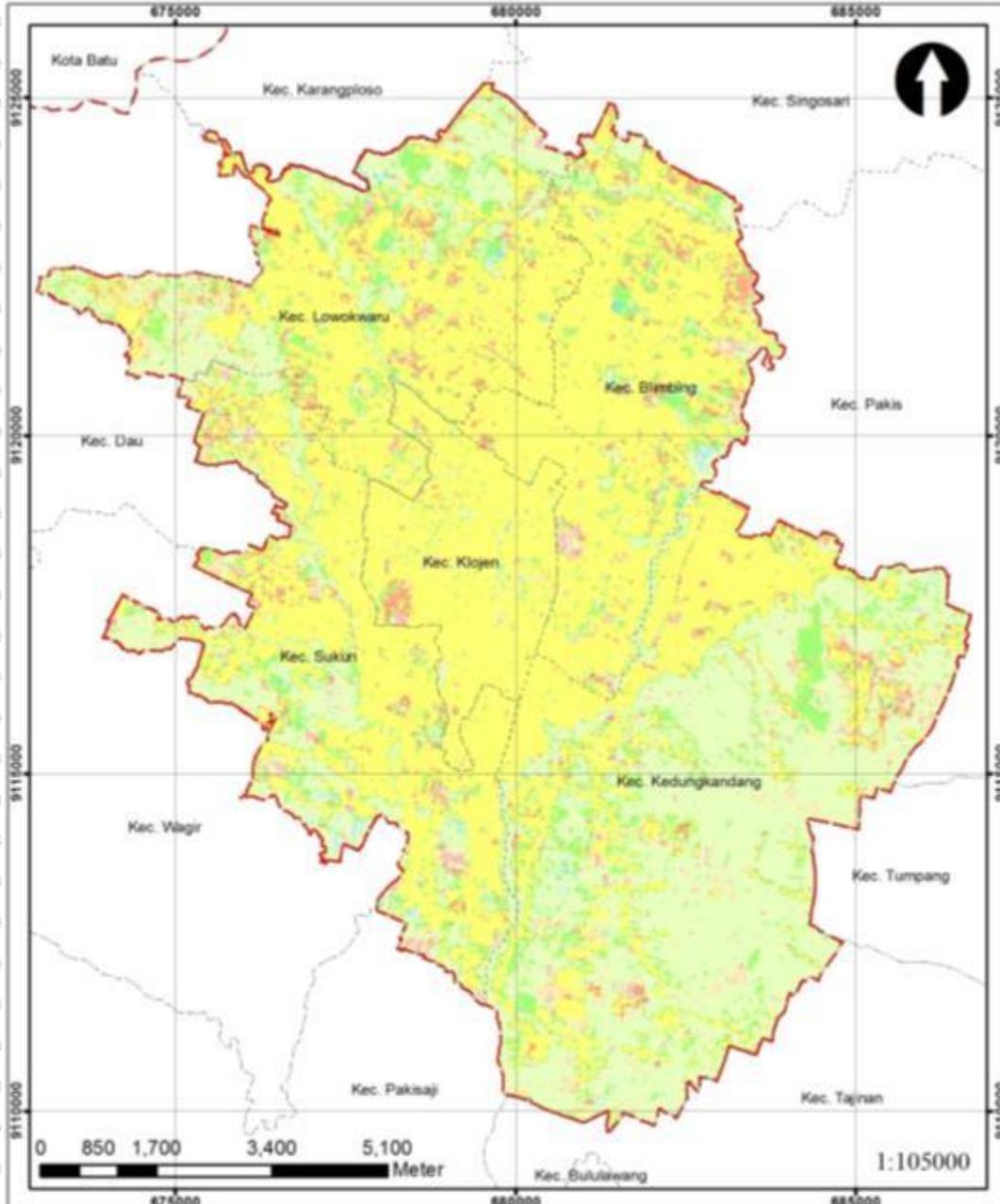
Keyplan

Gambar 5.18 Peta Perubahan Tutupan Lahan 2003-2009

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository



Peta Perubahan Tutupan Lahan 2009-2015

Legenda

- Batas Kecamatan
- - - - - Batas Kota/Kabupaten
- LT
- LB->LT
- V->LT
- BA->LT
- LT->LB
- LB
- V->LB
- BA->LB
- LT->V
- LB->V
- V
- BA->V
- LT->BA
- LB->BA
- V->BA
- BA

Keyplan

Keterangan : LT (Lahan terbuka), LB (lahan terbangun), V (vegetasi), BA (badan air)

Sumber : USGS Gov
Barenlitbang Kota Malang

Gambar 5.19 Peta Perubahan Tutupan Lahan 2009-2015

5.4 Simulasi Pertumbuhan Kota dengan Model *Artificial Neural Network* (ANN)

Dalam tahapan ini akan dapat dilihat input-input data yang digunakan untuk pencarian parameter validasi model yang terbaik untuk simulasi. Validasi model didapatkan dengan membandingkan hasil simulasi tutupan lahan tahun 2015 dengan tutupan lahan eksisting tahun 2015. Parameter-parameter ANN terbaik pada simulasi tersebut kemudian digunakan untuk mensimulasikan tutupan lahan pada tahun 2027. Dalam proses simulasi tersebut input-input data yang akan disimulasikan dengan melakukan pembagian perunit kecamatan untuk dapat mengetahui pengaruhnya terhadap pertumbuhan kota di Kota Malang.

5.4.1 Input Data untuk Simulasi Model ANN Untuk Validasi

Data yang digunakan untuk validasi ini menggunakan data tutupan lahan tahun 2003 dan 2009 dengan target simulasi model yaitu tahun 2015 pada masing-masing kecamatan. Variabel-variabel spasial yang digunakan dalam simulasi model untuk validasi ini yaitu jarak dari jalan utama, jalan dari lahan terbangun tahun 2009, kelerengan dan jarak dari sungai. Jarak dari jalan utama ini didapatkan dari data pola pergerakan di Kota Malang yang didapat dari RTRW Kota Malang 2010-2030 di mana jalan yang digunakan adalah jalan arteri primer dan sekunder serta kolektor primer dan sekunder yang kemudian diolah dengan menggunakan *euclidian distance* dalam ArcGIS 10.4.1. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa memiliki jarak yang dekat dengan jalan utama cenderung lebih dapat dikembangkan menjadi lahan terbangun.

Tabel 5.29 Kondisi Eksisting Input Variabel Spasial Jarak dari Jalan

Kecamatan	Keterangan
Blimbing	Pada Gambar 5.21-A dapat dijelaskan bahwa Kecamatan Jalan memiliki batas atas 2233.94 m yang berarti terdapat wilayah-wilayah yang membutuhkan jarak hingga 2233.94 m untuk mencapai akses ke jalan utama. Hal tersebut dapat terlihat pada sisi timur wilayah ini di mana jarak dengan jalan utama dapat mencapai nilai 2233.94 m.
Klojen	Pada Gambar 5.24-A dapat dijelaskan bahwa Kecamatan Klojen memiliki batas atas 685.42 m yang berarti terdapat wilayah-wilayah yang membutuhkan jarak hingga 685.42 m untuk mencapai akses ke jalan utama. Hal tersebut dapat ditemukan di sisi selatan dari kecamatan ini di mana jarak dengan nilai tersebut didapati.
Lowokwaru	Pada Gambar 5.27-A dapat dijelaskan bahwa Kecamatan Lowokwaru memiliki batas atas 3291.4 m yang berarti terdapat wilayah-wilayah yang membutuhkan jarak hingga 3291.4 m untuk mencapai akses ke jalan utama. Hal tersebut dapat ditemukan pada sisi utara dan barat dari wilayah ini di mana jarak dengan jalan utama dapat mencapai 3291.4 m.
Sukun	Pada Gambar 5.30-A dapat dijelaskan bahwa Kecamatan Sukun

Kecamatan	Keterangan
	memiliki batas atas 2385.33 m yang berarti terdapat wilayah-wilayah yang membutuhkan jarak hingga 2385.33 m untuk mencapai akses ke jalan utama. Kondisi ini dapat ditemukan pada sisi utara dan barat dari
Kedungkandang	Pada Gambar 5.33-A dapat dijelaskan bahwa Kecamatan Kedungkandang memiliki batas atas 3732.08 m yang berarti terdapat wilayah-wilayah yang membutuhkan jarak hingga 3732.08 m untuk mencapai akses ke jalan utama. Kondisi ini dapat ditemukan pada sisi timur dari kecamatan ini di mana jarak dengan jalan utama dapat mencapai nilai tersebut

Sumber : Hasil Analisa (2018)

Untuk jarak dari lahan terbangun, dalam simulasi model ANN untuk validasi ini diambil dari data tutupan lahan 2009 yang kemudian dilakukan pengolahan dengan metode *euclidian distance*. seperti halnya jarak dari jalan utama. Dalam hal ini semakin dekat dengan lahan terbangun eksisting (tahun 2009) maka cenderung lebih dapat untuk dikembangkan menjadi lahan terbangun. Variabel spasial jarak dari lahan terbangun ini memiliki pengolahan yang sama dengan jarak dari jalan yang juga sama-sama menggunakan metode *euclidian distance*.

Tabel 5.30 Kondisi Eksisting Input Variabel Spasial Jarak dari Lahan Terbangun Tahun 2009

Kecamatan	Keterangan
Blimbing	Pada Gambar 5.22-A dapat dijelaskan bahwa Kecamatan Blimbing memiliki batas atas 349.857 m yang berarti terdapat wilayah-wilayah yang membutuhkan jarak hingga 349.857 m untuk mencapai lahan terbangun terdekat. Kondisi ini dapat ditemukan pada sisi timur dari wilayah ini.
Klojen	Pada Gambar 5.25-A dapat dijelaskan bahwa Kecamatan Klojen memiliki batas atas 94.8683 m yang berarti terdapat wilayah-wilayah yang membutuhkan jarak hingga 94.8683 m untuk mencapai lahan terbangun terdekat
Lowokwaru	Pada Gambar 5.28-A dapat dijelaskan bahwa Kecamatan Lowokwaru memiliki batas atas 408.044 m yang berarti terdapat wilayah-wilayah yang membutuhkan jarak hingga 408.044 m untuk mencapai lahan terbangun terdekat. Kondisi ini dapat ditemukan pada sisi barat dan utara dari wilayah ini.
Sukun	Pada Gambar 5.31-A dapat dijelaskan bahwa Kecamatan Sukun memiliki batas atas 295.466 m yang berarti terdapat wilayah-wilayah yang membutuhkan jarak hingga 295.466 m untuk mencapai lahan terbangun terdekat. Kondisi ini dapat ditemukan pada sisi barat dari wilayah ini.
Kedungkandang	Pada Gambar 5.34-A dapat dijelaskan bahwa Kecamatan Kedungkandang memiliki batas atas 458.912 m yang berarti terdapat wilayah-wilayah yang membutuhkan jarak hingga 458.912 m untuk mencapai lahan terbangun terdekat. Kondisi ini dapat

Kecamatan	Keterangan
-----------	------------

dilihat di tengah hingga timur wilayah kecamatan ini

Sumber : Hasil Analisa (2018)

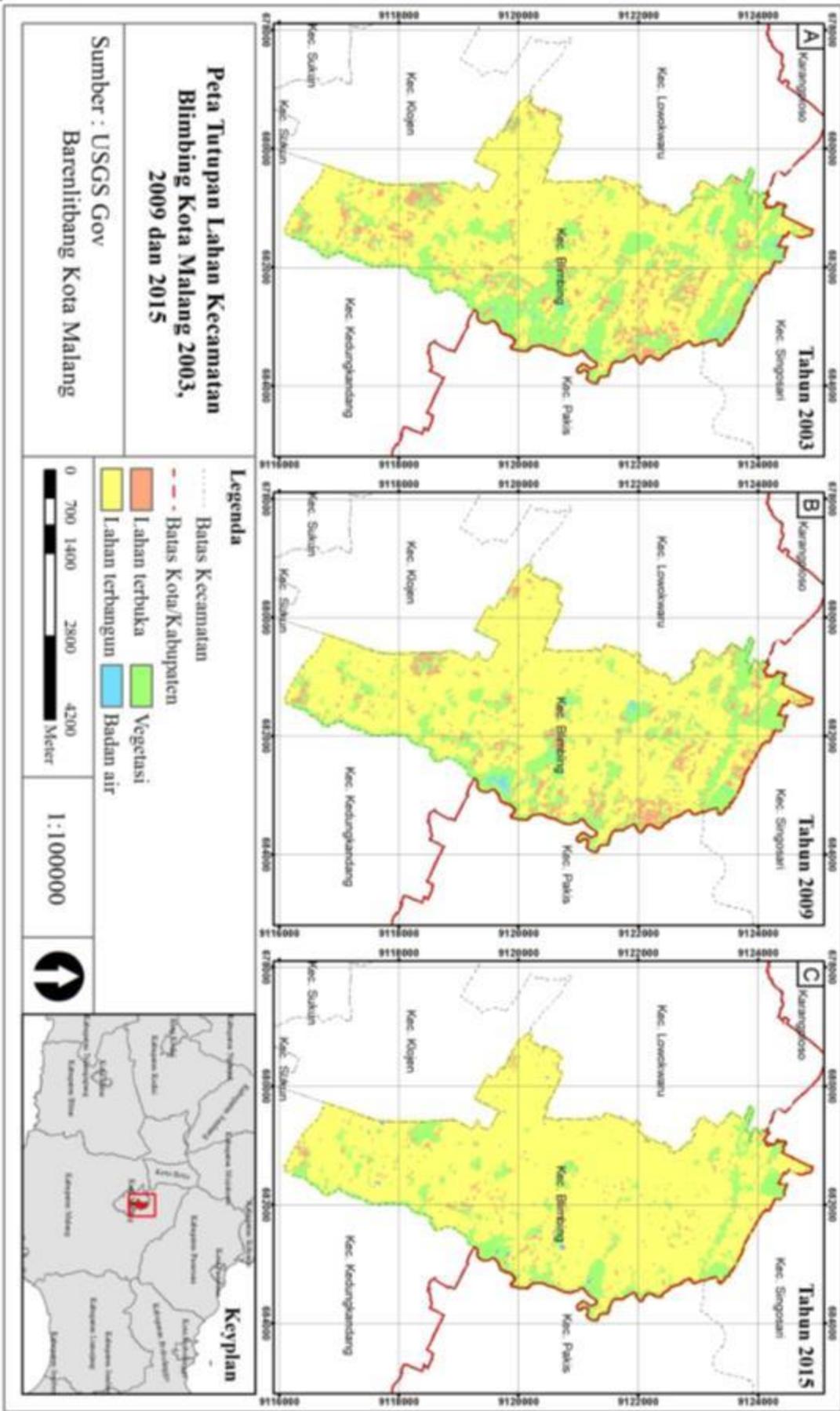
Untuk variabel spasial kelerengan dilakukan pengolahan data ketinggian dari ASTER (DEM) dengan menggunakan IDRISI Selva dengan *surface analysis*. Kelerengan ini dihitung dengan satuan persentase yang hasilnya dikonversi dengan menggunakan *fuzzy set membership* dengan target nilai *real* 0-1 seperti pada gambar (tengah). Dari gambar tersebut dapat dijelaskan bahwa nilai yang mendekati nilai 1 memiliki warna biru. Dapat dikatakan bahwa nilai yang mendekati nilai 1 layak untuk menjadi dikembangkan menjadi lahan terbangun.

Tabel 5.31 Kondisi Eksisting Input Variabel Spasial Kelerengan Tahun 2009

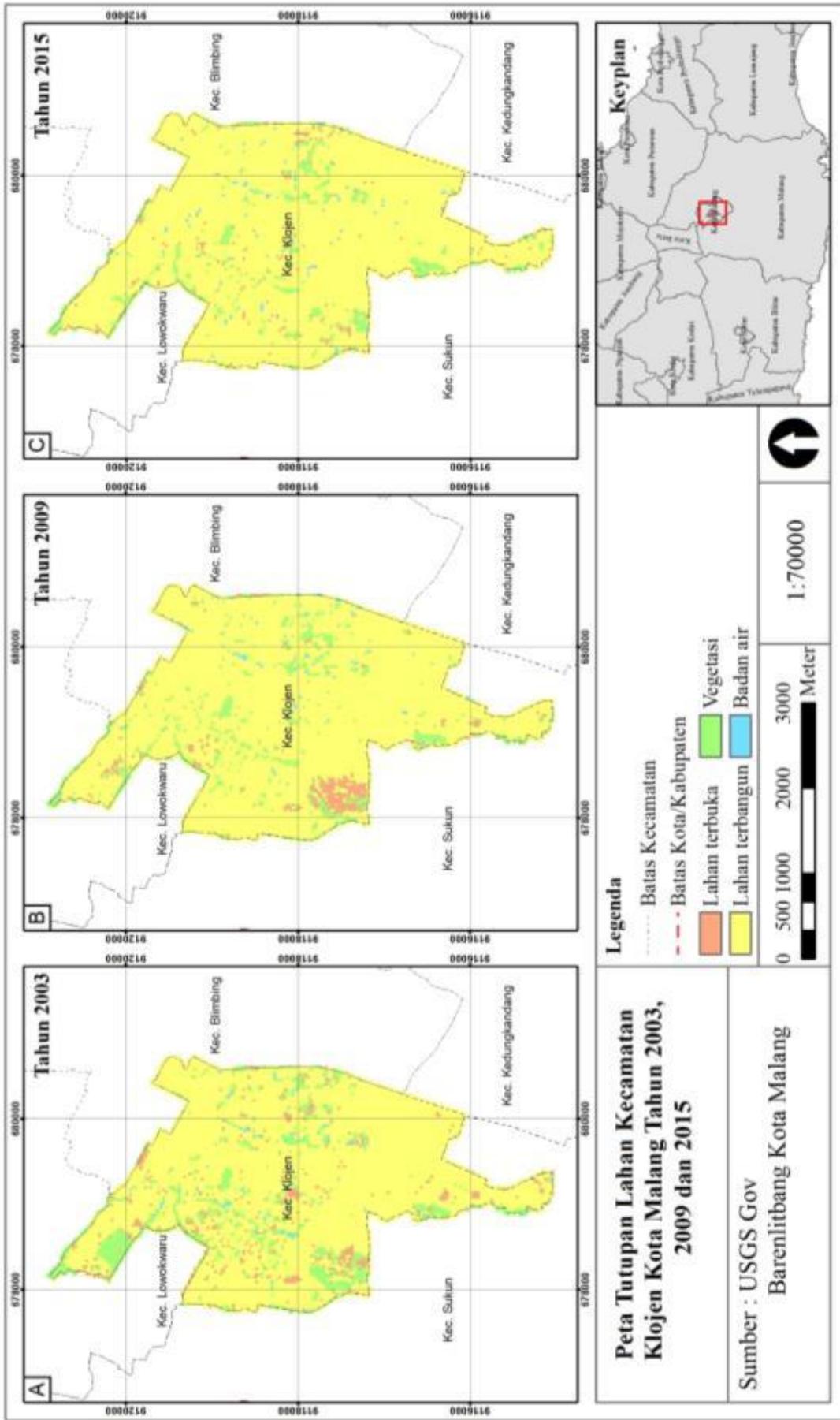
Kecamatan	Keterangan
Blimbing	Di Kota Malang secara keseluruhan di masing-masing kecamatan
Klojen	banyak ditemukan wilayah-wilayah dengan tingkat kelerengan di
Lowokwaru	atas 15% atau bernilai 0 pada wilayah-wilayah di sekitar sungai
Sukun	seperti yang terlihat pada Gambar 5.33-B untuk Kecamatan
Kedungkandang	Kedungkandang, gambar 5.30-B untuk Kecamatan Sukun, gambar
	5.27-B untuk Kecamatan Lowokwaru, Gambar 5.24-B untuk
	Kecamatan Klojen, dan Gambar 5.21-B untuk Kecamatan Blimbing.
	Dibandingkan dengan kecamatan-kecamatan lain, Kecamatan
	Kedungkandang memiliki lebih banyak wilayah dengan tingkat
	kelerengan di atas 15% dikarenakan secara eksisting berupa
	perbukitan.

Sumber : Hasil Analisa (2018)

Untuk variabel jarak dari sungai ini didapatkan dengan memberikan buffer 50 m pada sisi-sisi sungai utama yang termasuk dalam kawasan lindung di RTRW 2010-2030. Hasil pengolahan tersebut kemudian dikonversi ke dalam nilai Boolean di mana nilai 1 merupakan area yang layak untuk dikembangkan menjadi lahan terbangun dan 0 tidak layak di mana berada di sekitar 50 meter sisi sungai. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.21-B, 5.24-B, 5.27-B, 5.30-B, 5.33-B, dimana nilai 1 disimbolkan dengan warna biru dan 0 dengan warna hitam. Secara keseluruhan input-input data ini dibagi per unit kecamatan di mana nantinya simulasikan perunit kecamatan yang pada akhirnya disatukan lagi dalam satu kesatuan.

