

**ANALISIS PEMODELAN DAN PREDIKSI DINAMIKA PENGGUNAAN LAHAN  
ZONA PERUMAHAN DI KABUPATEN SUKOHARJO  
(Studi Kasus: Kecamatan Kartasura, Kecamatan Grogol, dan Kecamatan Sukoharjo)**

Almaas Syifaa Ardanti<sup>\*)</sup>, Arwan Putra Wijaya, Muhammad Adnan Yusuf

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788  
Email : almasyifa1305@gmail.com

**ABSTRAK**

Menurut laporan dari World Bank, pada tahun 2019 sebanyak 151 juta penduduk Indonesia atau setara dengan 56% dari keseluruhan penduduk hidup di kawasan perkotaan. Adanya urbanisasi dapat menyebabkan perubahan penggunaan lahan di kawasan perkotaan seiring dengan berkembangnya aspek ekonomi, sosial, politik, teknologi, lingkungan dan juga pertumbuhan penduduk secara alami. Hal ini dapat menjadikan berkembangnya kawasan perkotaan. Contoh dari adanya perubahan lahan di kawasan perkotaan terjadi di Kabupaten Sukoharjo. Kawasan Perkotaan di Kabupaten Sukoharjo meliputi Kecamatan Kartasura, Kecamatan Grogol dan Kecamatan Sukoharjo. Muncul perumahan-perumahan baru di tiga kecamatan tersebut yang sebagian besar disebabkan oleh adanya perubahan fungsi lahan pertanian. Penelitian dilakukan untuk melakukan pengamatan dinamika perkembangan penggunaan lahan perumahan di Kecamatan Kartasura, Grogol dan Sukoharjo pada tahun 2009, 2015, prediksi penggunaan lahan tahun 2021 dan 2033 menggunakan metode Artificial Neural Network (ANN) serta mengetahui pola persebaran perumahan dengan metode analisis tetangga terdekat. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh luas perubahan penggunaan lahan perumahan dari tahun 2009 sampai 2033 sebesar 363,171 Ha. Penggunaan lahan untuk Zona Perumahan pada tahun 2009 sebesar 3551,002 Ha, tahun 2015 sebesar 3679,861 Ha, tahun 2021 sebesar 3694,539 Ha dan tahun 2033 sebesar 3914,173 Ha. Persebaran perumahan pada tahun 2009, 2015 dan 2021 memiliki pola acak sedangkan persebaran perumahan tahun 2033 memiliki pola mengelompok. Hasil validasi pemodelan prediksi penggunaan lahan tahun 2021 adalah sebesar 0,935. Hasil kesesuaian prediksi penggunaan lahan untuk perumahan tahun 2033 terhadap Rencana Detail Tata Ruang 2020-2039 menunjukkan angka sebesar 7408,076 Ha atau 74,755%. Nilai ini menunjukkan bahwa pemodelan ini memiliki kesesuaian yang baik terhadap RDTR.

**Kata Kunci :** Dinamika Penggunaan Lahan, Perumahan, Pemodelan, *Artificial Neural Network*, RDTR

**ABSTRACT**

*According to a report from the World Bank, in 2019, 151 million population of Indonesians or equivalent to 56% of the total population live in urban areas. The existence of urbanization can cause changes in land use in urban areas in line with the development of economic, social, political, technological, environmental aspects and also natural population growth. This can make development in urban areas. An example of a land change in an urban area occurred in Sukoharjo Regency. Urban Areas in Sukoharjo Regency include Kartasura District, Grogol District and Sukoharjo District. New residential emerged in urban areas of Sukoharjo Regency, which was largely due to changes in the function of agricultural land. The study was conducted to observe the dynamics of changes in residential area in Kartasura, Grogol and Sukoharjo Districts in 2009 and 2015, prediction of land use in 2021 and 2033 using the Artificial Neural Network (ANN) and knowing residential distribution patterns by Average Nearest Neighbor. Based on the results of the study, the area of change in residential zone from 2009 to 2033 was 363.171 Ha. Land use for the residential zone in 2009 was 3551.002 Ha, in 2015 it was 3679,861 Ha, in 2021 it was 3694.539 Ha and in 2033 it was 3914.173 Ha. The spatial pattern of residential in 2009, 2015 and 2021 has a random pattern, while the spatial pattern in 2033 has a clustered pattern. The results of the validation of modeling predictions of land use in 2021 are 0.935. The results of the suitability of land use predictions in 2033 due to the Detailed Spatial Plan 2020-2039 shows 7408.076 Ha or 74.755%. This value indicates that this model is classified as having a good agreement or similarity.*

**Keyword:** Land Use Dynamics, Residential, Modeling, *Artificial Neural Network*, RDTR

*\*)Penulis Utama, Penanggung Jawab*

## I. Pendahuluan

### I.1 Latar Belakang

Menurut laporan dari World Bank, pada tahun 2019 sebanyak 151 juta penduduk Indonesia atau setara dengan 56% dari keseluruhan penduduk hidup di kawasan perkotaan. Proses urbanisasi di Indonesia didorong oleh adanya densifikasi permukiman, infrastruktur, dan fasilitas menyebabkan terjadinya reklasifikasi dari kawasan perdesaan menjadi kawasan perkotaan. Adanya urbanisasi dapat menyebabkan perubahan penggunaan lahan di kawasan perkotaan seiring dengan berkembangnya aspek ekonomi, sosial, politik, teknologi, lingkungan, dan juga pertumbuhan penduduk secara alami. Hal ini dapat menjadikan berkembangnya kawasan perkotaan (Roberts, Sander, & Tiwari, 2019).

Contoh dari adanya perubahan lahan di kawasan perkotaan terjadi di Kabupaten Sukoharjo. Kawasan perkotaan di Kabupaten Sukoharjo menurut Peraturan Daerah Nomor 1 Tahun 2018 Kabupaten Sukoharjo meliputi Kecamatan Kartasura, Grogol dan Sukoharjo.

Menurut data dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Sukoharjo, dalam kurun waktu 4 tahun (2014-2018) terjadi peningkatan lahan bukan pertanian sebesar 89 hektar di Kecamatan Kartasura, Grogol, dan Sukoharjo. Peningkatan ini terjadi karena terjadinya perubahan lahan pertanian menjadi lahan bukan pertanian yang dipergunakan sebagai perumahan, perdagangan dan jasa, dan juga kawasan industri.

Perubahan lahan menjadi perumahan yang tidak terkendali dan tidak sesuai dengan rencana pola ruang yang sudah ditetapkan oleh pemerintah dapat menimbulkan berbagai permasalahan baru. Contoh dari permasalahan yang dapat terjadi yaitu meningkatnya kawasan kumuh, tingginya intensitas konversi lahan pertanian, serta dapat menimbulkan terjadinya berbagai macam bencana, seperti banjir. Permasalahan ini harus diatasi oleh pemerintah setempat untuk mewujudkan tatanan kota yang berkelanjutan.

Berdasarkan kondisi tersebut, maka perlu dilakukan pengamatan dinamika perubahan penggunaan lahan perumahan di Kecamatan Kartasura, Grogol dan Sukoharjo pada tahun 2009 hingga 2015. Pengamatan dilakukan dalam rentang waktu 6 tahun karena adanya perubahan penggunaan lahan yang selaras dengan peningkatan jumlah penduduk di kawasan perkotaan Kabupaten Sukoharjo. Penggunaan lahan diklasifikasikan sesuai dengan Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) tahun 2020-2039, dengan tujuan untuk mengetahui apakah perubahan yang terjadi sudah sesuai dengan rencana tata ruang yang berlaku. Selanjutnya dari hasil perubahan penggunaan lahan tersebut dapat dilakukan prediksi penggunaan lahan pada tahun 2021 dan 2033 dengan menggunakan metode *Artificial Neural Network Multi Layer Preceptron* (ANN-MLP).

Dengan adanya pemantauan dinamika penggunaan lahan perumahan di Kabupaten Sukoharjo, terkhususkan di Kecamatan Kartasura, Grogol dan Sukoharjo sebagai kecamatan yang diperuntukkan

sebagai kawasan perkotaan, diharapkan dapat mengendalikan perubahan penggunaan lahan yang cepat dan menciptakan tatanan kota yang berkelanjutan. Dengan adanya pemantauan secara berkala diharapkan dapat mengurangi permasalahan yang terjadi karena adanya perubahan lahan peruntukan pertanian menjadi zona perumahan. Melalui penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan bagi pemerintah maupun pengembang untuk melakukan pembangunan di Kabupaten Sukoharjo dengan tetap memperhatikan kemampuan lahan di kawasan tersebut.