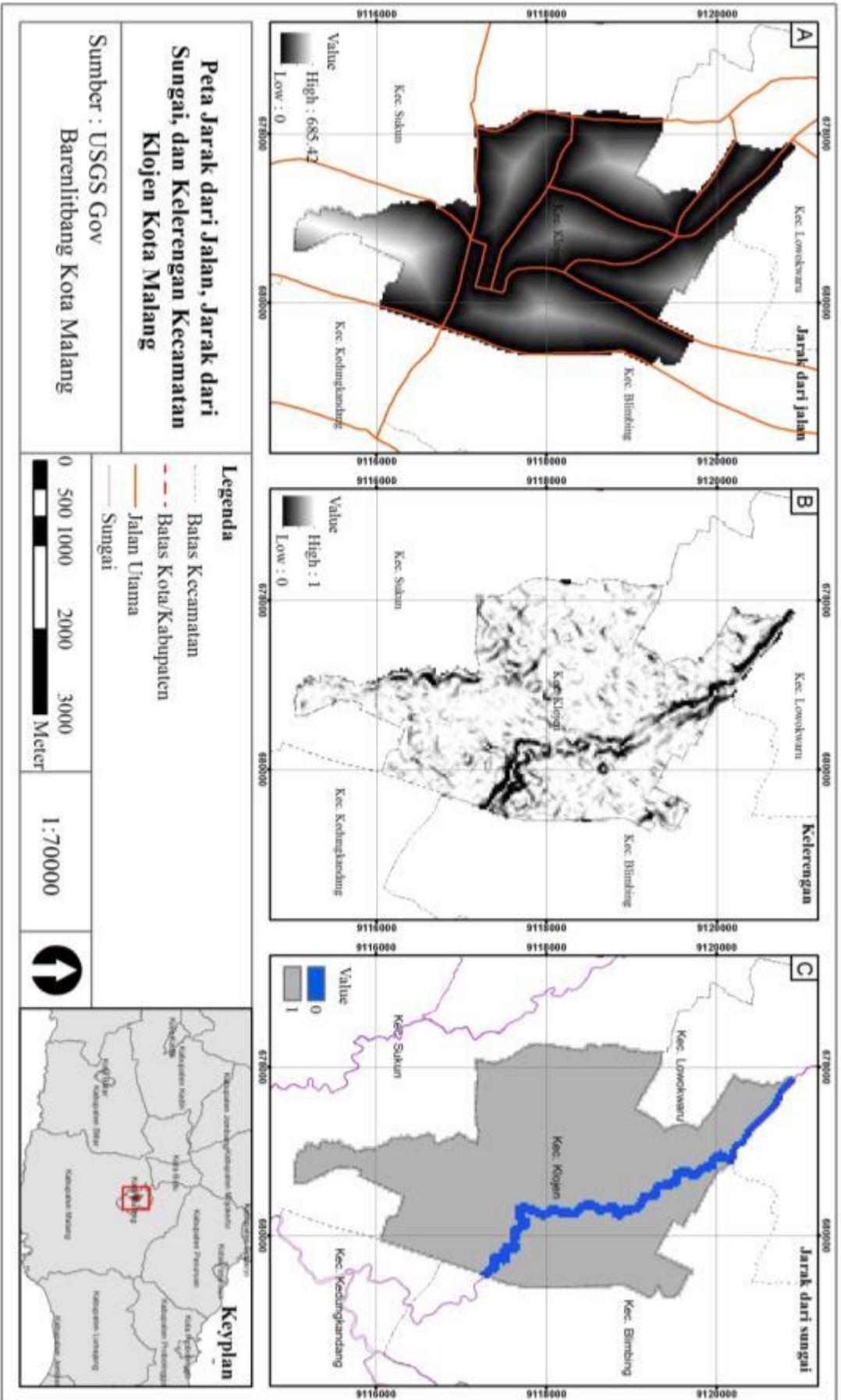


Gambar 5.20 Peta Tutupan Lahan Kecamatan Blimbing Kota Malang 2003, 2009 dan 2015



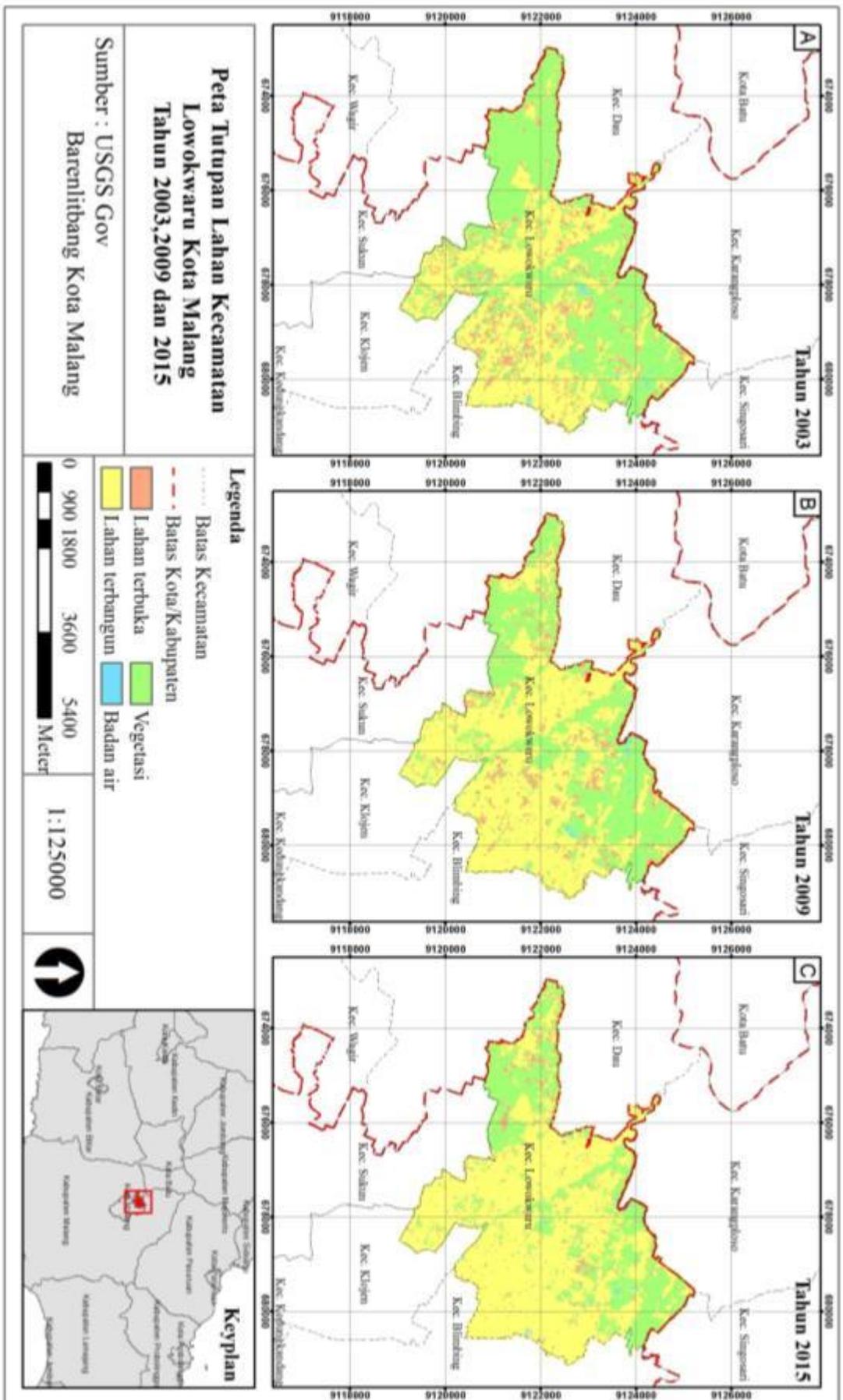
Gambar 5.23 Peta Tutupan Lahan Kecamatan Klojen Kota Malang Tahun 2003, 2009 dan 2015

Gambar 5.24 Peta Jarak dari Jalan, Jarak dari Sungai, dan Kelerengan Kecamatan Klojen Kota Malang

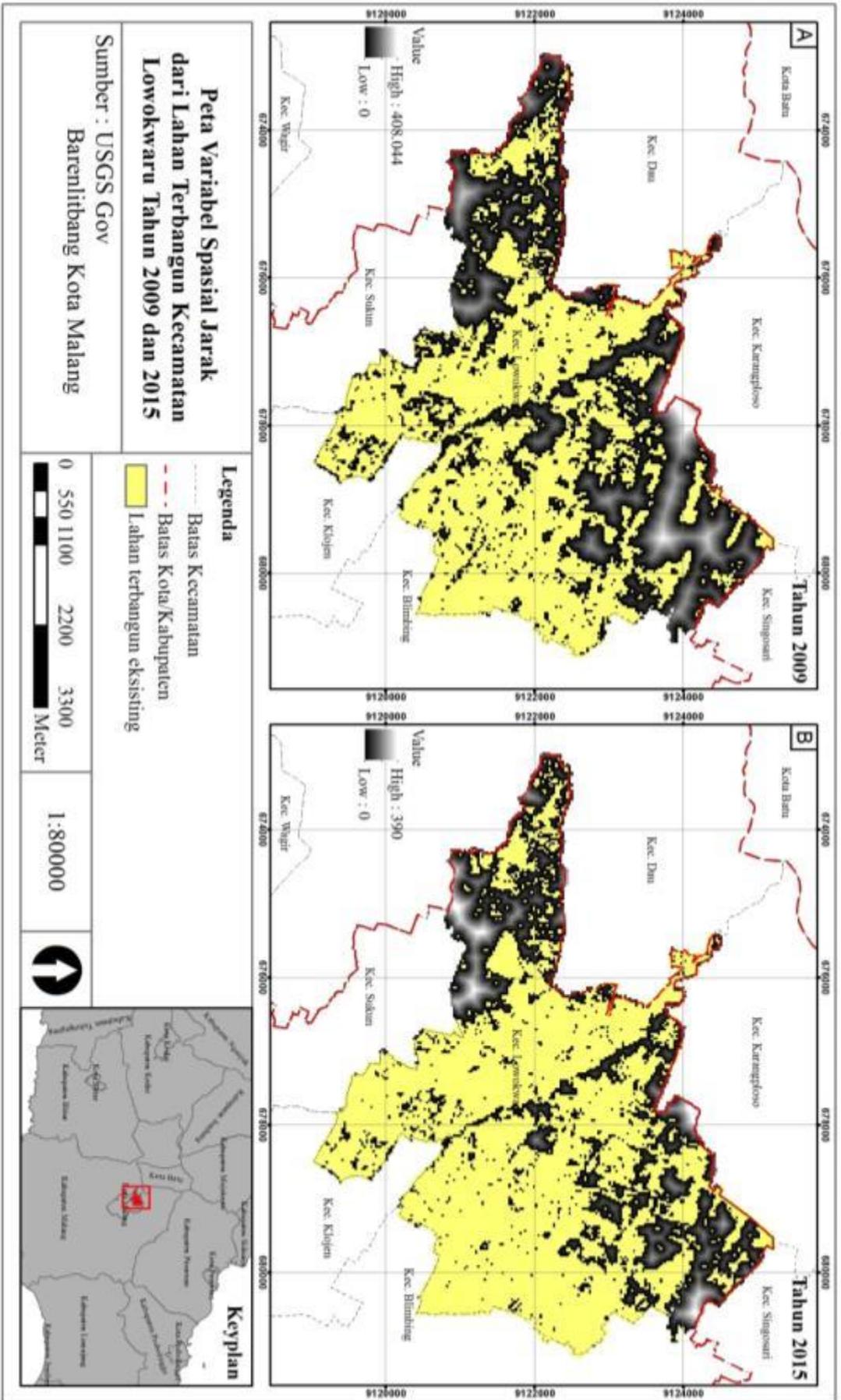




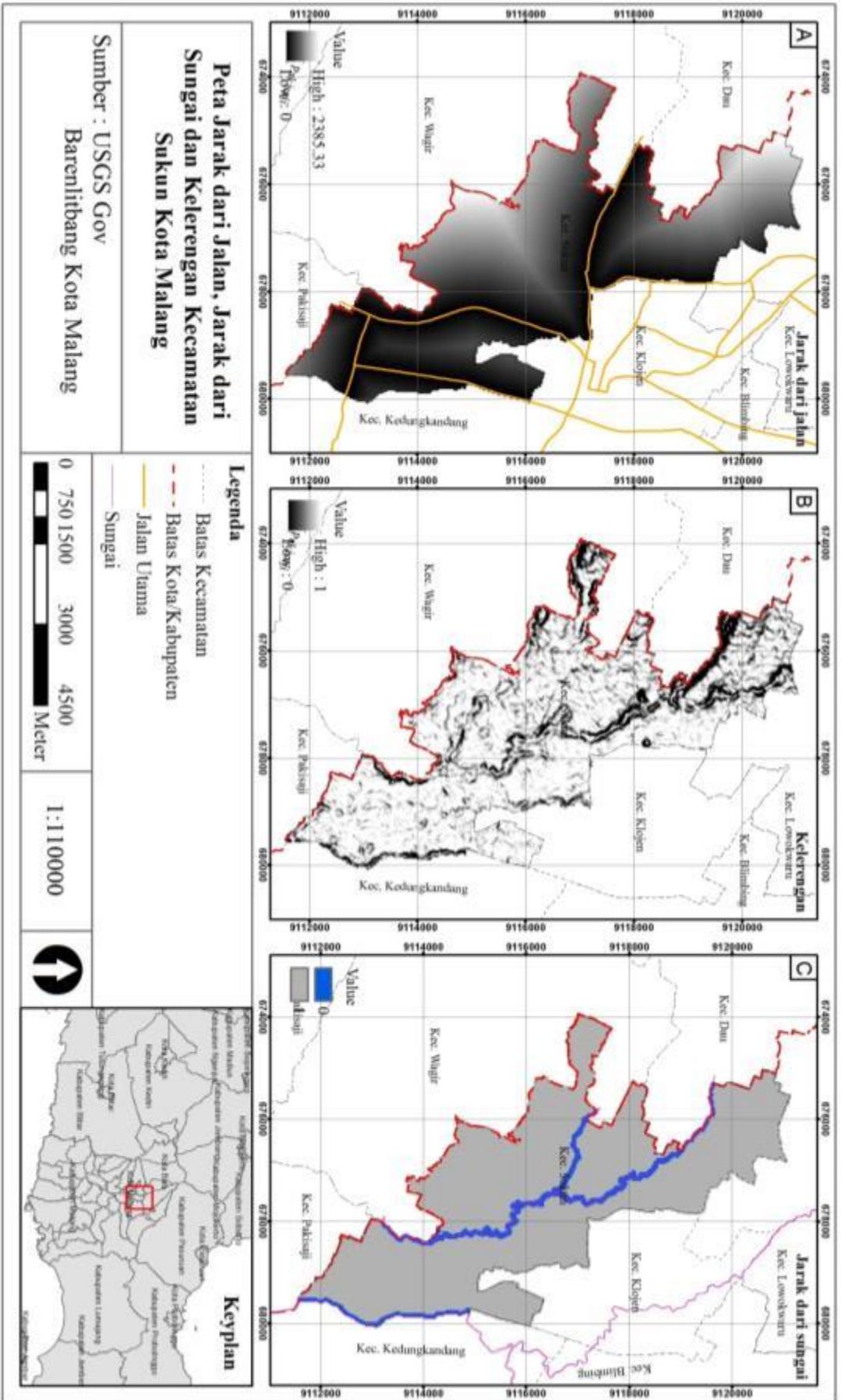
Gambar 5.26 Peta Tutupan Lahan Kecamatan Lowokwaru Kota Malang Tahun 2003, 2009 dan 2015

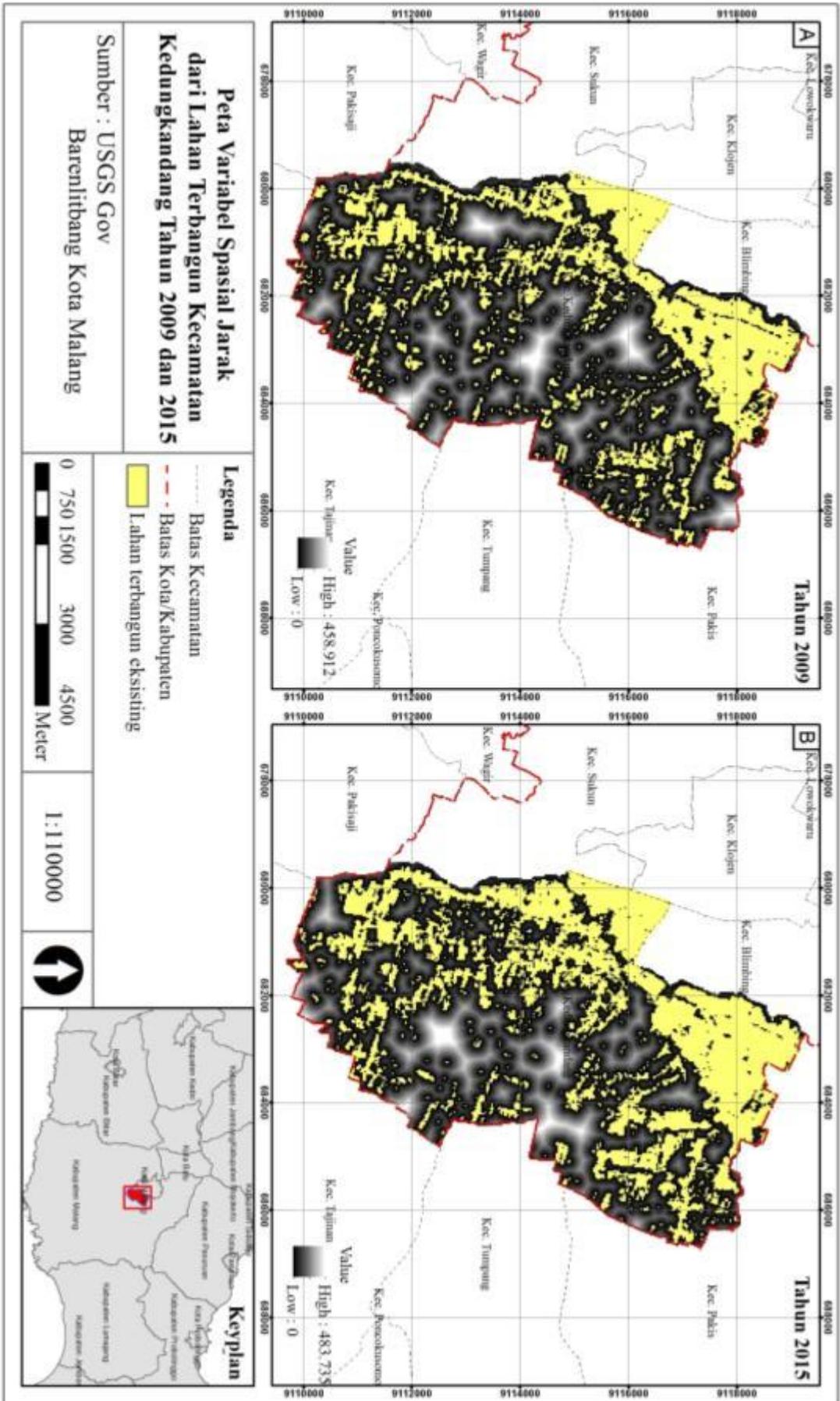


Gambar 5.28 Peta Variabel Spasial Jarak dari Lahan Terbangun Kecamatan Lowokwaru Tahun 2009 dan 2015



Gambar 5.30 Peta Jarak dari Jalan, Jarak dari Sungai dan Kelengkapan Kecamatan Sukun Kota Malang





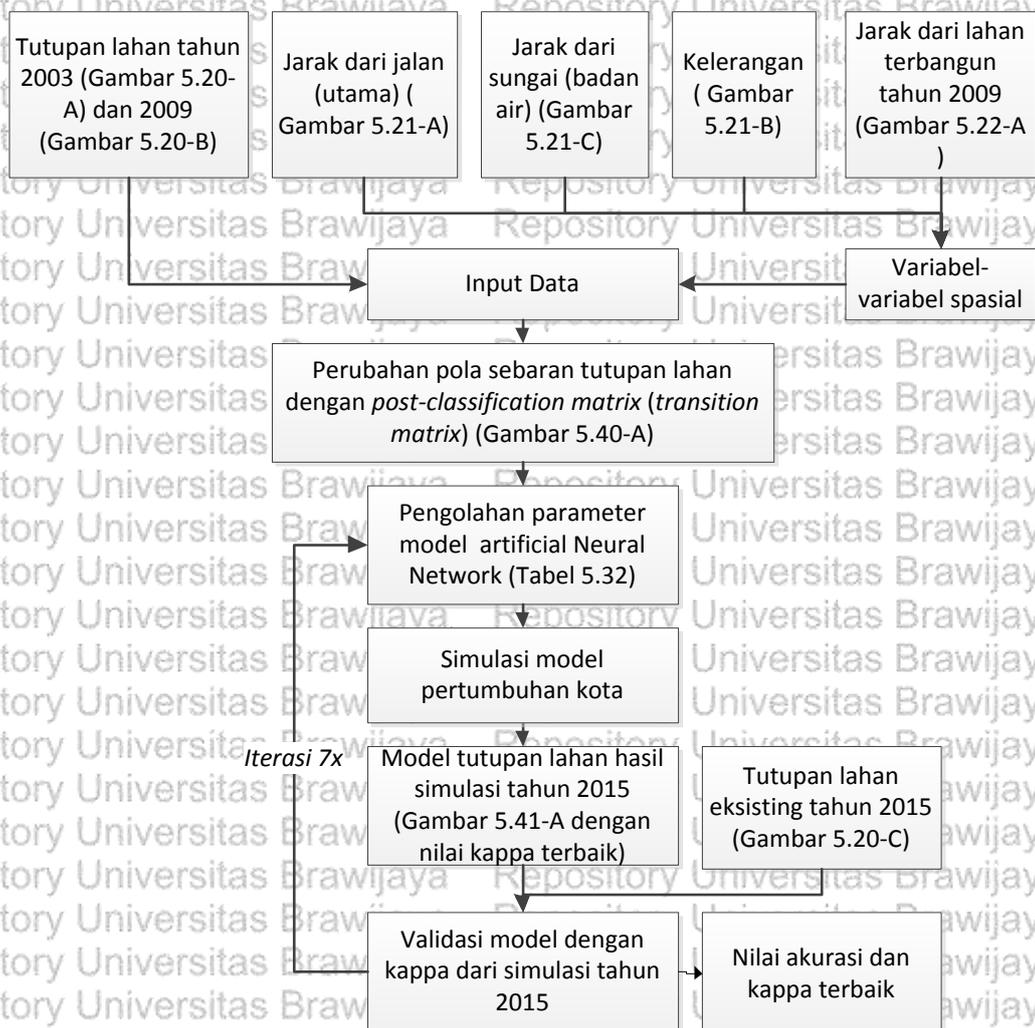
Gambar 5.34 Peta Variabel Spasial Jarak dari Lahan Terbangun Kecamatan Kedungkandang Tahun 2009 dan 2015