### I.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perubahan penggunaan lahan tahun 2009 dan 2015 di Kecamatan Kartasura, Kecamatan Grogol, dan Kecamatan Sukoharjo?
2. Bagaimana hasil prediksi penggunaan lahan di Kecamatan Kartasura, Kecamatan Grogol, dan Kecamatan Sukoharjo tahun 2021 dan 2033 dengan menggunakan metode CA pendekatan ANN(MLP)?
3. Bagaimana hasil validasi pemodelan prediksi penggunaan lahan tahun 2021 dan tahun 2033?
4. Bagaimana perkembangan Zona Perumahan tahun 2009-2033 di Kecamatan Kartasura, Kecamatan Grogol, dan Kecamatan Sukoharjo?

### I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui perubahan penggunaan lahan tahun 2009 dan 2015 di Kecamatan Kartasura, Kecamatan Grogol, dan Kecamatan Sukoharjo.
2. Mengetahui hasil prediksi penggunaan lahan di Kecamatan Kartasura, Kecamatan Grogol, dan Kecamatan Sukoharjo tahun 2021 dan 2033 dengan menggunakan metode CA pendekatan ANN (MLP).
3. Mengetahui hasil validasi pemodelan prediksi penggunaan lahan tahun 2021 dan tahun 2033.
4. Mengetahui perkembangan Zona Perumahan tahun 2009-2033 di Kecamatan Kartasura, Kecamatan Grogol, dan Kecamatan Sukoharjo.

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Segi Keilmuan  
Dapat memperkaya pengetahuan terkait metode CA pendekatan ANN (MLP) sebagai metode dalam memprediksi penggunaan lahan dimasa depan dan selanjutnya dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya.
2. Segi Masyarakat  
Perubahan penggunaan lahan pertanian menjadi lahan terbangun terutama perumahan dapat lebih terkendali. Disamping itu, hasil penelitian dapat dijadikan sebagai pertimbangan bagi pemerintah untuk dapat melakukan pembangunan secara merata yang sesuai dengan rencana pola ruang.

### I.4 Batasan Masalah

Batasan permasalahan yang diambil dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Metode yang digunakan:
  - a. Mengklasifikasikan penggunaan lahan dengan cara digitasi *on screen*.
  - b. Pemodelan prediksi penggunaan lahan dibuat dengan menggunakan metode *Artificial Neural Network*.
  - c. Variabel yang digunakan sebagai faktor pendorong dalam prediksi penggunaan lahan adalah jumlah penduduk, jarak ke jaringan jalan, jarak ke jaringan sungai, jarak ke perumahan serta jarak ke kawasan industri.
  - d. Mengidentifikasi pola persebaran perumahan dengan menggunakan analisis tetangga terdekat.
2. Klasifikasi penggunaan lahan mengacu pada Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) Kecamatan Kartasura, Kecamatan Grogol dan Kecamatan Sukoharjo tahun 2020-2039.

## II. Tinjauan Pustaka

### II.1 Penggunaan Lahan dan Perubahan Penggunaan Lahan

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 7645-1:2014, yang dimaksud dengan penggunaan lahan adalah bentuk pemanfaatan atau fungsi dari perwujudan suatu bentuk penutup lahan. Klasifikasi penggunaan lahan mengacu pada Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) 2020-2039. Klasifikasi terbagi menjadi kawasan lindung (zona sempadan sungai dan zona ruang terbuka hijau) serta kawasan budidaya (zona kawasan industri, zona pariwisata, zona perdagangan dan jasa, zona perkantoran, zona pertahanan dan keamanan, zona pertanian, zona perumahan, zona sarana pelayanan umum, dan zona transportasi).

Perubahan penggunaan lahan mengacu pada dua hal yaitu terhadap penggunaan lahan sebelumnya dan terhadap rencana tata ruang. Perubahan yang mengacu pada penggunaan lahan sebelum dapat terjadi jika terdapat penggunaan baru pada lahan yang berbeda. Perubahan yang mengacu ke rencana tata ruang dapat terjadi jika penggunaan lahan tidak sesuai dengan RTRW (Sitorus S. R., 2017).