5.4.2 Pencarian Parameter Model ANN Untuk Simulasi Validasi

Untuk dapat mengetahui parameter-paramater model yang optimal dimana dapat memberihasil hasil simulasi yang memiliki nilai akurasi ataupun kappa yang baik diperlukan beberapa tahapan eksperimen. Selain itu dapat mengetahui lebih dalam terkait dengan wilayah-wilayah yang berkontribusi dalam mempengaruhi pertumbuhan Kota Malang maka diperlukan simulasi perunit wilayahnya dalam hal ini kecamatan. Berikut ini merupakan diagram-diagram pensimulasian tutupan lahan tahun 2015 untuk validasi model pada masing-masing kecamatan dan nilai kappa yang dihasilkan pada eksperimen model yang dilakukan.

a. Kecamatan Blimbing



Gambar 5.35 Diagram Pencarian Model ANN Untuk Simulasi Validasi Tahun 2015 di Kecamatan Blimbing

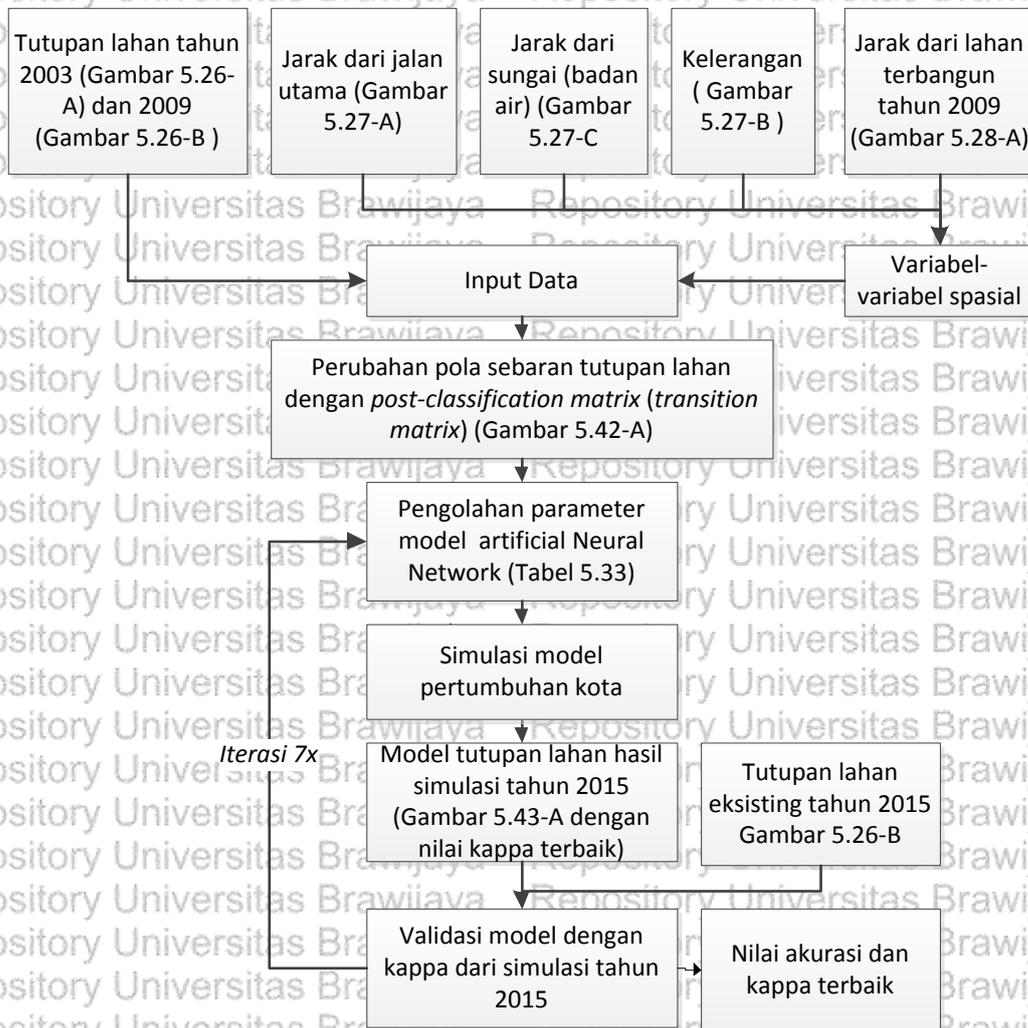
Sumber : Hasil Sintesa (2018)

Tabel 5.32 Eksperimen Simulasi Tutupan Lahan Kecamatan Blimbing Tahun 2015

No	n	Jumlah sampel	HL	Ir	m	mi	akurasi	kappa
1	1	2202	32	0.01	0.05	1000	82.76593	0.65247
2	1	2202	32	0.01	0.1	1000	80.58167	0.62863
3	1	2202	32	0.01	0.2	1000	79.80958	0.61666
4	2	2202	53	0.01	0.05	1000	83.26999	0.65468
5	2	2202	53	0.01	0.1	1000	80.58167	0.62864
6	2	2202	53	0.01	0.2	1000	78.30140	0.59122
7	2	2202	53	0.01	0.05	2000	80.58167	0.62864

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

b. Kecamatan Lowokwaru



Gambar 5.36 Diagram Pencarian Model ANN Untuk Simulasi Validasi Tahun 2015 di Kecamatan Lowokwaru

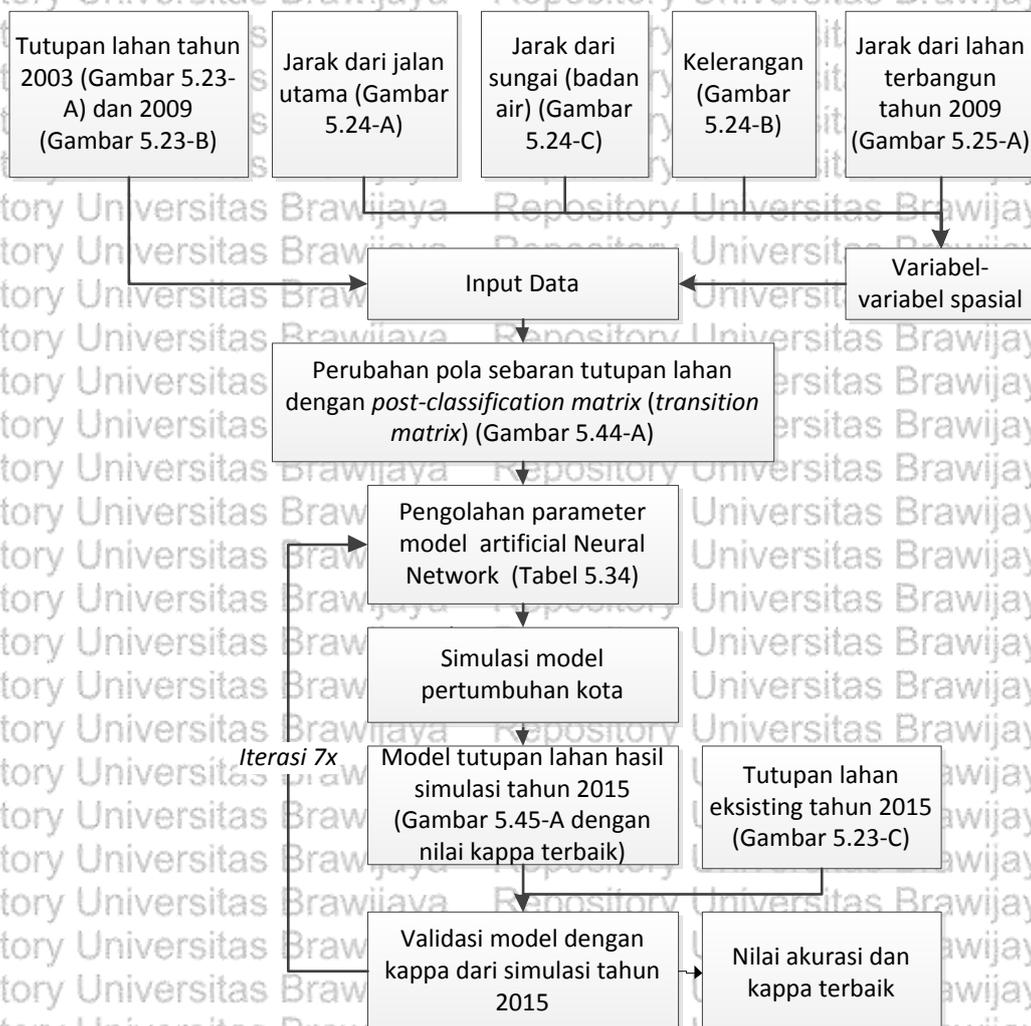
Sumber : Hasil Sintesa (2018)

Tabel 5.33 Eksperimen Simulasi Tutupan Lahan Kecamatan Lowokwaru Tahun 2015

No	n	Jumlah sampel	HL	lr	m	mi	akurasi	Kappa
1	1	2569	32	0.01	0.05	1000	81.56901	0.61073
2	1	2569	32	0.01	0.1	1000	77.32139	0.57143
3	1	2569	32	0.01	0.2	1000	76.55830	0.55918
4	2	2569	53	0.01	0.05	1000	77.33697	0.57154
5	2	2569	53	0.01	0.1	1000	72.83629	0.50275
6	2	2569	53	0.01	0.2	1000	77.30971	0.57138
7	1	2569	32	0.01	0.05	2000	80.57621	0.61016

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

c. Kecamatan Klojen



Gambar 5.37 Diagram Pencarian Model ANN Untuk Simulasi Validasi Tahun 2015 di Kecamatan Klojen

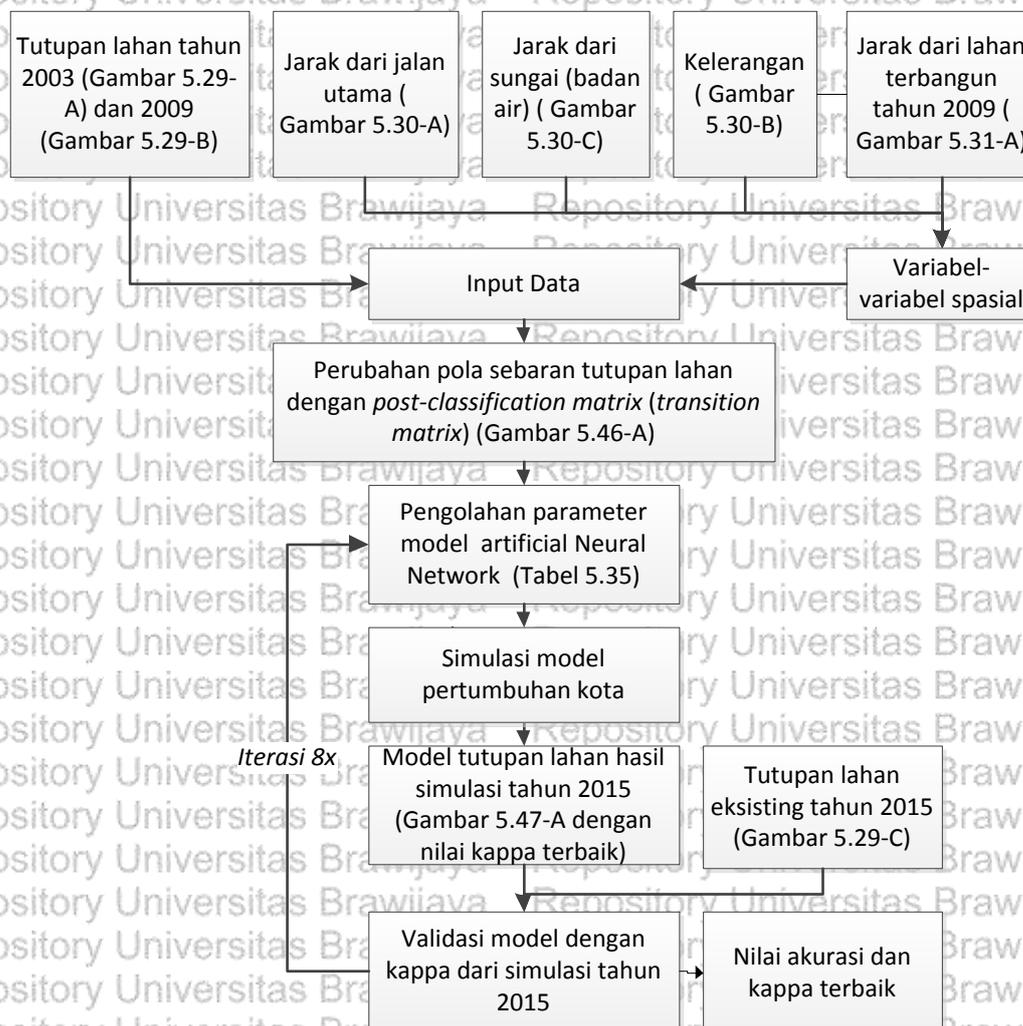
Sumber : Hasil Sintesa (2018)

Tabel 5.34 Eksperimen Simulasi Tutupan Lahan Kecamatan Klojen Tahun 2015

No	n	Jumlah sampel	HL	Ir	m	mi	akurasi	Kappa
1	1	1052	32	0.01	0.05	1000	91.13816	0.37650
2	1	1052	32	0.01	0.1	1000	90.81487	0.44129
3	1	1052	32	0.01	0.2	1000	89.55976	0.43272
4	2	1052	53	0.01	0.05	1000	90.42503	0.39507
5	2	1052	53	0.01	0.1	1000	89.55976	0.43272
6	2	1052	53	0.01	0.2	1000	89.55976	0.43272
7	1	1052	32	0.01	0.1	2000	89.35058	0.42791

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

d. Kecamatan Sukun



Gambar 5.38 Diagram Pencarian Model ANN Untuk Simulasi Validasi Tahun 2015 di Kecamatan Sukun

Sumber : Hasil Sintesa (2018)

Tabel 5.36 Eksperimen Simulasi Tutupan Lahan Kecamatan Kedungkandang Tahun 2015

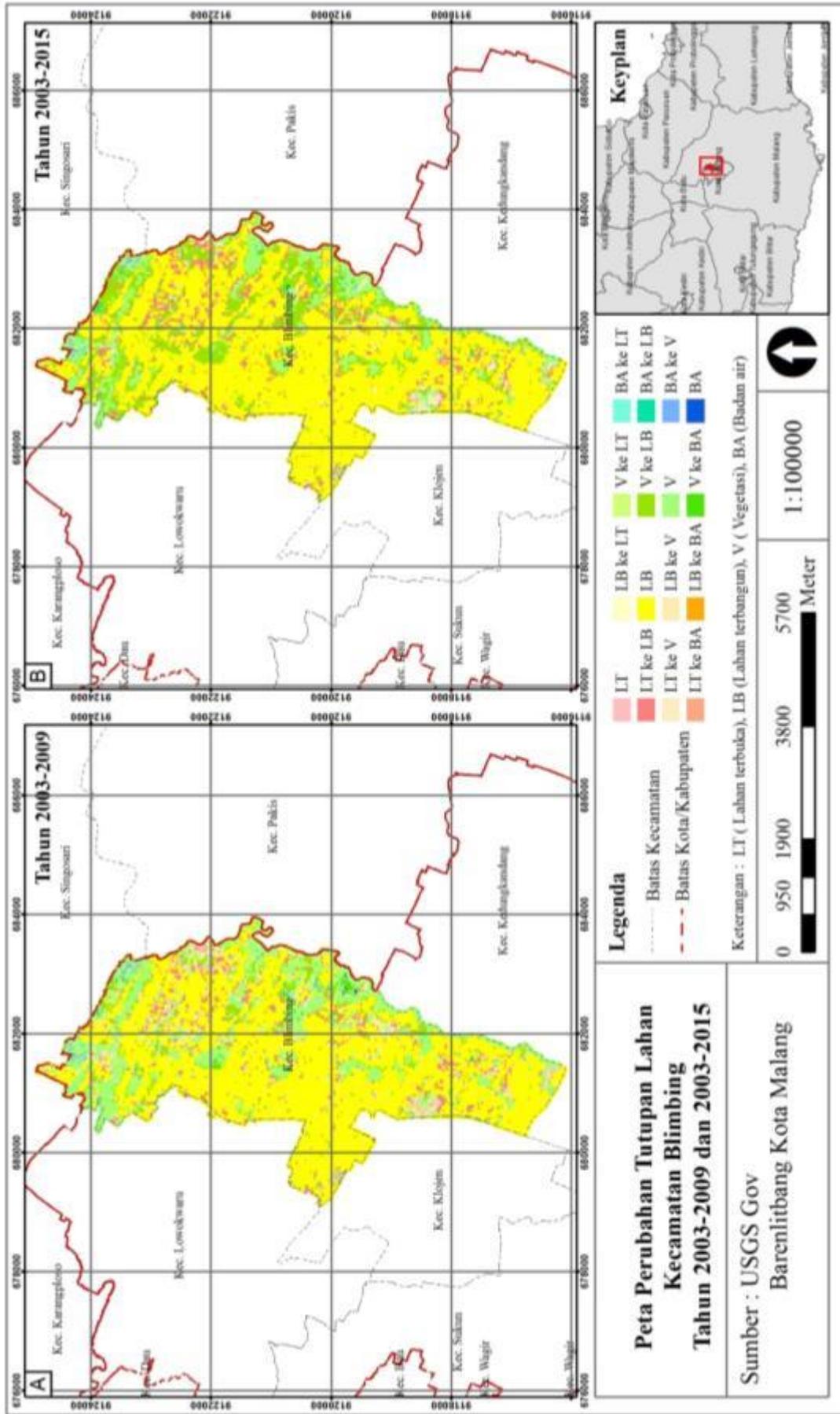
No	n	Jumlah sampel	HL	lr	m	mi	akurasi	Kappa
1	1	2569	32	0.01	0.05	1000	81.56901	0.61073
2	1	2569	32	0.01	0.1	1000	77.32139	0.57143
3	1	2569	32	0.01	0.2	1000	76.55830	0.55918
4	2	2569	53	0.01	0.05	1000	77.33697	0.57154
5	2	2569	53	0.01	0.1	1000	72.83629	0.50275
6	2	2569	53	0.01	0.2	1000	77.30971	0.57138
7	1	2569	32	0.01	0.05	2000	80.57621	0.61016

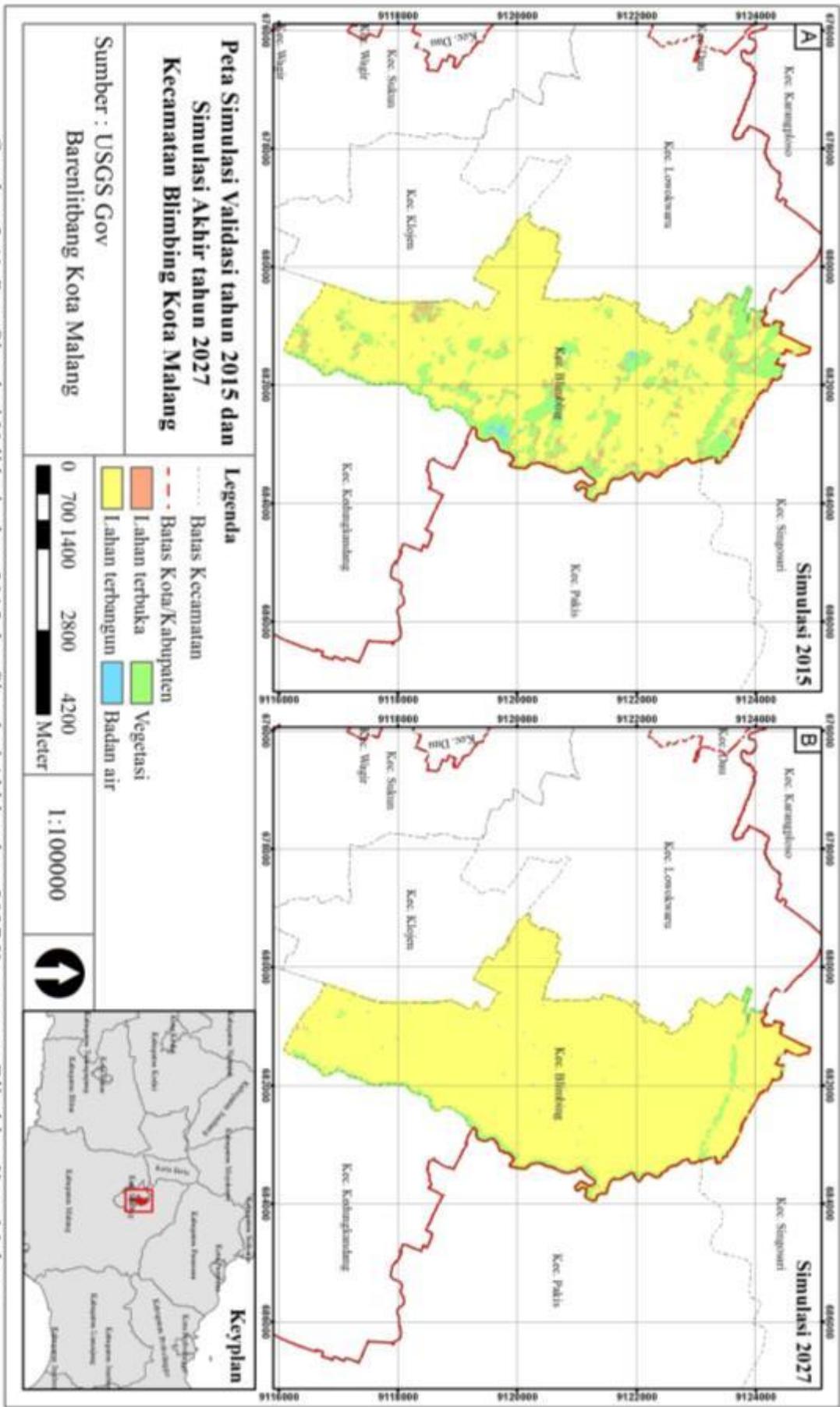
Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Berdasarkan Tabel 5.32, dalam proses tujuh kali iterasi dari eksperimen simulasi tutupan lahan tahun 2015 di Kecamatan Blimbing ditemukan bahwa pada iterasi keempat didapatkan nilai kappa terbaik dibandingkan keenam eksperimen lainnya. Pada Kecamatan Lowokwaru, seperti diterangkan pada Tabel 5.33, nilai kappa terbaik didapatkan pada iterasi pertama dari tujuh iterasi yang dilakukan. Pada Kecamatan Klojen, iterasi dengan nilai kappa terbaik ditemukan pada diiterasi kedua yang diterangkan pada Tabel 5.34. Pada Kecamatan Sukun dan Kecamatan Kedungkandang, iterasi dengan nilai kappa terbaik masing-masing ditemukan pada iterasi ketujuh dan pertama yang dijelaskan pada Tabel 5.35 dan 5.36.

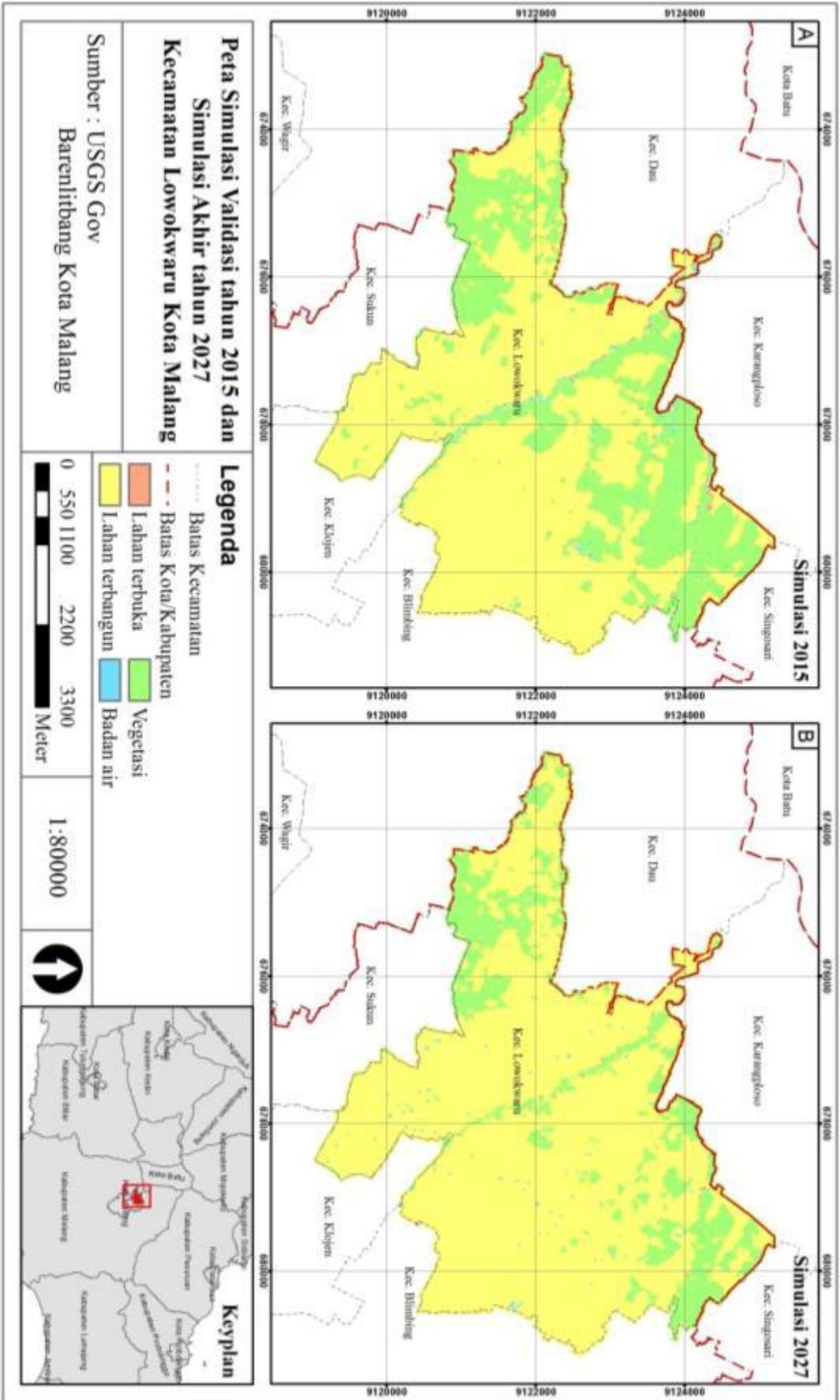
Dari Tabel 5.32-5.36, sebagian besar memiliki nilai kappa di atas 0.60 kecuali pada Kecamatan Klojen yang memiliki nilai 0.44 dan Kecamatan Sukun dengan nilai 0.56. Hal tersebut dapat dilihat dalam Gambar 5.29-5.33 (bagian kiri) untuk simulasi validasi tahun 2015 yang didapatkan dari iterasi dengan nilai kappa terbaik. Meski demikian, menurut Randolph dan Rogers (2000), nilai kappa dikategorikan buruk dan tidak dapat digunakan jika nilai dibawah 0.4, sehingga secara keseluruhan nilai koefisiensi kappa dari kelima kecamatan di atas dapat digunakan dalam simulasi selanjutnya. Jika dilihat dari nilai akurasi memiliki nilai akurasi di atas 80% yang cukup baik untuk digunakan untuk simulasi.

Gambar 5.40 Peta Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Blimbing Tahun 2003-2009 dan 2003-2015



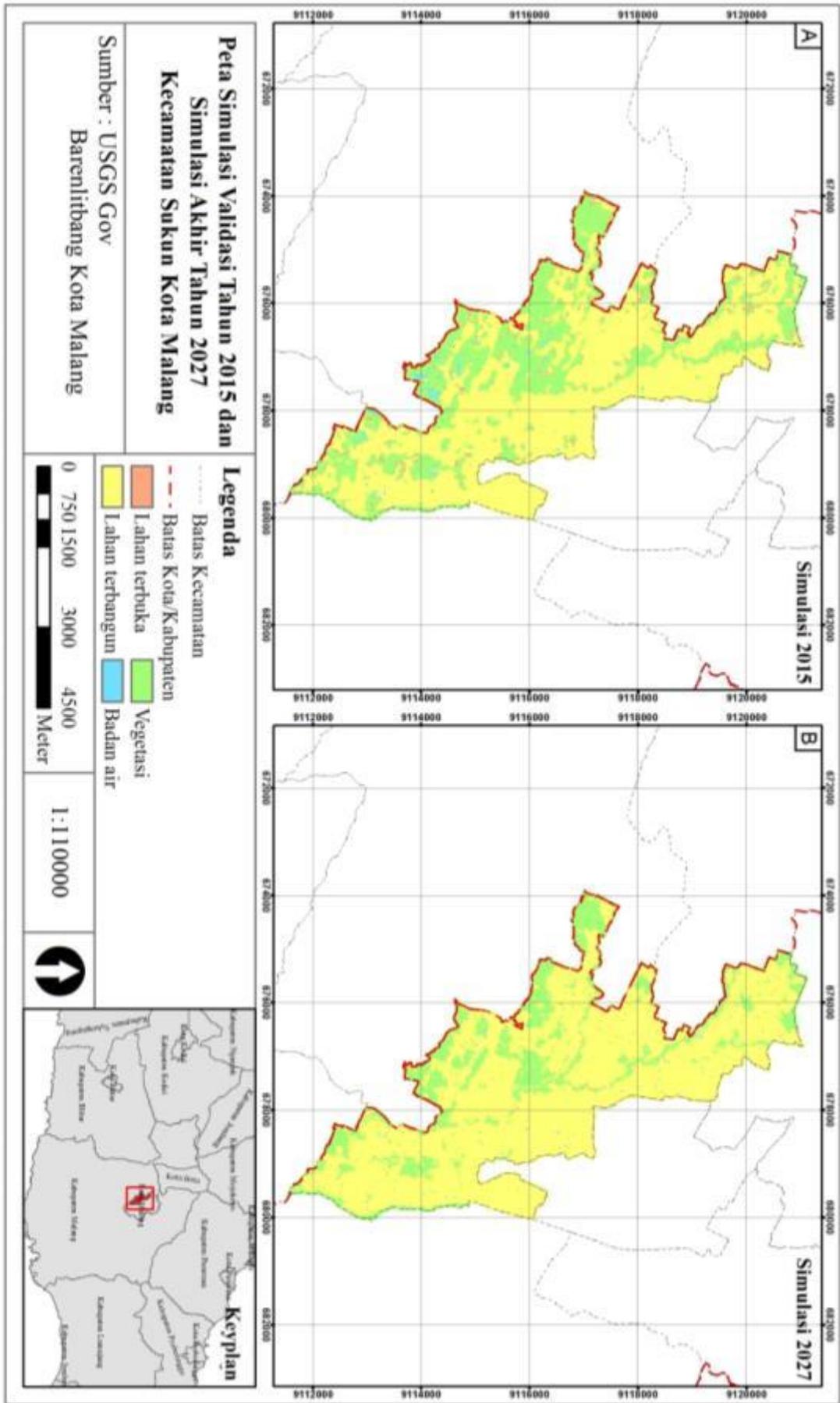


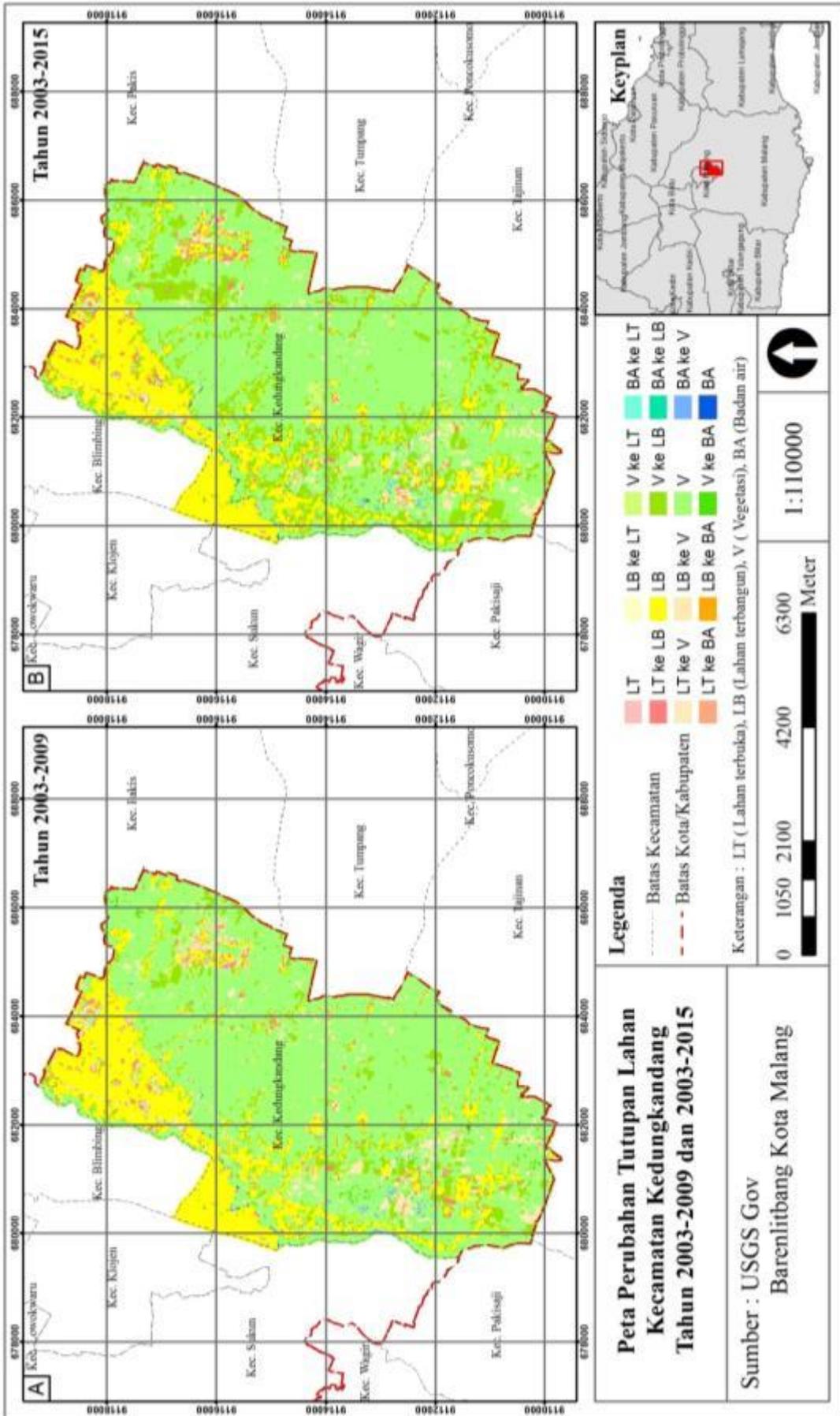
Gambar 5.41 Peta Simulasi Validasi tahun 2015 dan Simulasi Akhir tahun 2027 Kecamatan Blimbing Kota Malang



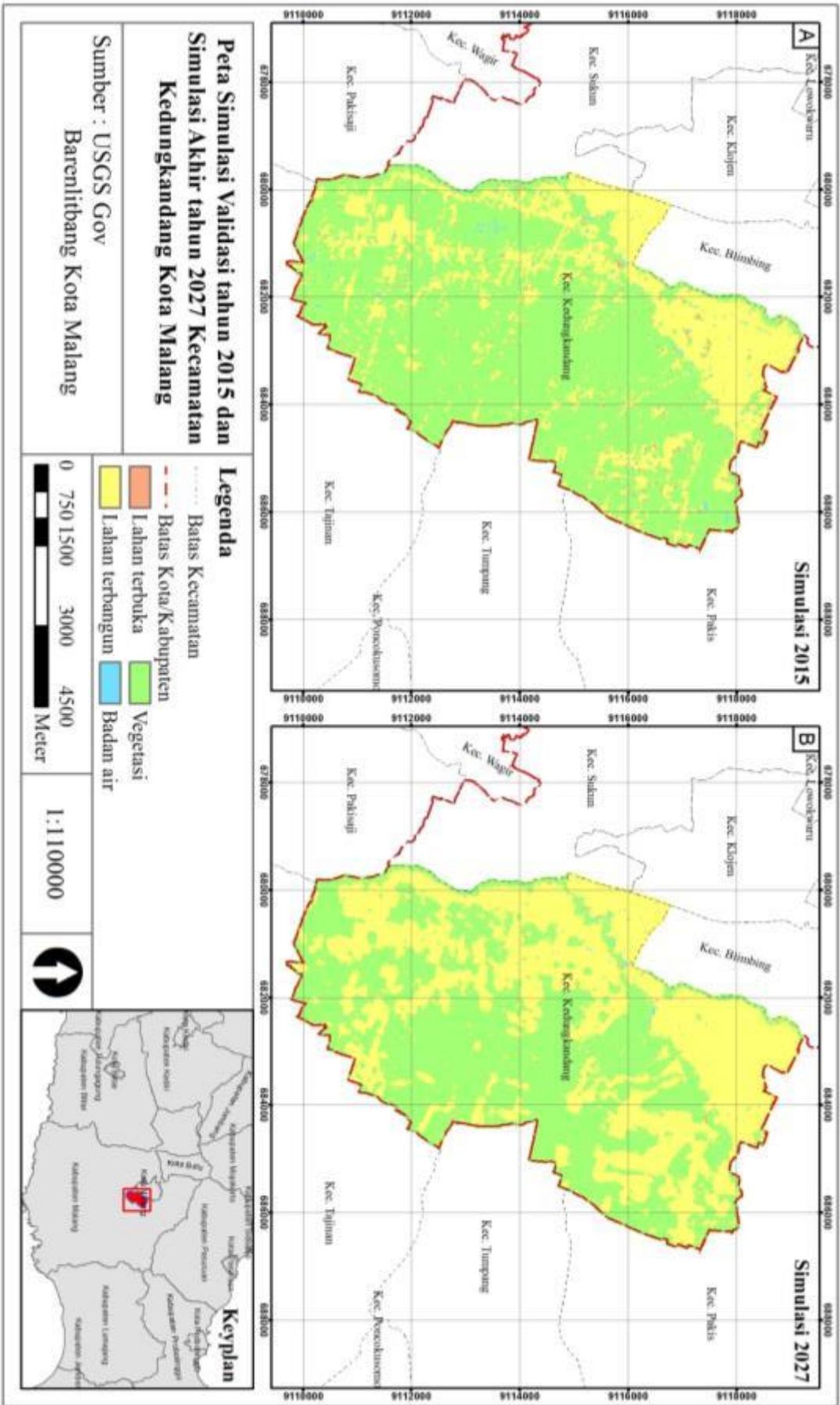
Gambar 5.43 Peta Simulasi Validasi tahun 2015 dan Simulasi Akhir tahun 2027 Kecamatan Lowokwaru Kota Malang

Gambar 5.47 Peta Simulasi Validasi tahun 2015 dan Simulasi Akhir tahun 2027 Kecamatan Sukun Kota Malang





Gambar 5.48 Peta Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Kedungkandang Tahun 2003-2009 dan 2003-2015



Gambar 5.49 Peta Simulasi Validasi tahun 2015 dan Simulasi Akhir tahun 2027 Kecamatan Kedungkandang Kota Malang

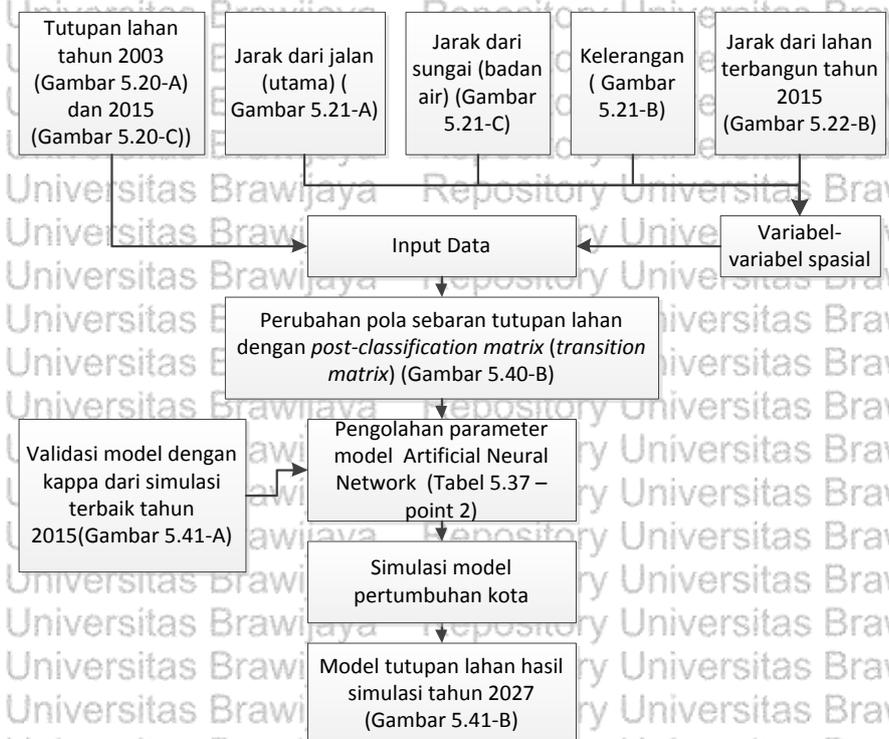
5.4.3 Simulasi Model ANN Untuk Tutupan Lahan di Kota Malang Tahun 2027

Pada tahapan ini dilakukan simulasi dengan memakai parameter-paramater yang ditelah ditemukan pada tahapan sebelumnya yaitu pada simulasi tutupan lahan tahun 2015. Dalam tahapan ini, simulasi dilakukan dengan menggunakan data input tutupan lahan tahun 2003 dan tahun 2015. Variabel spasial yang digunakan hampir sama dengan tahapan validasi model ANN untuk simulasi tahun 2015 yaitu peta kelerengan (yang telah di-fuzzy), jarak dari sungai (dengan metode boolean 1 atau 0), jarak dari jalan (dengan metode *euclidian distance*) dan jarak dari lahan terbangun (dengan metode *euclidian distance*). Berbeda dengan tahapan validasi dalam tahapan ini jarak dari lahan terbangun menggunakan data tahun 2015. Hasil analisis input variabel tersebut diterangkan dalam Tabel 5.38.