### II.2 Zona Perumahan

Perumahan adalah kumpulan rumah sebagai bagian dari Permukiman, baik perkotaan maupun perdesaan, yang dilengkapi dengan prasarana, sarana, dan utilitas umum sebagai hasil upaya pemenuhan rumah yang layak huni (PP Nomor 12 Tahun 2021).

#### II.2.1 Pola Persebaran Perumahan

Pola persebaran perumahan dapat diidentifikasi menggunakan metode *Average Nearest Neighbour Analysis*. Konsep dari metode ini adalah menggunakan titik dari lokasi suatu perumahan kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan beberapa faktor pendorong yang dapat mempengaruhi pola seperti jarak, jumlah titik, serta luasan wilayah.

Menurut Bintarto dan Surastopo Hadisumarno (1979) dalam (Rani, 2018), distribusi pola permukiman dapat dibedakan menjadi:

1. Pola Persebaran Mengelompok

Merupakan pola persebaran dimana titik tersebar secara merata dengan jarak antar lokasi relatif sama. Adapun nilai *z-score* kurang dari -2,58 sampai dengan -1,65.

2. Pola Persebaran Seragam

Merupakan pola persebaran dimana titik tersebar secara tidak merata dengan jarak antar lokasi tidak teratur. Adapun nilai *z-score* berda diantara 1,65 sampai lebih dari 2,58.

3. Pola Persebaran Acak

Merupakan pola persebaran dimana titik tersebar dengan jarak yang berdekatan. Adapun nilai *z-score* berda diantara -1,65 sampai dengan 1,65.

### II.3 Pemodelan Prediksi Penggunaan Lahan

#### II.3.1 Cellular Automata (CA)

*Cellular Automata* (CA) merupakan sebuah sistem dinamika diskrit atau dapat disebut sebagai ruang kosong, dimana pada ruang tersebut akan dibagi menjadi sebuah bentuk spasial yang teratur dan waktu pemrosesan dalam fase yang berbeda. CA memiliki lima komponen yaitu sel, kondisi, ketetanggaan, aturan transisi, dan waktu (Wolfram, 1994).

Dalam kaitannya dengan identifikasi perubahan penggunaan lahan, CA dapat mengontrol pola perubahan spasial dengan mengetahui pola perubahannya. Konsep pemodelan perubahan penggunaan lahan dengan metode CA adalah setiap bagian akan terbagi kedalam ruang sel, dimana setiap sel akan berkembang seiring perubahan waktu. Perubahan penggunaan lahan nantinya dapat diprediksi dengan menggunakan beberapa faktor pendorong yang digunakan.

#### II.3.2 Artificial Neural Network (ANN)

ANN atau *Neural Network* merupakan komputasi (model matematika) yang terinspirasi dari struktur jaringan saraf biologis di otak yang tersusun dari neuron buatan yang saling terhubung. Keuntungan dari ANN adalah kemampuan untuk mempelajari dan melakukan generalisasi data dan pemrosesan informasi cepat. Dengan menggunakan ANN, suatu objek dapat dikenali melalui sistem pembelajaran sebagai referensi pengenalan objek. Metode pengenalan dengan menggunakan sistem pembelajaran disebut sebagai metode terbimbing. (Suzuki, 2013).

### II.4 Koreksi Geometrik

Konsep dari koreksi geometrik adalah membandingkan posisi di permukaan bumi dengan posisinya pada citra. (Muhsoni, 2002). Koreksi geometrik dilakukan dengan menggunakan metode *image to map rectification* dan *image to image rectification* (Jensen, 2005).

Uji ketelitian hasil koreksi geometrik dilakukan dengan menggunakan Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 sebagai acuan. Menghitung *Circular Error* 90% (CE 90%) dari nilai RMSE yang sudah diperoleh dari koreksi geometrik citra dengan menggunakan rumus:

$$CE_{90\%} = 1,5175 \times RMSE_r \dots \dots \dots (1)$$

### II.5 Matriks Konfusi

Matriks konfusi atau *confusion matrix* digunakan untuk penentuan akurasi hasil klasifikasi. Matriks ini

melakukan perhitungan akurasi dengan melakukan komparasi setiap kategori atau kelas dari hasil klasifikasi dan data di lapangan (Lillesand, Kiefer, & Chipman, 2004).