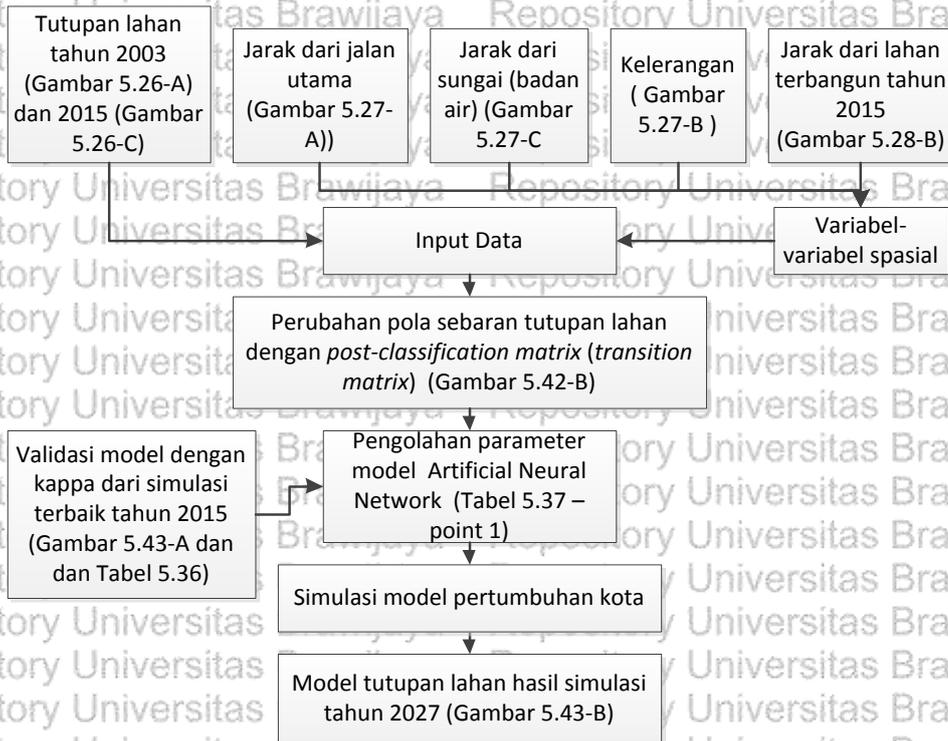
Tabel 5.37 Hasil Validasi Model Dengan Kappa dari Simulasi Tahun 2015

No	Kecamatan	n	Jumlah sampel	HL	lr	m	mi
1	Lowokwaru	1	2569	32	0.01	0.05	1000
2	Blimbing	2	2202	53	0.01	0.05	1000
3	Klojen	1	1052	32	0.01	0.1	1000
4	Sukun	1	2450	32	0.01	0.05	2000
5	Kedungkandang	1	4560	32	0.01	0.1	2000

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

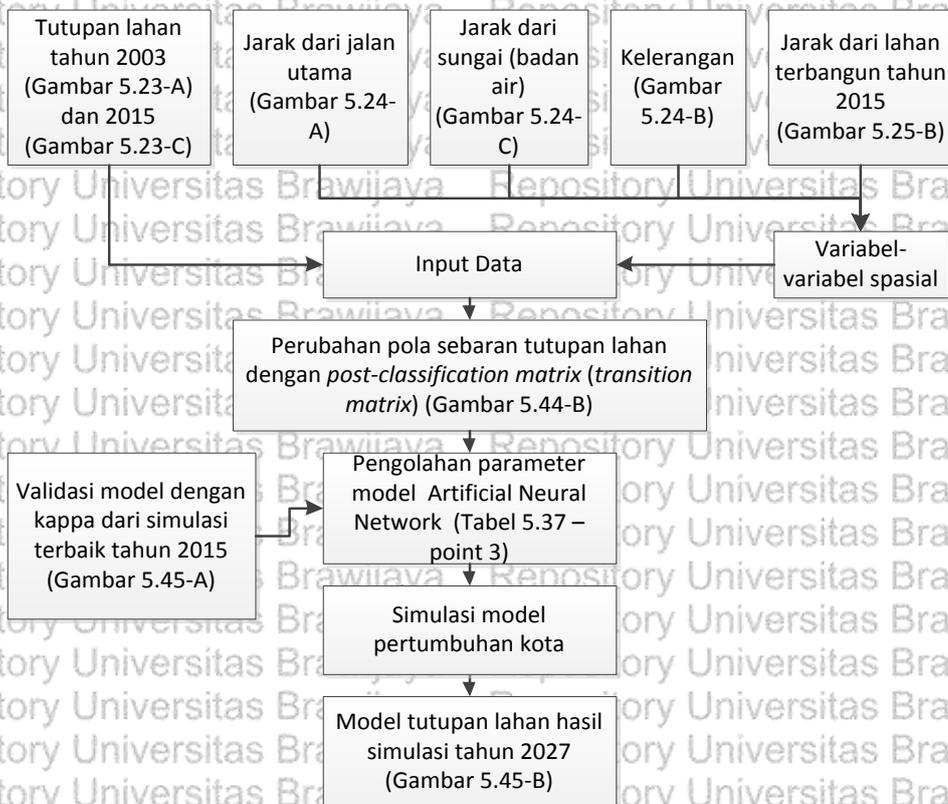


Gambar 5.50 Diagram Alur Simulasi Tutupan Lahan di Kecamatan Blimbing Tahun 2027
 Sumber : Hasil Sintesa (2018)



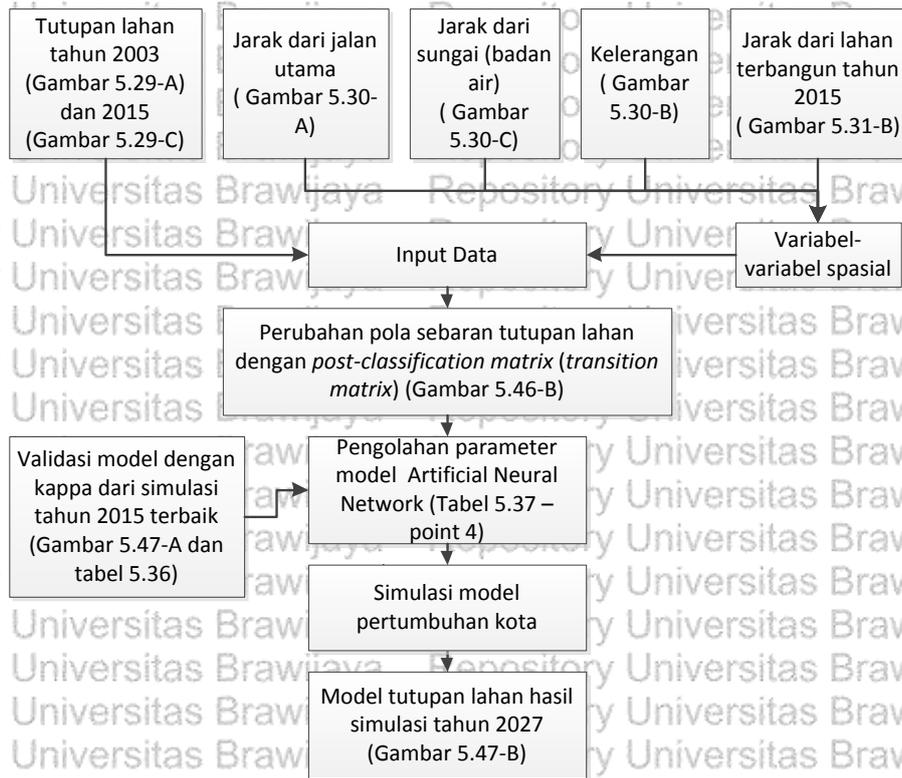
Gambar 5.51 Diagram Alur Simulasi Tutupan Lahan di Kecamatan Lowokwaru Tahun 2027

Sumber : Hasil Sintesa (2018)

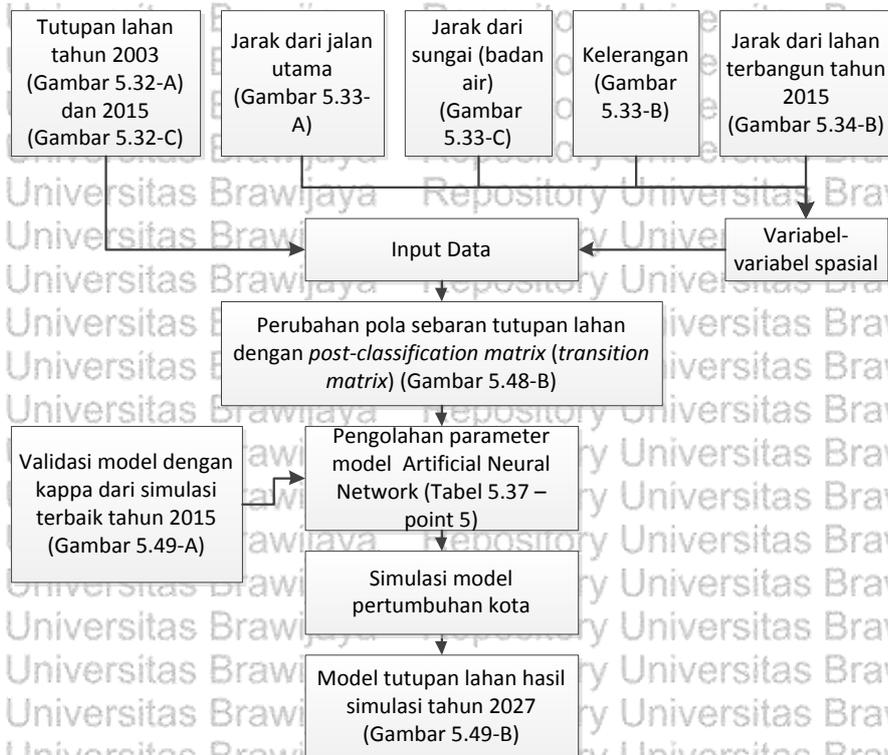


Gambar 5.52 Diagram Alur Simulasi Tutupan Lahan di Kecamatan Klojen Tahun 2027

Sumber : Hasil Sintesa (2018)



Gambar 5.53 Diagram Alur Simulasi Tutupan Lahan di Kecamatan Sukun Tahun 2027
Sumber : Hasil Sintesa (2018)



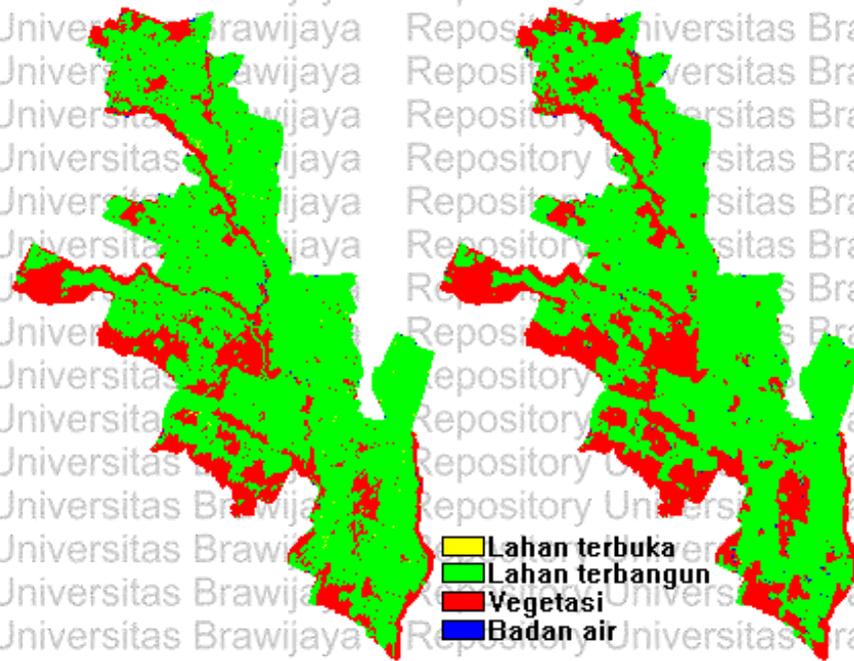
Gambar 5.54 Diagram Alur Simulasi Tutupan Lahan di Kecamatan Kedungkandang Tahun 2027
Sumber : Hasil Sintesa (2018)

Tabel 5.38 Kondisi Eksisting Input Variabel Spasial Jarak dari Lahan Terbangun Tahun 2015

Kecamatan	Keterangan
Blimbing	Pada Gambar 5.22 (kanan) dapat dijelaskan bahwa Kecamatan Blimbing memiliki batas atas 301.496 m yang berarti terdapat wilayah-wilayah yang membutuhkan jarak hingga 301.496 m untuk mencapai lahan terbangun terdekat. Kondisi ini dapat ditemukan pada sisi timur dari wilayah ini.
Klojen	Pada Gambar 5.25 (kanan) dapat dijelaskan bahwa Kecamatan Klojen memiliki batas atas 84.85 m yang berarti terdapat wilayah-wilayah yang membutuhkan jarak hingga 60 m untuk mencapai lahan terbangun terdekat. Selain itu nilai ini merupakan nilai terkecil dibandingkan dari keseluruhan kecamatan. Hal ini secara tidak langsung menunjukkan betapa rapatnya wilayah lahan terbangun di kecamatan ini dibandingkan kecamatan lainnya.
Lowokwaru	Pada Gambar 5.28 (kanan) dapat dijelaskan bahwa Kecamatan Lowokwaru memiliki batas atas 390 m yang berarti terdapat wilayah-wilayah yang membutuhkan jarak hingga 390 m untuk mencapai lahan terbangun terdekat. Kondisi ini dapat ditemukan pada sisi barat dan utara dari wilayah ini
Sukun	Pada Gambar 5.31 (kanan) dapat dijelaskan bahwa Kecamatan Sukun memiliki batas atas 379.473 m yang berarti terdapat wilayah-wilayah yang membutuhkan jarak hingga 379.473 m untuk mencapai lahan terbangun terdekat. Kondisi ini dapat ditemukan pada sisi barat dari wilayah ini.
Kedungkandang	Pada Gambar 5.34 (kanan) dapat dijelaskan bahwa Kecamatan Kedungkandang memiliki batas atas 483.735 m yang berarti terdapat wilayah-wilayah yang membutuhkan jarak hingga 483.735 m untuk mencapai lahan terbangun terdekat. Kondisi ini dapat dilihat di tengah hingga timur wilayah kecamatan ini Selain itu nilai ini merupakan nilai terbesar dibandingkan dari keseluruhan kecamatan..

Sumber : Hasil Analisa (2018)

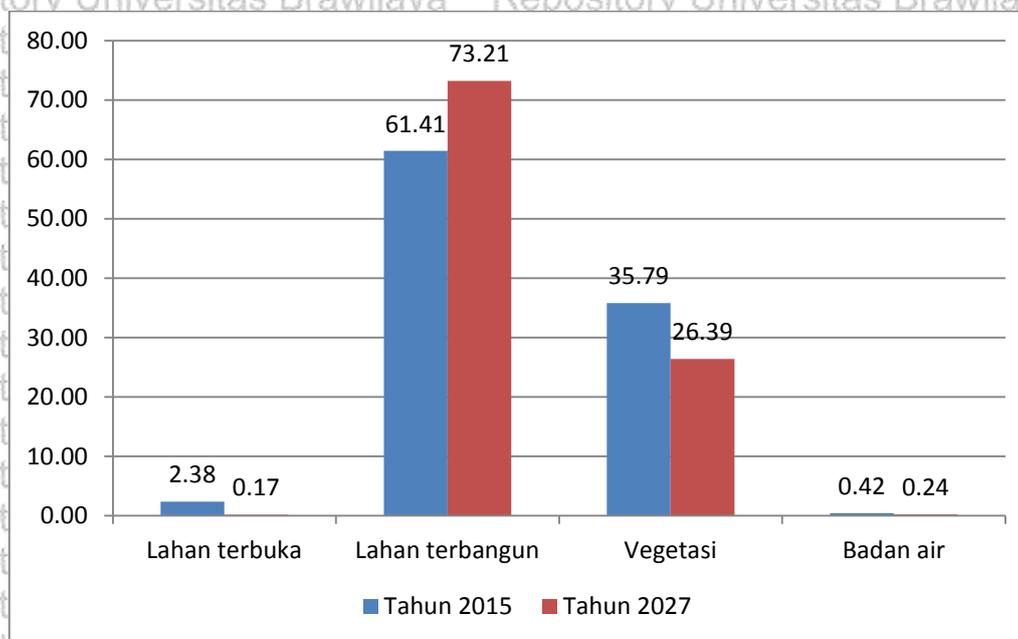
Sebelumnya, telah dilakukan perhitungan manual dengan bantuan software GDAL dan Java ini dilakukan pada kecamatan sukun dengan target tutupan lahan tahun 2015. Kode dari pengolahan tersebut dapat dilihat dalam https://github.com/xceedrift/ann_sukun. Data yang digunakan sama dengan yang digunakan dalam MOLUSCE dalam QGIS di simulasi sebelumnya. Hasil dari dari simulasi ini didapatkan nilai akurasi sebesar 90.79% dan nilai kappa 0.76 yang termasuk kategori substantial di mana cukup baik untuk menunjukkan kemiripan antara dua raster.



Gambar 5.55 Hasil Simulasi Dengan MOLUSCE (kiri) dan Perhitungan Manual Dengan GDAL dan Java (kanan)
Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

a) Perubahan Tutupan Lahan di Kota Malang Tahun 2015-2027

Pada Gambar 5.56 dibawah ini dapat dijelaskan bahwa terjadi kenaikan luasan lahan terbangun dari tahun 2015-2027 yaitu sebesar 11.79 persen. Hal tersebut diiringi dengan penurunan vegetasi sebesar 9.41 persen dengan luas 1043.73 ha . Hal tersebut juga diiringi dengan penurunan lahan terbuka meski luasannya hanya sedikit yaitu 2.21 persen.



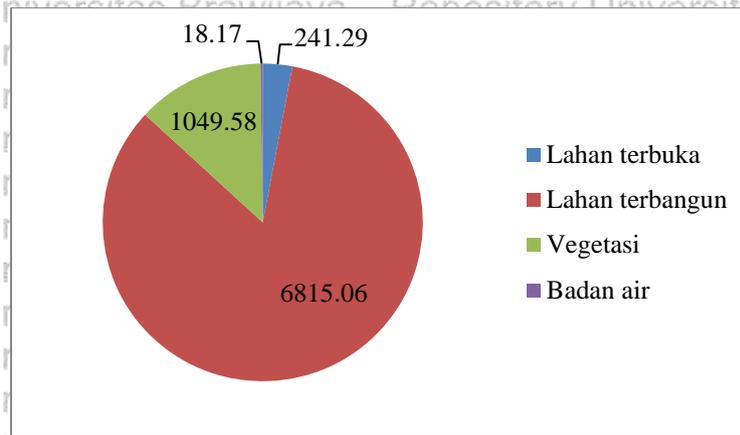
Gambar 5.56 Diagram Proporsi Luasan Tutupan Lahan di Kota Malang Tahun 2015 dan 2027 (dalam persen)

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.39 Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kota Malang Tahun 2015-2027

Tahun Kategori tutupan lahan	2015		2027		Nilai perubahan	
	ha	%	ha	%	ha	%
Lahan terbuka	263.94	2.38	18.69	0.17	-245.25	-2.21
Lahan terbangun	6815.15	61.41	8124.09	73.21	1308.95	+11.79
Vegetasi	3972.13	35.79	2928.40	26.39	-1043.73	-9.41
Badan air	46.29	0.42	26.32	0.24	-19.97	-0.18

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)



Gambar 5.57 Luasan Tutupan Lahan yang Bertransisi Menjadi Lahan Terbangun Tahun 2015-2027 (dalam ha)

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.40 Post-classification Matrix Tutupan Lahan Kota Malang Tahun 2015-2027 (dalam ha)

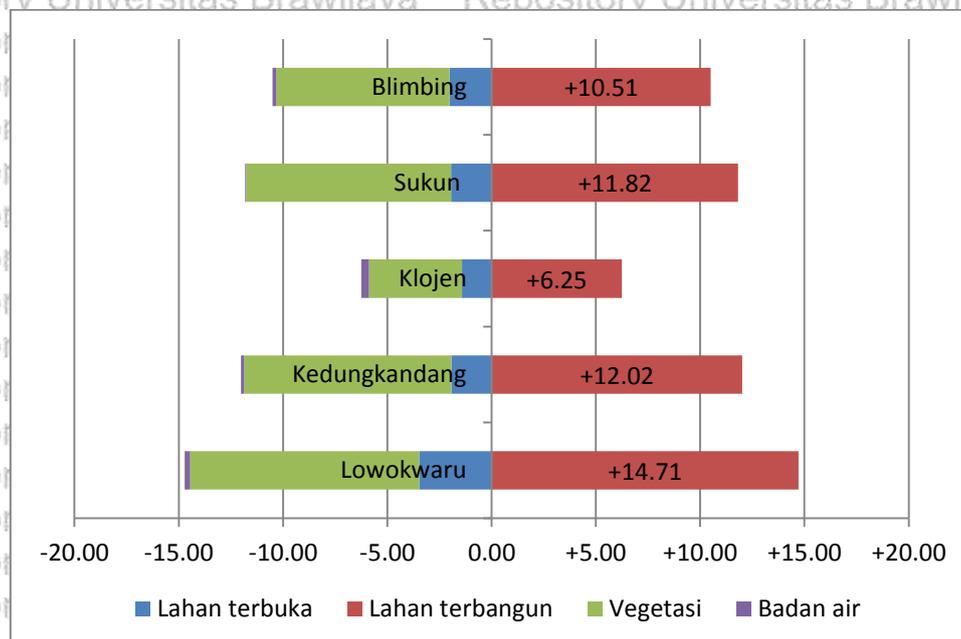
Kategori tutupan lahan	2027					Total
	Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan air		
2015 Lahan terbuka	18.33	241.29	4.32	0.00	263.94	
Lahan terbangun	0.00	6815.06	0.09	0.00	6815.15	
Vegetasi	0.36	1049.58	2922.19	0.00	3972.13	
Badan air	0.00	18.17	1.80	26.32	46.29	
Total	18.69	8124.09	2928.40	26.32	11097.50	

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Jika melihat Gambar 5.57, tutupan lahan yang memberikan kontribusi terbesar dalam perubahan menjadi lahan terbangun adalah vegetasi dengan nilai 1049.58 ha. Kemudian diikuti dengan lahan terbuka dengan 241.29 ha yang berubah menjadi lahan terbangun.

Berdasarkan Gambar 5.58, wilayah yang mengalami prosentase peningkatan lahan terbangun terbesar terjadi di Kecamatan Lowokwaru yaitu mendekati 15%. Peningkatan terkecil terjadi di Kecamatan Klojen berada pada nilai 6.25% dari luas wilayahnya.

Tutupan lahan yang memiliki prosentase perubahan terbesar menjadi lahan terbangun yaitu vegetasi yang terjadi di Kecamatan Blimbing dengan prosentase penurunan 10.98% dari luas wilayahnya



Gambar 5.58 Diagram Perubahan Tutupan Lahan di Kota Malang Tahun 2015-2027 (dalam persen)

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.41 Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Lowokwaru Kota Malang Tahun 2015-2027

Tahun Kategori tutupan lahan	2015		2027		Nilai perubahan	
	ha	%	ha	%	ha	%
Lahan terbuka	80.17	3.65	3.93	0.18	-76.24	-3.47
Lahan terbangun	1487.92	67.73	1811.17	82.44	323.25	+14.71
Vegetasi	614.74	27.98	373.49	17.00	-241.26	-10.98
Badan air	14.03	0.64	8.28	0.38	-5.75	-0.26

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.42 Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Blimbing Kota Malang Tahun 2015-2027

Tahun Kategori tutupan lahan	2015		2027		Nilai perubahan	
	ha	%	ha	%	ha	%
Lahan terbuka	41.35	2.19	3.28	0.17	-38.07	-2.01
Lahan terbangun	1608.97	85.11	1807.69	95.62	198.72	+10.51
Vegetasi	233.01	12.32	76.05	4.02	-156.96	-8.30
Badan air	7.22	0.38	3.53	0.19	-3.69	-0.20

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.43 Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Klojen Kota Malang Tahun 2015-2027

Tahun Kategori tutupan lahan	2015		2027		Nilai perubahan	
	ha	%	ha	%	ha	%
Lahan terbuka	14.96	1.68	2.30	0.26	-12.65	-1.42
Lahan terbangun	820.10	92.16	875.74	98.41	55.63	+6.25
Vegetasi	47.62	5.35	8.02	0.90	-39.60	-4.45
Badan air	7.18	0.81	3.79	0.43	-3.38	-0.38

Tabel 5.44 Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Sukun Kota Malang Tahun 2015-2027

Tahun Kategori tutupan lahan	2015		2027		Nilai perubahan	
	ha	%	ha	%	ha	%
Lahan terbuka	44.48	2.10	3.33	0.16	-41.15	-1.94
Lahan terbangun	1428.53	67.41	1679.10	79.23	250.57	+11.82
Vegetasi	640.33	30.21	431.94	20.38	-208.39	-9.83
Badan air	5.92	0.28	4.89	0.23	-1.03	-0.05

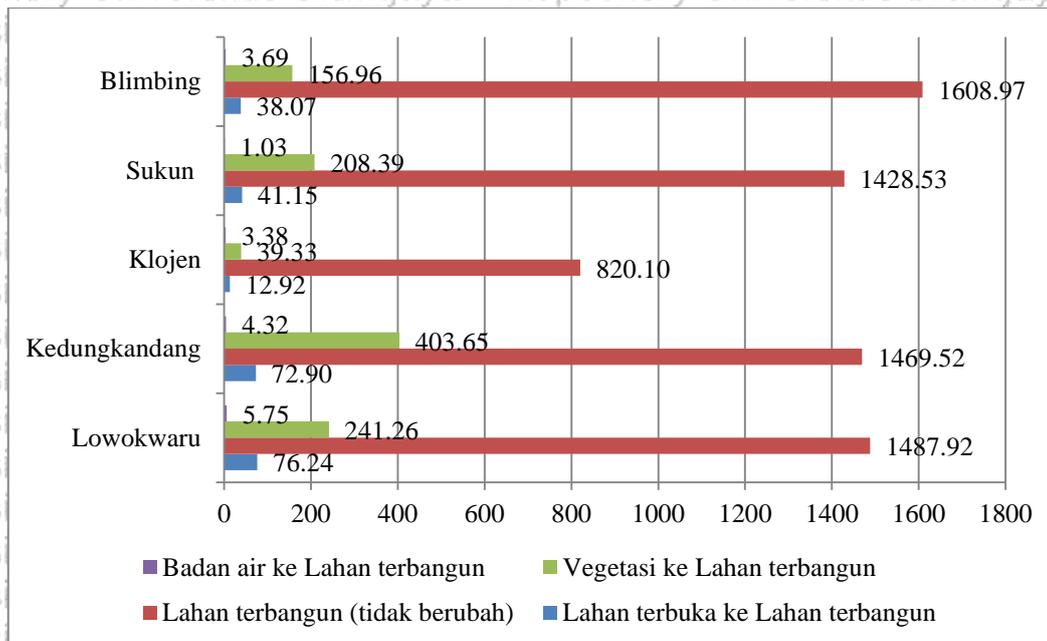
Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.45 Statistik Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Kedungkandang Kota Malang Tahun 2015-2027

Tahun Kategori tutupan lahan	2015		2027		Nilai perubahan	
	ha	%	ha	%	ha	%
Lahan terbuka	82.98	2.07	5.85	0.15	-77.13	-1.93
Lahan terbangun	1469.61	36.73	1950.39	48.75	480.78	+12.02
Vegetasi	2436.43	60.90	2038.90	50.96	-397.53	-9.94
Badan air	11.94	0.30	5.82	0.15	-6.12	-0.15

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tutupan lahan yang berkontribusi terbesar menjadi lahan terbangun yaitu Kecamatan Kedungkandang mencapai 403 ha. Di posisi kedua yaitu Kecamatan Lowokwaru yang hanya separuh dari nilai sebelumnya. Wilayah yang memiliki transisi tutupan lahan yang kecil menjadi lahan terbangun dari tutupan-tutupan lahan lainnya terjadi di Kecamatan Klojen. Kondisi perubahan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.59.



Gambar 5.59 Diagram Luasan Tutupan Lahan yang Bertransisi ke Lahan Terbangun Tahun 2015-2027 (dalam ha)

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.46 *Post-classification Matrix* Tutupan Lahan Kecamatan Lowokwaru Kota Malang Tahun 2015-2027 (dalam ha)

		2027					
		Kategori tutupan lahan	Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan air	Total
2015	Lahan terbuka	3.93	76.24	0.00	0.00	80.17	
	Lahan terbangun	0.00	1487.92	0.00	0.00	1487.92	
	Vegetasi	0.00	241.26	373.49	0.00	614.74	
	Badan air	0.00	5.75	0.00	8.28	14.03	
	Total	3.93	1811.17	373.49	8.28	2196.87	

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.47 *Post-classification Matrix* Tutupan Lahan Kecamatan Blimbing Kota Malang Tahun 2015-2027 (dalam ha)

		2027					
		Kategori tutupan lahan	Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan air	Total
2015	Lahan terbuka	3.28	38.07	0.00	0.00	41.35	
	Lahan terbangun	0.00	1608.97	0.00	0.00	1608.97	
	Vegetasi	0.00	156.96	76.05	0.00	233.01	
	Badan air	0.00	3.69	0.00	3.53	7.22	
	Total	3.28	1807.69	76.05	3.53	1890.55	

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.48 *Post-classification Matrix* Tutupan Lahan Kecamatan Klojen Kota Malang Tahun 2015-2027 (dalam ha)

		2027				
Kategori tutupan lahan		Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan air	Total
2015	Lahan terbuka	2.03	12.92	0.00	0.00	14.96
	Lahan terbangun	0.00	820.10	0.00	0.00	820.10
	Vegetasi	0.27	39.33	8.02	0.00	47.62
	Badan air	0.00	3.38	0.00	3.79	7.18
	Total	2.30	875.74	8.02	3.79	889.85

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.49 *Post-classification Matrix* Tutupan Lahan Kecamatan Sukun Kota Malang Tahun 2015-2027 (dalam ha)

		2027				
Kategori tutupan lahan		Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan air	Total
2015	Lahan terbuka	3.33	41.15	0.00	0.00	44.48
	Lahan terbangun	0.00	1428.53	0.00	0.00	1428.53
	Vegetasi	0.00	208.39	431.94	0.00	640.33
	Badan air	0.00	1.03	0.00	4.89	5.92
	Total	3.33	1679.10	431.94	4.89	2119.26

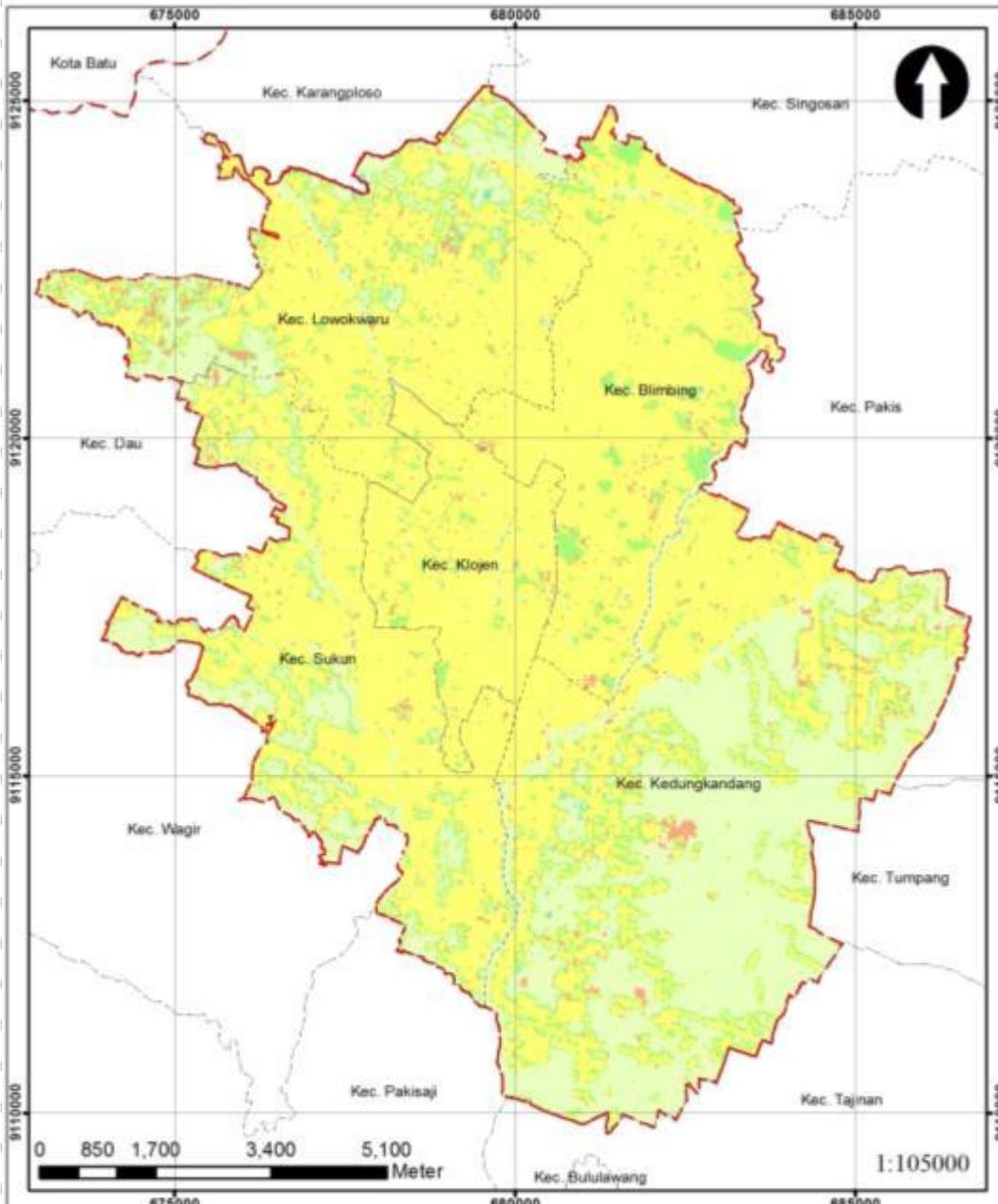
Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.50 *Post-classification Matrix* Tutupan Lahan Kecamatan Kedungkandang Kota Malang Tahun 2015-2027 (dalam ha)

		2027				
Kategori tutupan lahan		Lahan terbuka	Lahan terbangun	Vegetasi	Badan air	Total
2015	Lahan terbuka	5.76	72.90	4.32	0.00	82.98
	Lahan terbangun	0.00	1469.52	0.09	0.00	1469.61
	Vegetasi	0.09	403.65	2032.69	0.00	2436.43
	Badan air	0.00	4.32	1.80	5.82	11.94
	Total	5.85	1950.39	2038.90	5.82	4000.96

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)





Peta Perubahan Tutupan Lahan Kota Malang Tahun 2015-2027

Legenda

- Batas Kecamatan
- - - Batas Kota/Kabupaten
- LT
- LB->LT
- V->LT
- BA->LT
- LT->LB
- LB
- V->LB
- BA->LB
- LT->V
- LB->V
- V
- BA->V
- LT->BA
- LB->BA
- V->BA
- BA

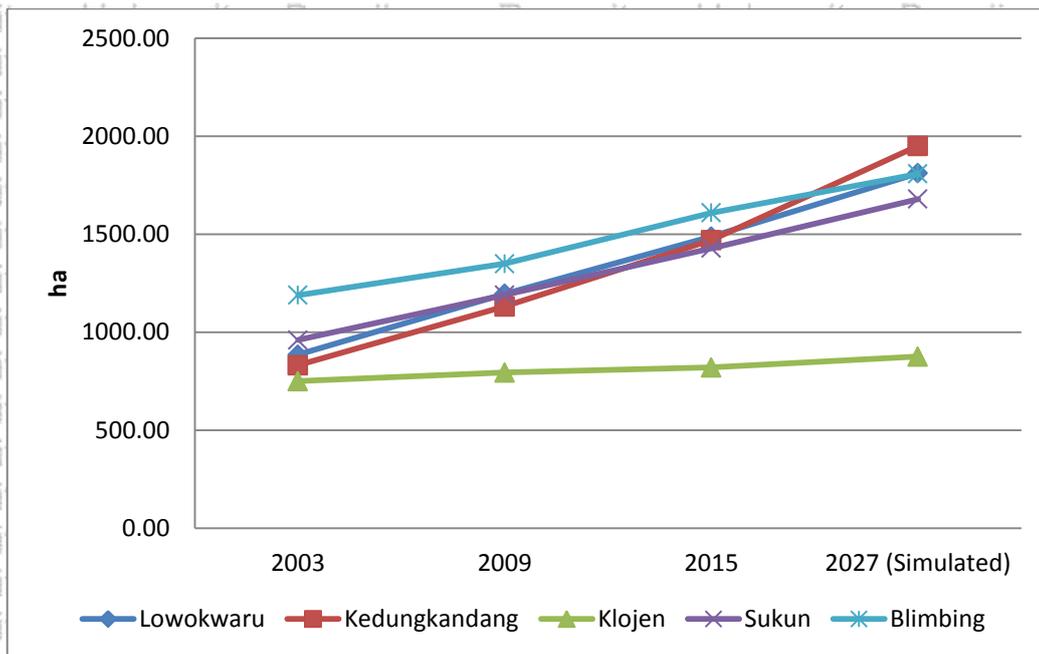
Keyplan

Keterangan : LT (Lahan terbuka), LB (lahan terbangun), V (vegetasi), BA (badan air)

Sumber : USGS Gov
Barenlitbang Kota Malang

Gambar 5.61 Peta Perubahan Tutupan Lahan Kota Malang Tahun 2015-2027

5.4.4 Pertumbuhan Kota Malang dari Tahun 2003 hingga 2027

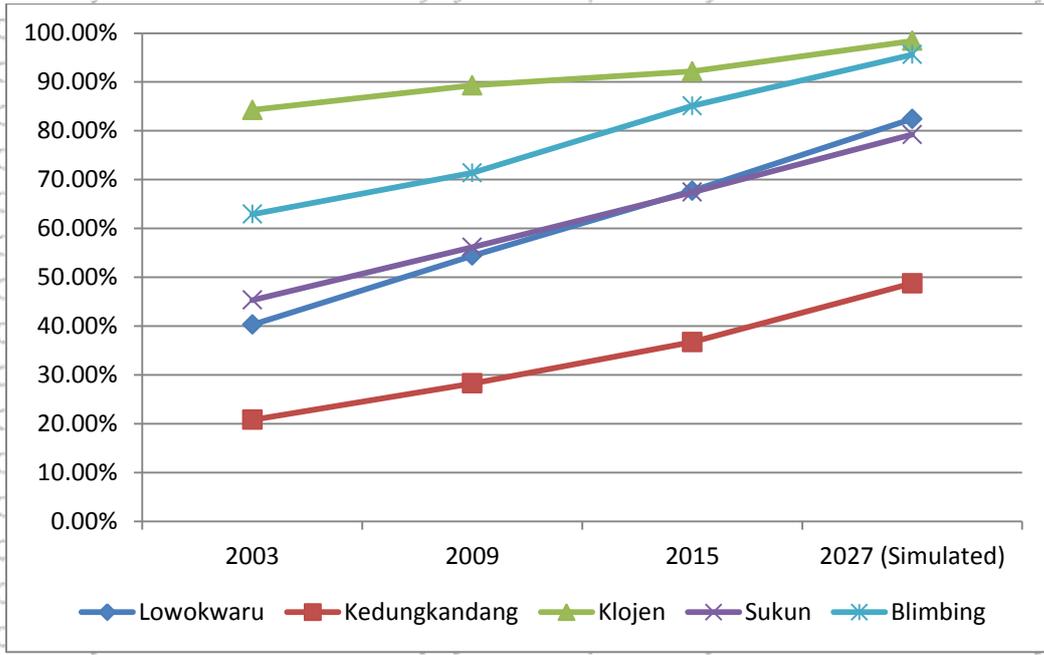


Gambar 5.62 Perubahan Tutupan Lahan Untuk Lahan Terbangun Pada Setiap Kecamatan di Kota Malang Dari Tahun 2003 Hingga 2027 (dalam ha)

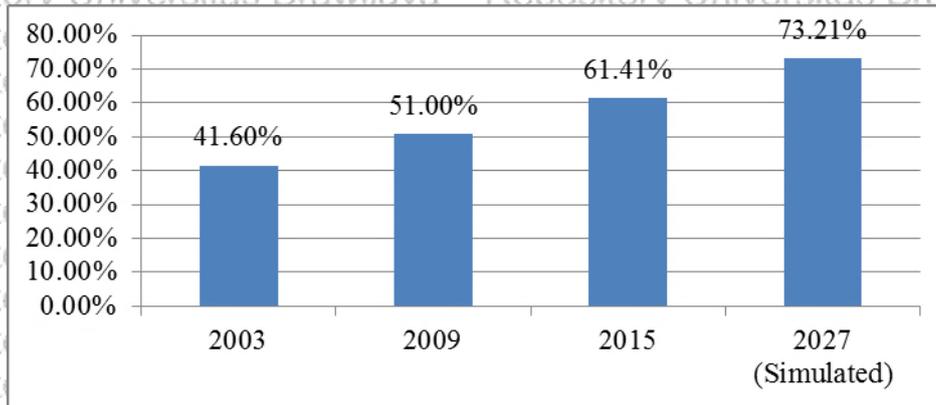
Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Berdasarkan Gambar 5.62 hingga 5.63 dalam dilihat bahwa terdapat tren peningkatan lahan terbangun pada masing-masing kecamatan maupun dalam lingkup satu kota pada rentang tahun 2003 hingga 2027. Kecamatan Kedungkandang merupakan salah satu kecamatan dengan luasan terbesar meski dalam prosentase luasanya terkecil dalam rentang tahun 2003 hingga 2027. Sebaliknya, kecamatan Klojen merupakan kecamatan dengan prosentase lahan terbangun terbesar meski memiliki luasan paling sedikit pada tahun 2027.