Menurut Short (1982) dalam (Muhsoni, 2002), suatu proses interpretasi dikatakan benar apabila besar nilai *overall accuracy* matriks konfusi lebih dari sama dengan 80%. Perhitungan *overall accuracy* adalah sebagai berikut:

$$\text{Overall Accuracy} : \frac{\sum_{i=1}^k X_{ii}}{N} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

**III. Metodologi Penelitian**

**III.1 Alat dan Data Penelitian**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

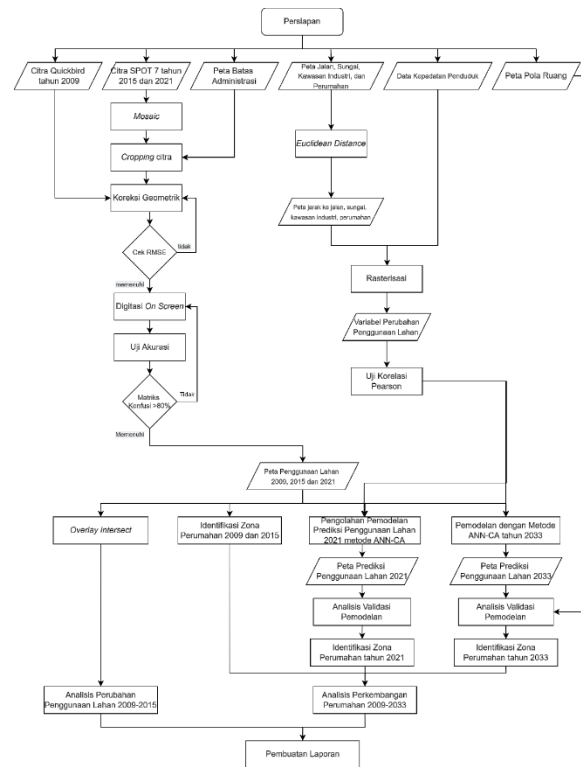
1. Perangkat Keras
  - a. Laptop Asus VivoBook A442U Intel(R) Core i7-7500U (up to 3,5 GHz), untuk melakukan pengolahan data dan pembuatan laporan;
  - b. GPS *Handheld* Garmin 78s, sebagai validasi lapangan;
  - c. *Smartphone*, sebagai dokumentasi validasi lapangan.
2. Perangkat Lunak
  - a. ArcGIS 10.6 untuk melakukan mozaik citra, *cropping* citra, *pan sharpening* citra, koreksi geometrik, digitasi penggunaan lahan, pengecekan topologi, *overlay*, dan pengolahan pola persebaran perumahan;
  - b. QGIS 2.18.10 dengan *plugins* MOLUSCE untuk membuat prediksi penggunaan lahan;
  - c. Microsoft Office 2016 untuk pembuatan laporan.

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Citra Quickbird tahun 2009 dari BAPPELBANGDA Kab. Sukoharjo.
2. Citra SPOT-7 Tahun 2015 dan 2021 dari LAPAN.
3. Peta Administrasi, Peta Jaringan Jalan, Peta Jaringan Sungai, dan Peta Rencana Pola Ruang Kab. Sukoharjo dari Dinas PUPR Kab. Sukoharjo.
4. Data Kepadatan Penduduk tahun 2021 Kab. Sukoharjo dari BPS Kab. Sukoharjo.

**III.2 Diagram Alir Penelitian**

Diagram alir pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1** Diagram Alir Penelitian

**III.3 Tahap Pra Pengolahan Citra**

Tahapan pra pengolahan citra meliputi:

1. *Mosaic* citra untuk menggabungkan beberapa citra yang telah terektifikasi pada tahun perekaman sama.
2. *Cropping* citra untuk pemotongan sesuai wilayah administrasi.
3. *Pan sharpening* citra yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas supaya dapat memperoleh informasi citra secara lebih baik.
4. Koreksi geometrik yang dilakukan dengan menggunakan titik kontrol tanah atau dapat disebut sebagai titik GCP (*Groud Control Point*). Luas wilayah penelitian sebesar 100,116 km<sup>2</sup>, maka titik GCP yang diperlukan sebanyak 12.