Berdasarkan hasil simulasi, masing-masing kecamatan yaitu Blimbing dan Klojen hampir memenuhi wilayahnya dengan lahan terbangun sebesar 95.62% dan 98.41% dari luas masing-masing kecamatan pada tahun 2027 secara berturut-turut. Kecamatan Kedungkandang merupakan kecamatan yang memiliki luasan vegetasi terbesar yaitu 2038.ha. Pada Gambar 5.64 dapat dijelaskan bahwa terdapat peningkatan prosentase lahan terbangun sebesar 31.61% dari tahun 2003 hingga 2027 di Kota Malang. Secara keseluruhan pertumbuhan Kota Malang dari tahun 2003 hingga 2027 dapat dilihat pada Gambar 5.65.



Gambar 5.63 Persentase Tutupan Lahan Untuk Lahan Terbangun Pada Setiap Kecamatan di Kota Malang dari Tahun 2003 Hingga 2027
 Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)



Gambar 5.64 Persentase Lahan Terbangun di Kota Malang dari Tahun 2003 Hingga 2027
 Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

5.4.5 Komparasi Lahan Terbangun Hasil Simulasi Tahun 2027 dengan Rencana Guna Lahan Tahun 2030 dari RTRW Kota Malang

Pada tahapan ini dilakukan komparasi hasil simulasi tutupan lahan tahun 2027 dalam hal ini lahan terbangun dengan RTRW Kota Malang tahun 2030 untuk kategori kawasan permukiman, perdagangan dan jasa, militer, fasilitas umum/fasilitas social dan industry (PPJMFUI) (Gambar 5.66) dengan variabel-variabel spasial yang digunakan di studi ini yaitu jarak dari jalan, jarak dari sungai, jarak dari lahan terbangun (tahun 2015) dan keterenggan (Tabel 5.53). Menggunakan kelima kategori dalam rencana guna lahan tersebut dikarenakan kategori guna lahan lainnya menurut RTRW Kota Malang seperti ruang terbuka hijau keberadaan lebih menekankan keberadaan vegetasi serta kawasan lindung setempat lebih menekankan pada keberadaan lahan tidak terbangun. Komparasi ini dilakukan untuk melihat seberapa jauh keberadaan hasil simulasi lahan terbangun 2027 dengan rencana guna Kota Malang tahun 2030 dari RTRW (Rencana Tata Ruang dan Wilayah) (Gambar 5.67) dan lahan terbangun tahun 2027 hasil simulasi (5.68) hingga dilakukan union pada kedua peta tersebut (Gambar 5.69). Sebelum dilakukan komparasi, pada Tabel 5.51 dapat dijelaskan bahwa terdapat tiga kecamatan yang memiliki luasan lahan terbangun hasil simulasi tahun 2027 lebih besar dari guna lahan kategori PPJMFUI. Hal tersebut dapat dijadikan sebagai dasar untuk mewaspadai adanya potensi munculnya lahan-lahan terbangun baru yang berada di wilayah-wilayah yang tidak terencana.

Tabel 5.51 Perbandingan Luasan Rencana Guna Lahan Lategori PPJMFUI Tahun 2030 (RTRW) dan Lahan Terbangun Hasil Simulasi Tahun 2027

No	Kecamatan	Guna lahan kategori PPJMFUI	Lahan terbangun hasil simulasi tahun 2027	Nilai perubahan (dalam ha)
1	Blimbing	1665.17	1807.69	+138.53
2	Kedungkandang	3106.63	1950.39	-1154.02
3	Klojen	788.32	875.739	+87.27
4	Lowokwaru	1937.47	1811.17	-128.02
5	Sukun	1654.56	1679.1	+20.48

Keterangan: Kawasan Permukiman, Perdagangan dan Jasa, Militer, Fasilitas Umum/Fasilitas Sosial dan Industri (PPJMFUI). Sumber : Hasil Pengolahan Data (2018)

Tabel 5.52 Relevansi Perbandingan Luasan Rencana Guna Lahan kategori PPJFMUI tahun 2030 dan Lahan Terbangun Hasil Simulasi Tahun 2027 dengan Kebijakan Perencanaan (RTRW Kota Malang)

No	Kecamatan	Tinjauan kebijakan perencanaan (berdasarkan perbandingan pada tabel 5.51)
1	Blimbing	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pada wilayah ini ditemukan selisih luasan <i>gap</i> yang menjelaskan luasan hasil simulasi tahun 2027 memiliki ukuran 138.53 ha lebih besar dari rencana guna lahan tahun 2030 (kategori PPJFMUI). Dikarenakan simulasi menggunakan model <i>artificial neural network</i> berkembang dengan mengikuti kondisi perubahan lahan di sekitarnya, perubahan pada sebagian lahan tak terbangun menjadi terbangun dapat terjadi terutama pada wilayah-wilayah ruang terbuka hijau ataupun kawasan lindung jika melihat dari rencana RTRW kategori PPJFMUI. ▪ Dijelaskan di dalam RTRW, terdapat kebijakan untuk melindungi keberadaan-keberadaan kawasan lindung dari alih fungsi menjadi lahan terbangun. Penerapan kebijakan perencanaan tersebut mempersempit upaya alih fungsi lahan dari kawasan lindung dan ruang terbuka hijau menjadi lahan terbangun.
2	Kedungkandang	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pada wilayah ini ditemukan selisih luasan <i>gap</i> yang menjelaskan luasan rencana RTRW (kategori PPJFMUI) memiliki ukuran 1154.02 ha lebih besar dari hasil simulasi tahun 2027. ▪ Adanya perbedaan tersebut dikarenakan terdapatnya kebijakan rencana untuk mengembangkan kawasan pendidikan di kecamatan tersebut dalam upaya untuk memacu perkembangan wilayah dan pertumbuhan permukiman. Selain itu terdapat rencana pengembangan kawasan olahraga serta terdapat rencana pemindahan kantor pemerintah dan pengembangan kawasan perkantoran baru (<i>block office</i>) di kecamatan tersebut. ▪ Dikarenakan terdapat banyak intervensi perencanaan dari RTRW, terdapat <i>gap</i> yang cukup besar antara hasil simulasi tahun 2027 dan hasil perencanaan dari kebijakan tersebut.
3	Klojen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pada wilayah ini ditemukan selisih luasan <i>gap</i> yang menjelaskan luasan hasil simulasi tahun 2027 memiliki ukuran 87.27 ha lebih besar dari rencana RTRW (kategori PPJFMUI). Adanya perbedaan tersebut dikarenakan terdapat lahan-lahan terbangun hasil simulasi ditemui pada sebagian lahan tak terbangun yaitu kawasan lindung dan ruang terbuka hijau. ▪ Di dalam RTRW Kota Malang terdapat rencana terkait perlindungan terhadap keberadaan kawasan lindung dan ruang terbuka hijau. Namun berdasarkan hasil simulasi 2027, dikarenakan sebagian kawasan tersebut berada di sekitar lahan terbangun membuatnya berubah menjadi dari lahan tak terbangun menjadi terbangun. Seperti dijelaskan pada penjelasan di Kecamatan Blimbing, penggunaan model <i>artificial neural network</i> yang perkembangan modelnya yang mengikuti kondisi perubahan lahan di sekitar turut memicu

No Kecamatan Tinjauan kebijakan perencanaan
(berdasarkan perbandingan pada tabel 5.51)

- perubahan tersebut terjadi.
- 4 Lowokwaru
- Pada wilayah ini ditemukan selisih luasan *gap* yang menjelaskan luasan rencana RTRW (kategori PPJFMUI) memiliki ukuran 128.02 ha lebih besar dari hasil simulasi tahun 2027.
 - Adanya kebijakan terkait dengan rencana pengembangan kawasan pendidikan di wilayah kecamatan tersebut sehingga secara langsung berpengaruh terhadap perencanaan guna lahannya. Adanya intervensi tersebut membuat adanya wilayah-wilayah yang tidak didapati pada hasil simulasi dengan menggunakan model *artificial neural network*
- 5 Sukun
- Pada wilayah ini ditemukan selisih luasan *gap* yang menjelaskan luasan hasil simulasi tahun 2027 memiliki ukuran 20.48 ha lebih besar dari rencana RTRW (kategori PPJFMUI).
 - Di antara ketiga kecamatan lainnya yaitu Blimbing dan Klojen, kecamatan ini yang memiliki *gap* paling sedikit. Pada RTRW memiliki kebijakan untuk melindungi kawasan lindung dan ruang terbuka hijau dari alih fungsi lahan. Meski demikian, dikarenakan lingkungan sekitar kawasan tersebut sebagian berupa lahan terbangun membuat terjadinya perubahan menjadi lahan terbangun.
-

Keterangan: Kawasan Permukiman, Perdagangan dan Jasa, Militer, Fasilitas Umum/Fasilitas Sosial dan Industri (PPJMFUI). Sumber : Hasil Analisa (2018)



Tabel 5.53 Hasil Komparasi Antara Peta Lahan Terbangun 2027 dan Rencana Tutupan Lahan Tahun 2030 untuk Kategori PPJMFUI terhadap Variabel-variabel Spasial

No	Kecamatan	Hasil <i>union</i> (Gambar 5.79) (ha)			Hasil komparasi lahan terbangun tahun 2027 hasil simulasi dan rencana tutupan lahan kategori PPJMFUI dengan variabel-variabel spasial (Gambar 5.70-5.73)
		PPJMFUI dan LT2027	PPJMFUI	LT2027	
1	Blimbing	1617.45	47.72	190.24	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Munculnya lahan terbangun yang terdapat di luar perencanaan lebih dikarenakan pada kecamatan tersebut keberadaan lahan terbangunnya rapat dan sebagian besar ruang-ruang tak terbangunnya dikelilingi oleh lahan terbangun sehingga menjadikannya lahan terbangun. ▪ Keberadaan jalan utama yang cenderung berada di sisi barat kecamatan tersebut juga tidak begitu mempengaruhi tumbuhnya lahan terbangun yang berada di sisi timur. ▪ Untuk wilayah perencanaan yang belum terbangun lebih dikarenakan keberadaannya yang dekat dengan wilayah dengan kelerengan di atas 15% dan berada dekat dengan sungai.
2	Kedungandang	1720.56	1383.85	229.83	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pada kecamatan ini dapat terlihat bahwa tidak berkembangnya lahan terbangun pada rencana tutupan lahan yang direncanakan dikarenakan keberadaan lahan terbangun eksisting tahun 2015 berada di sisi barat sehingga perembatan pertumbuhan kesisi timur menjadi lama. ▪ Selain itu keberadaan jalan utama yang berada di sisi barat juga turut memicu perlambatan ke sisi barat menjadi lama serta pada beberapa wilayah jaraknya dekat dengan sungai. ▪ Untuk wilayah lahan terbangun yang berkembang yang berada diluar wilayah perencanaan lebih dikarenakan wilayah terbangun tersebut dekat dengan jalan utama dan lahan terbangun (tahun 2015) serta keberadaan wilayahnya yang memiliki kelerengan di bawah 15%
3	Klojen	781.11	7.36	94.63	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pada kecamatan ini dapat dilihat bahwa tidak berkembangnya lahan terbangun pada wilayah rencana tutupan lahan lebih dikarenakan wilayahnya yang dekat dengan sungai dan pada wilayah sekitar daerah sungai tersebut memiliki kelerengan yang di atas 15%.



No	Kecamatan	Hasil <i>union</i> (Gambar 5.79) (ha)			Hasil komparasi lahan terbangun tahun 2027 hasil simulasi dan rencana tutupan
4	Lowokwaru	1647.48	291.71	163.69	<ul style="list-style-type: none"> Muncul lahan terbangun di kecamatan yang diluar dari wilayah perencanaan dikarenakan cukup rapatnya jarak antara lahan terbangun yang satu dengan yang lain di kecamatan tersebut. Selain itu juga keberadaannya dekat jalan utama sehingga turut mempengaruhi munculnya lahan terbangun tersebut. Tidak tumbuhnya wilayah perencanaan oleh lahan terbangun berdasarkan hasil simulasi lebih dikarenakan keberadaannya yang tidak begitu dekat dengan lahan terbangun eksisting serta jalan utama. Pada sebagian wilayah juga dikarenakan dekat dengan sungai dan memiliki kelerengan di atas 15%. Tumbuhnya lahan terbangun hasil simulasi yang di luar zona perencanaan lebih dikarenakan keberadaan dekatnya dengan lahan terbangun eksisting (2015) dan dekat dengan jalan utama.
5	Sukun	1427.27	231.35	251.83	<ul style="list-style-type: none"> Pada kecamatan ini dapat terlihat bahwa, terdapat beberapa wilayah di sisi barat kecamatan ini di mana lahan terbangun hasil simulasi tahun 2027 tidak memenuhi wilayah hasil rencananya. Hal tersebut dikarenakan ada ruang yang cukup lebar antara beberapa lahan terbangun satu dengan yang lain sehingga pertumbuhan menjadi lambat di sisi barat wilayah tersebut menjadi lambat dan keberadaan yang tidak begitu dekat dengan jalan utama yang sebagian besar berada di sisi timur kecamatan tersebut. Munculnya lahan terbangun yang berada di luar zona rencana lebih dikarenakan keberadaan yang dekat dengan lahan terbangun eksisting yang berada di kecamatan tersebut sehingga pada hasil simulasi menjadi terbangun.

Catatan : Kawasan Permukiman, Perdagangan dan Jasa, Militer, Fasilitas Umum/Fasilitas Sosial dan Industri (PPJMFUI).

Sumber : Hasil Kajian (2018)

5.4.6 Rekomendasi Penelitian

Bentuk rekomendasi yang diberikan didasarkan pada hasil komparasi yang telah dilakukan pada Tabel 5.53 yang menjelaskan komparasi antara kategori kawasan permukiman, perdagangan dan jasa, militer, fasilitas umum/fasilitas sosial dan industri (PPJMFUI) yang didapat dari rencana guna lahan Kota Malang tahun 2030 dengan hasil luasan lahan terbangun hasil simulasi tahun 2027 yang didapat dari penelitian ini. Rekomendasi ditampilkan per tiap kecamatan di Kota Malang yang dijelaskan pada Tabel 5.54. Rekomendasi dari ini didasarkan dengan keterkaitan antara potensi munculnya lahan terbangun baru berdasarkan hasil simulasi tahun 2027 dengan variabel-variabel spasial yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 5.54 Rekomendasi Penelitian

No	Kecamatan	Rekomendasi (berdasarkan hasil komparasi pada Tabel 5.53)
1	Blimbing	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perlunya pengawasan terhadap potensi munculnya lahan-lahan terbangun baru terutama pada wilayah yang dekat dengan sungai ataupun pada wilayah wilayah dengan kelerengan tajam yang banyak ditemui di sisi timur kecamatan ini serta perlunya pengetatan terhadap pembangunan-pembangunan lahan terbangun baru dikarenakan pada tahun 2027 luasan lahan terbangun sudah melebihi wilayah guna lahan yang direncanakan. ▪ Selain itu pengawasan juga dilakukan terhadap lahan-lahan tak terbangun yang keberadaannya dikelilingi oleh lahan terbangun dikarenakan berpotensi besar untuk menjadi lahan terbangun.
2	Kedungkandang	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perlunya pengawasan terhadap potensi munculnya lahan-lahan terbangun baru terutama pada wilayah yang memiliki kelerengan di atas 15% yang banyak ditemui di sisi timur kecamatan ini serta pada sisi barat terutama yang dekat dengan sungai.
3	Klojen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perlunya pengawasan terhadap potensi munculnya lahan-lahan terbangun baru terutama pada wilayah yang dekat dengan sungai ataupun pada wilayah wilayah dengan kelerengan tajam yang banyak ditemui di sisi tengah wilayah kecamatan ini serta perlunya pengetatan terhadap pembangunan-pembangunan lahan terbangun baru dikarenakan pada tahun 2027 luasan lahan terbangun sudah melebihi wilayah guna lahan yang direncanakan.
4	Lowokwaru	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perlunya pengawasan terhadap potensi munculnya lahan-lahan terbangun baru terutama pada wilayah yang dekat dengan sungai ataupun pada wilayah wilayah dengan kelerengan tajam yang banyak ditemui di sisi barat kecamatan ini.
5	Sukun	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perlunya pengawasan terhadap potensi munculnya lahan-lahan terbangun baru terutama pada wilayah yang dekat

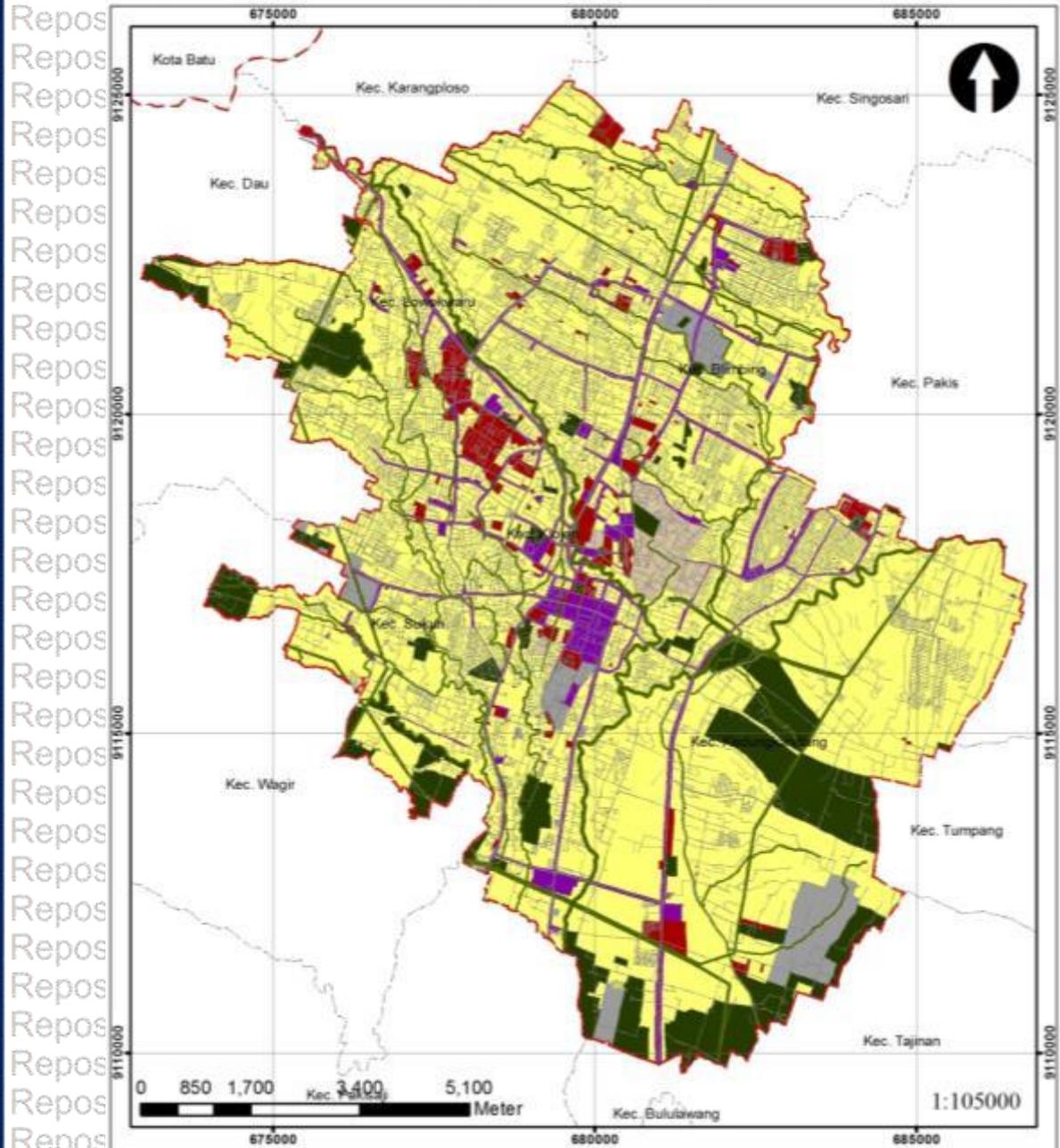
No	Kecamatan	Rekomendasi
(berdasarkan hasil komparasi pada Tabel 5.53)		
dengan sungai ataupun pada wilayah-wilayah dengan kelerengan tajam yang banyak ditemui di sisi barat kecamatan ini.		
Sumber : Hasil Kajian (2018)		



Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository



Peta Rencana Guna Lahan Tahun 2030 Kota Malang	
Keyplan 	<p>Legenda</p> <ul style="list-style-type: none"> ----- Batas Kecamatan - - - - - Batas Kota/Kabupaten Kawasan Fasilitas Umum / Fasilitas Sosial Kawasan Industri Kawasan Lindung Kawasan Militer Kawasan Perdagangan dan Jasa Kawasan Permukiman Ruang Terbuka Hijau <p>Sumber : USGS Gov Barenlitbang Kota Malang</p>