**III.4 Tahapan Pengolahan Data**

Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS untuk digitasi *on screen* penggunaan lahan Kecamatan Kartasura, Kecamatan Grogol, dan Kecamatan Sukoharjo tahun 2009, 2015, dan 2021. Kemudian dilakukan analisis *overlay intersect* untuk mengetahui perubahan lahan. Guna memastikan bahwa hasil digitasi memiliki kualitas yang baik, dilakukan pengecekan topologi serta perhitungan matriks konfusi. Disamping itu dilakukan pula penentuan pola persebaran perumahan. Perangkat lunak QGIS digunakan untuk pengolahan prediksi penggunaan lahan.

**III.4.1 Pembuatan Prediksi Penggunaan Lahan**

Pembuatan prediksi penggunaan lahan tahun 2021 dan 2033 dilakukan dengan menggunakan *plugins* MOLUSCE pada perangkat lunak QGIS 2.18. Secara umum, tahapan pengolahan meliputi:



1. *Inputs*, guna memasukkan semua data yang diperlukan untuk pengolahan.
2. *Evaluating Correlation*, untuk menghitung korelasi dari setiap faktor pendorong yang digunakan.
3. *Area Changes*, untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan.
4. *Transition Potential Modeling*, untuk memperoleh model untuk prediksi perubahan penggunaan lahan dengan menggunakan *Artificial Neural Network*.
5. *Cellular Automata Simulations*, untuk pembuatan peta prediksi penggunaan lahan dengan menggunakan metode *Cellular Automata (CA)*.
6. *Validation*, untuk mengetahui tingkat kebenaran hasil prediksi penggunaan lahan dengan penggunaan lahan secara nyata.

**III.4.2 Kesesuaian Pemodelan Prediksi terhadap RDTR**

Kesesuaian peta prediksi penggunaan lahan pada tahun 2033 terhadap Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) tahun 2020-2039 diperoleh dengan menggunakan metode *overlay* secara *identity*.

**IV. Hasil dan Pembahasan**

**IV.1 Analisis Koreksi Geometrik**

Koreksi geometrik dilakukan dengan menggunakan metode *image to image*, dengan *base image* Citra Quickbird tahun 2009.

RMSE yang diperoleh dari koreksi geometrik citra SPOT 7 tahun 2015 terhadap Citra Quickbird tahun 2009 sebesar 0,730858 piksel. Nilai CE 90% dari citra SPOT 7 tahun 2015, yaitu sebesar 1,663615523 meter.

RMSE yang diperoleh dari koreksi geometrik citra SPOT 7 tahun 2021 terhadap Citra Quickbird tahun 2009 sebesar 0,77937 piksel. Nilai CE 90% dari citra SPOT 7 tahun 2021, yaitu sebesar 1,774047791 meter.

Nilai RSME selanjutnya digunakan dalam perhitungan ketelitian geometrik horizontal. **Tabel 1** merupakan tabel ketelitian peta dasar untuk skala 1:5.000.

**Tabel 1** Ketelitian Horizontal Peta

Citra	Ketelitian Peta Skala 1:5.000		
	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
SPOT-7 Tahun 2015	1,5	3	4,5
SPOT-7 Tahun 2021	1,5	3	4,5

Berdasar **Tabel 1**, diketahui Citra SPOT 7 tahun 2015 dan 2021 sudah memenuhi ketelitian horizontal peta RBI kelas 2 untuk peta skala 1:5.000 karena nilainya yang kurang dari 3 meter.

**IV.2 Hasil Penggunaan Lahan**

**Tabel 2** Luas Penggunaan Lahan

Penggunaan Lahan	Luas Tahun 2009 (Ha)	Luas Tahun 2015 (Ha)
Kawasan Industri	325,007	416,995
Perdagangan dan Jasa	302,230	326,132
Perkantoran	29,311	30,660

Penggunaan Lahan	Luas Tahun 2009 (Ha)	Luas Tahun 2015 (Ha)
Pariwisata	10,275	10,275
Transportasi	6,983	6,983
Pertahanan dan Keamanan	78,160	78,160
Ruang Terbuka Hijau	107,458	107,985
Sarana Pelayanan Umum	110,070	112,538
Sempadan Sungai	371,490	371,490
Perumahan	3551,002	3679,861
Pertanian	5017,793	4768,700
<b>Total</b>	<b>9909,779</b>	<b>9909,779</b>

Penggunaan lahan tahun 2009 didominasi oleh kelas Pertanian dengan luas sebesar 5017,793 Ha dari total 9909,779 Ha. Disamping itu, kelas Perumahan juga turut mendominasi penggunaan lahan dengan luas 3551,002 Ha. Diketahui pula bahwa Kelas Transportasi memiliki luasan terkecil, sebesar 6,983 Ha.