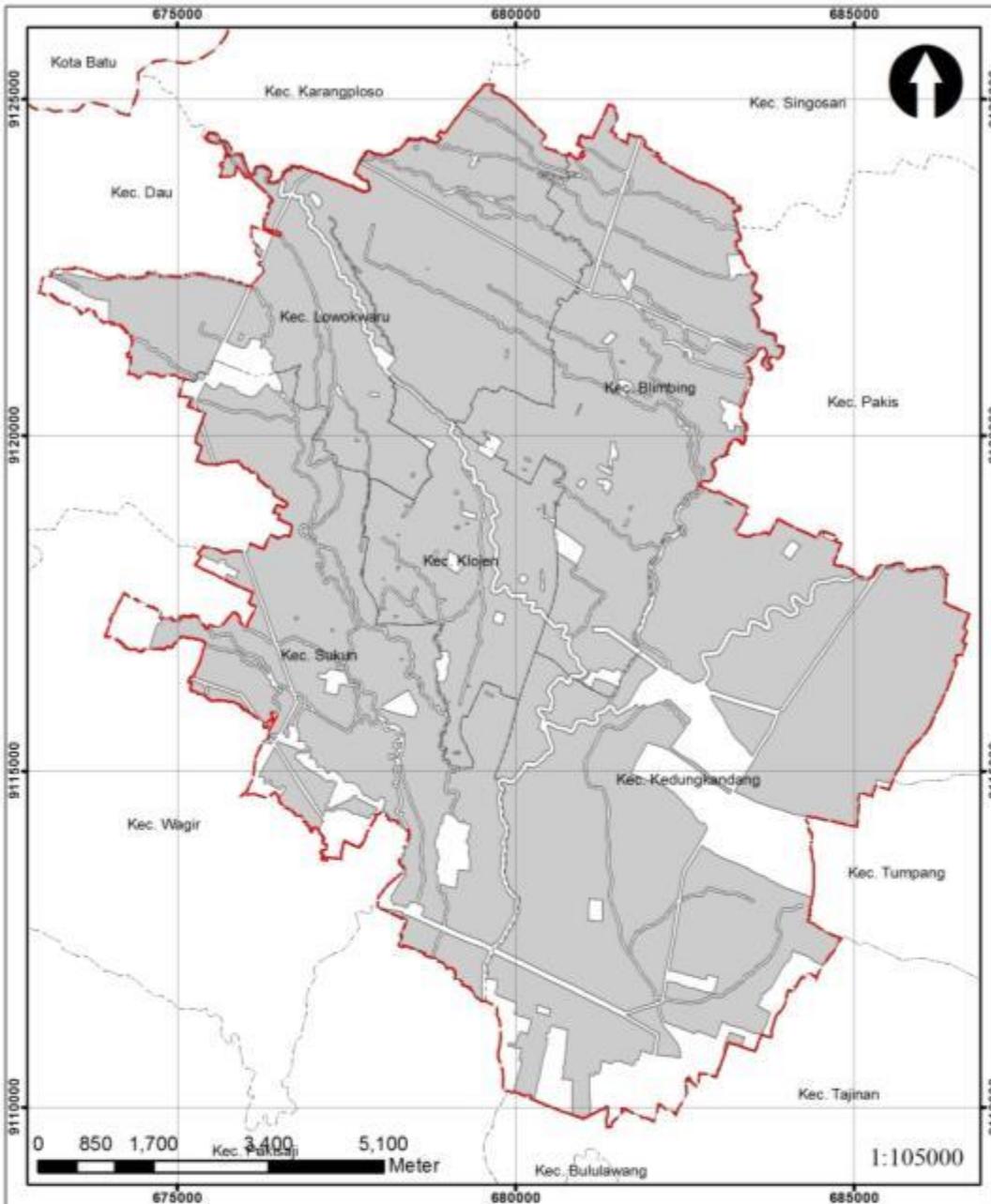
Gambar 5.66 Peta Rencana Guna Lahan Tahun 2030 Kota Malang

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository





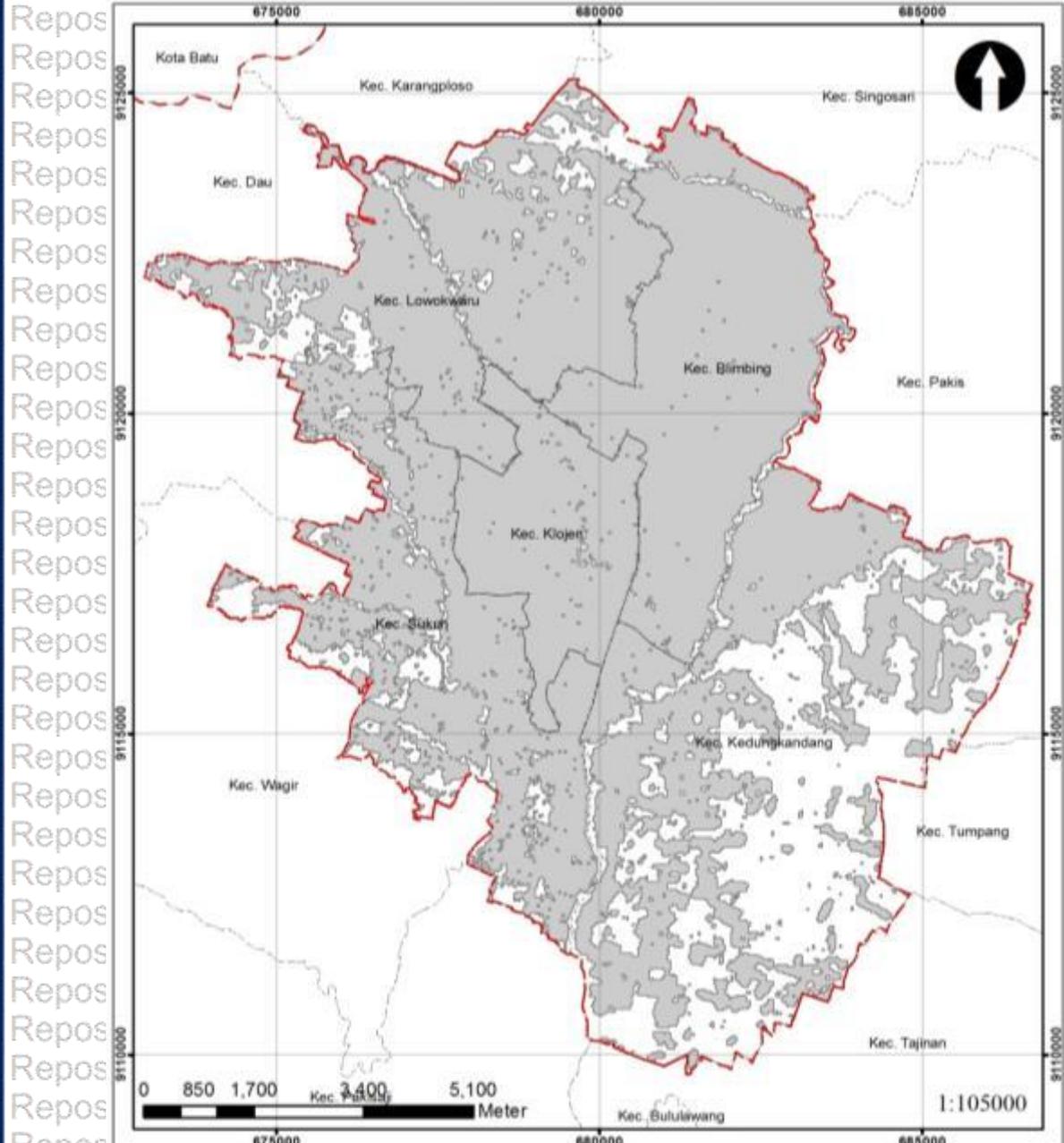
<p>Peta Rencana Guna Lahan 2030 untuk Permukiman, Perdagangan dan Jasa, Militer, Fasum/Fasos dan Industri di Kota Malang</p>	
<p>Keyplan</p>	<p>Legenda</p> <ul style="list-style-type: none"> ----- Batas Kecamatan - - - - - Batas Kota/Kabupaten ■ PPJMFUI <p>Keterangan: PPJMFUI (Kawasan Permukiman, Perdagangan dan Jasa, Militer, Fasum/Fasos, Industri)</p>
	<p>Sumber : USGS Gov Barenlitbang Kota Malang</p>

Gambar 5.67 Peta Rencana Guna Lahan 2030 untuk Permukiman, Perdagangan dan Jasa, Militer, Fasum/Fasos dan Industri di Kota Malang

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya



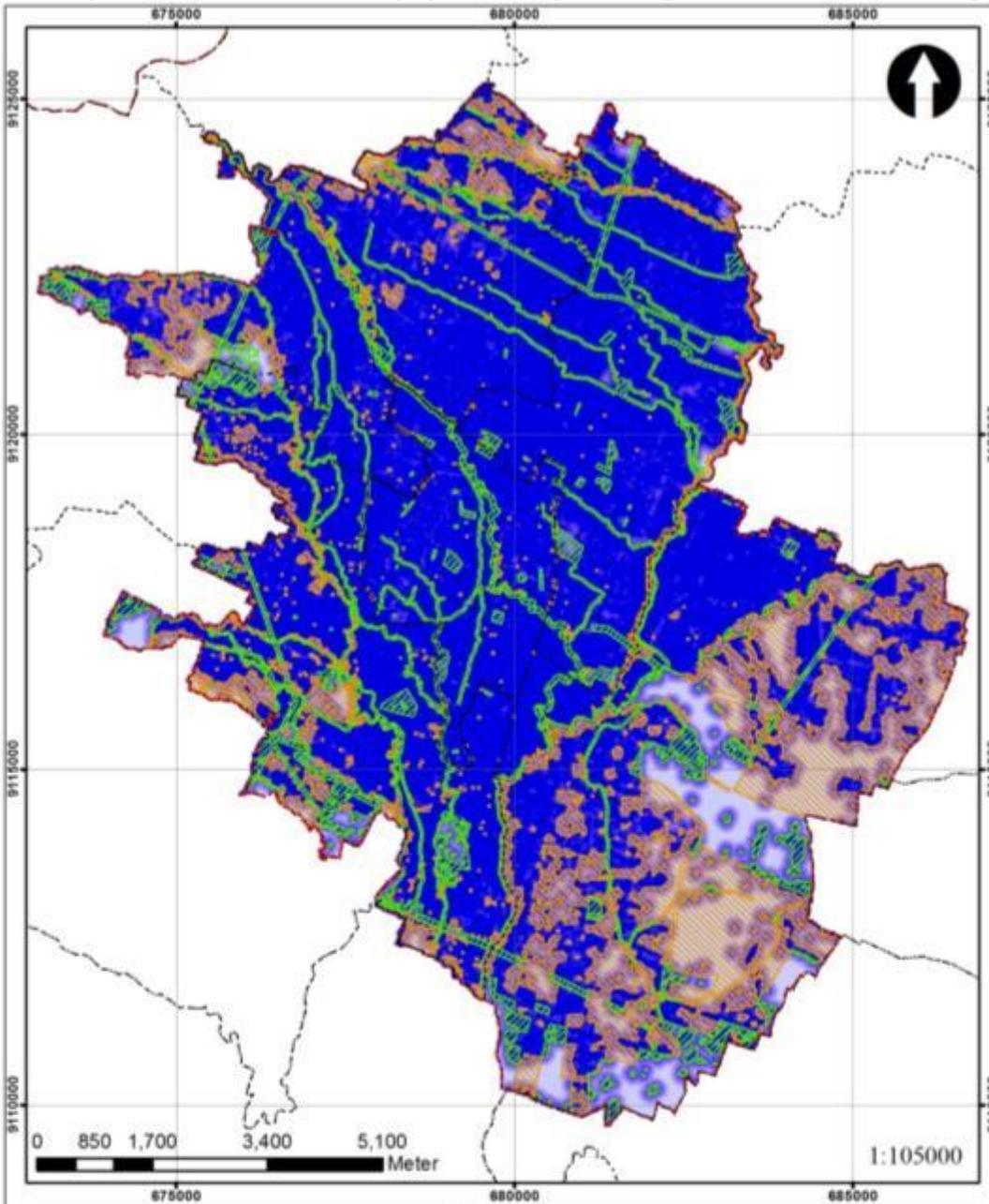
<p>Peta Lahan Terbangun Tahun 2027 Hasil Simulasi</p>	<p>Legenda</p> <ul style="list-style-type: none"> Batas Kecamatan - - - - Batas Kota/Kabupaten ■ Lahan terbangun (hasil simulasi tahun 2027)
<p>Keyplan</p>	<p>Sumber : USGS Gov Barenlitbang Kota Malang</p>

Gambar 5.68 Peta Lahan Terbangun Tahun 2027 Hasil Simulasi

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

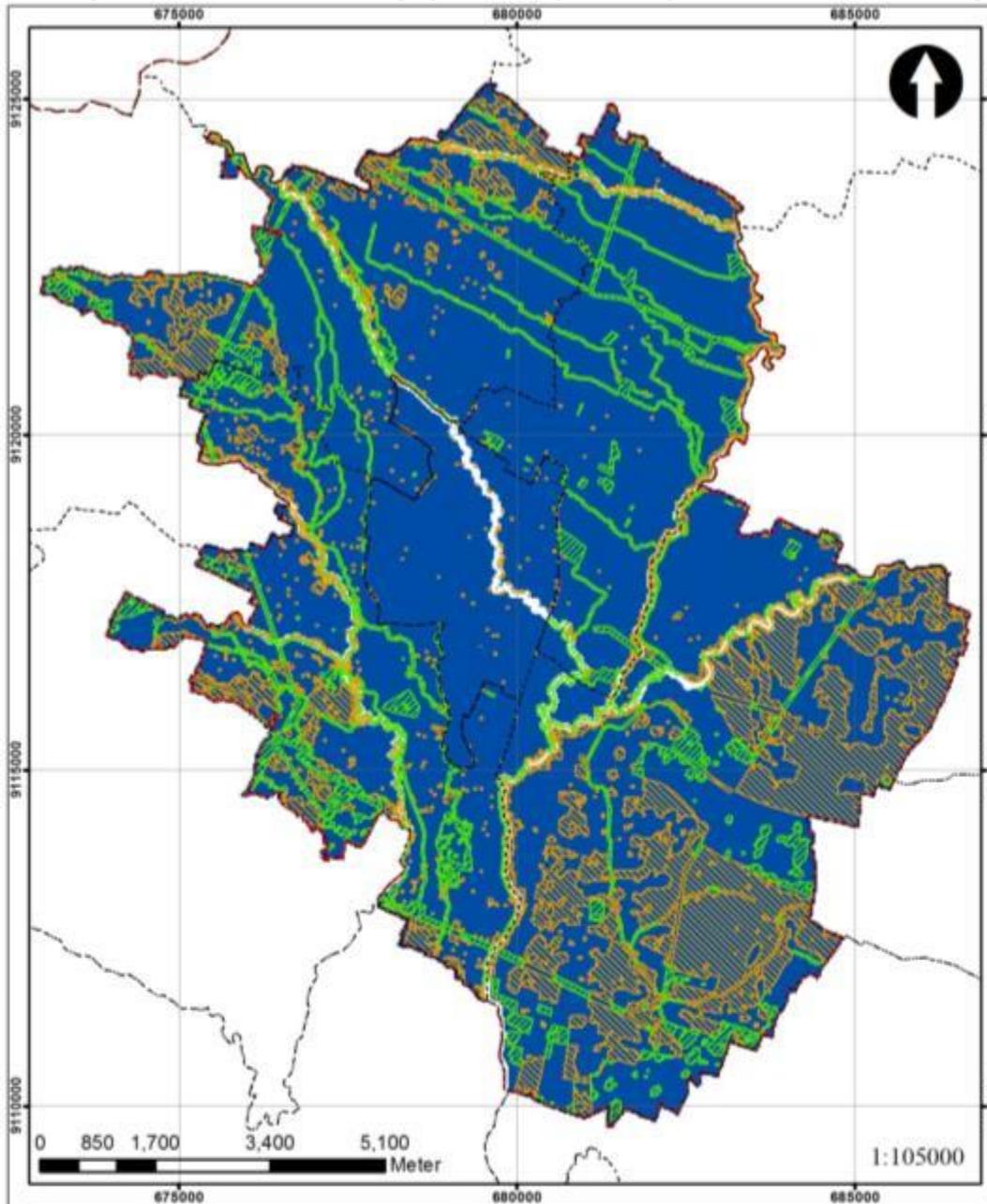
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya



<p>Peta Jarak dari Lahan Terbangun dengan Peta Union Antara Hasil Simulasi Lahan Terbangun 2027 dan Rencana Guna Lahan Tahun 2030</p>	<p>Legenda</p> <ul style="list-style-type: none"> ----- Batas Kecamatan - - - - - Batas Kota/Kabupaten ▨ Lahan Terbangun ▨ PPJMFUI <p>Jarak dari lahan terbangun (2015)</p> <p>Value</p> <ul style="list-style-type: none"> High : 483.735 m Low : 0 m
<p>Keyplan</p>	<p>Sumber : USGS Gov Barendilbang Kota Malang</p>

Gambar 5.71 Peta Jarak dari Lahan Terbangun dengan Peta Union Antara Hasil Simulasi Lahan Terbangun 2027 dan Rencana Guna Lahan Tahun 2030



<p>Peta Jarak dari Sungai dengan Peta Union Antara Hasil Simulasi Lahan Terbangun 2027 dan Rencana Guna Lahan Tahun 2030</p>	
<p>Keyplan</p>	<p>Legenda</p> <ul style="list-style-type: none"> Batas Kecamatan - - - Batas Kota/Kabupaten ▨ Lahan Terbangun ▨ PPJMFUI
	<p>Jarak dari sungai</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 0 (wilayah zona buffer 50 m dari sungai) ■ 1 (bukan wilayah zona buffer 50m)
<p>Sumber : USGS Gov Barenlitbang Kota Malang</p>	

Gambar 5.83 Peta Jarak dari Sungai dengan Peta Union Antara Hasil Simulasi Lahan Terbangun 2027 dan Rencana Guna Lahan Tahun 2030

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan yang dilakukan terhadap kondisi tutupan lahan eksisting dan hasil simulasi model pertumbuhan kota di Kota Malang didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Tutupan lahan di Kota Malang pada rentang tahun 2003 hingga 2015 yaitu pada kategori lahan terbangun mengalami kenaikan 9.41% pada rentang 2003-2009 dan 10.41% pada rentang 2009-2015. Secara keseluruhan tutupan lahan lainnya seperti lahan terbuka, vegetasi maupun badan air mengalami penurunan baik pada rentang tahun 2003-2009 dan 2009-2015. Wilayah dengan prosentase kenaikan terbesar dari tahun 2003-2009 pada lahan terbangun terdapat pada Kecamatan Lowokwaru yaitu sebesar 14.13%. Perubahan terbesar menjadi lahan terbangun pada kecamatan tersebut terjadi pada tutupan lahan vegetasi yaitu sebesar 220.21 ha. Wilayah dengan prosentase kenaikan terbesar dari tahun 2009-2015 pada lahan terbangun terdapat pada Kecamatan Blimbing yaitu sebesar 13.73%. Perubahan terbesar menjadi lahan terbangun pada kecamatan tersebut terjadi pada tutupan lahan vegetasi yaitu sebesar 188.58 ha. Kecamatan Klojen merupakan kecamatan yang mengalami kenaikan lahan terbangun paling sedikit yaitu 5.02% pada rentang tahun 2003-2009 dan 2.88% pada tahun 2009-2015. Secara keseluruhan, lahan terbangun dari tahun 2003 ke 2015 mengalami kenaikan dari 4616.32 ha menjadi 6815.15 ha sedangkan untuk tutupan lahan lainnya masing-masing mengalami penurunan yaitu lahan terbuka dari 778.10 ha menjadi 263.94 ha, vegetasi dari 5640.65 menjadi 3972.13 ha dan badan air dari 62.43 ha menjadi 46.29 ha.
- 2) Tutupan lahan Kota Malang tahun 2027 hasil simulasi menggunakan model *Artificial Neural Network* (ANN) yang didasarkan pada trend data-data eksisting memiliki luas lahan terbuka sebesar 18.69 ha atau 0.17%, lahan terbangun seluas 8124.09 ha atau 73.21%, vegetasi 2928.40 ha atau 26.39% dan badan air seluas 26.32 ha atau 0.24 ha. Pada tahun 2027 berdasarkan hasil simulasi mengalami peningkatan sebesar 11.79% dari tahun 2015. Kontribusi terbesar dari peningkatan tersebut berasal dari penurunan luasan tutupan lahan vegetasi pada tahun 2027 yang sebesar 9.45% dari tahun 2015.

Di lihat dari sisi kecamatan, wilayah yang mengalami prosentase peningkatan lahan terbangun terbesar terdapat di Kecamatan Lowokwaru yaitu 14.71%. Selain itu jika dilihat dari luasan, Kecamatan Kedungkandang memiliki kontribusi terbesar terkait transisi tutupan lahan vegetasi menjadi lahan terbangun yang mencapai 403.65 ha.

6.2 Saran

Dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan suatu pertimbangan untuk melihat bagaimana perkembangan tutupan lahan di masa mendatang terutama terkait perkembangan lahan terbangun di mana semakin bertambah oleh Pemerintah Kota Malang. Selain itu juga dapat digunakan sebagai referensi perbandingan jika dilakukan penelitian dengan metode-metode simulasi model dengan model lain selain dengan menggunakan *artificial neural network*. Diharapkan terdapat penelitian lanjutan yang dapat mensimulasi tutupan lahan di masa mendatang tidak hanya didasarkan pada tren data-data eksisting namun juga disertai dengan intervensi perencanaan.