Penggunaan lahan pada tahun 2015 masih didominasi oleh kelas Pertanian dengan luasnya 4768,700 Ha dari total keseluruhan penggunaan lahan seluas 9909,779 Ha. Kelas Perumahan juga turut mendominasi penggunaan lahan dengan luasnya sebesar 3679,861 Ha.

**IV.3 Perubahan Penggunaan Lahan**

Berdasarkan luas penggunaan lahan yang disajikan pada **Tabel 2**, maka dapat dihitung besar perubahan penggunaan lahan dari tahun 2009-2015.

**Tabel 3** Perubahan Penggunaan Lahan 2009-2015

Penggunaan Lahan	Penggunaan Lahan (Ha)		Perubahan (Ha)
	2009	2015	
Kawasan Industri	325,007	416,995	91,988
Perdagangan dan Jasa	302,230	326,132	23,902
Perkantoran	29,311	30,660	1,349
Pariwisata	10,275	10,275	0,000
Transportasi	6,983	6,983	0,000
Pertahanan dan Keamanan	78,160	78,160	0,000
Ruang Terbuka Hijau	107,458	107,985	0,527
Sarana Pelayanan Umum	110,070	112,538	2,468
Sempadan Sungai	371,490	371,490	0,000
Perumahan	3551,002	3679,861	128,859
Pertanian	5017,793	4768,700	-249,093
<b>Total</b>	<b>9909,779</b>	<b>9909,779</b>	

Berdasar **Tabel 3**, Kelas Pertanian dari tahun 2009-2015 terjadi penurunan sebesar 249,093 Ha. Kelas Pertanian ini banyak yang dialih fungsikan menjadi lahan terbangun seperti contohnya kelas Kawasan Industri, Perdagangan dan Jasa, Perkantoran, Sarana Pelayanan Umum, dan Perumahan. Kelas Perumahan menunjukkan peningkatan yang besar

berdasarkan luas perubahannya jika dibandingkan dengan penggunaan lahan yang lain, yaitu sebesar 128,859 Ha. Kawasan Industri juga banyak terjadi dan merupakan peningkatan terbesar kedua jika dilihat dari luas perubahannya, yaitu sebesar 91,988 Ha.

**IV.4 Hasil dan Analisis Pemodelan Prediksi Penggunaan Lahan**

**IV.4.1 Input Model**

Digunakan data penggunaan lahan tahun 2009 sebagai data initial atau  $t_0$  dan data tahun 2015 sebagai data final atau  $t_1$ . Data lain yang diperlukan pada tahapan ini adalah data variabel faktor pendorong, yang terdiri dari jarak dari jaringan jalan, jarak dari sungai, jarak dari perumahan, jarak dari kawasan industri dan kepadatan penduduk.

**IV.4.2 Evaluating Correlation**

**Tabel 4 Evaluating Correlation**

	Sungai	Industri	Perumahan	Jalan	Kepadatan
Sungai	-	0,356	0,029	0,016	-0,245
Industri		-	0,064	0,11	-0,2300
Perumahan			-	0,687	-0,211
Jalan				-	-0,208
Kepadatan					-

Menurut **Tabel 4**, dapat diketahui bahwa faktor pendorong yang paling berpengaruh terhadap perubahan penggunaan lahan adalah perumahan dan jalan dengan nilai korelasi sebesar 0,68679. Nilai korelasi antara jarak dari sungai dan jarak dari kawasan industri sebesar 0,35623, Faktor pendorong lain yang juga memberikan pengaruh terhadap perubahan penggunaan lahan adalah antara kawasan industri dan jalan dengan nilai korelasi 0,11077. Nilai korelasi antara kepadatan penduduk dengan sungai, kawasan industri, perumahan dan jalan memberikan nilai yang negatif. Apabila ditinjau dari perubahan penggunaan lahan, maka kecil kemungkinan untuk terjadi perubahan walaupun permintaan terkait ketersediaan lahan semakin meningkat karena tingginya tingkat kepadatan penduduk.

**IV.4.3 Area Changes**

Pada tahapan ini diperoleh tabel selisih penggunaan lahan dari dua titik tahun yang digunakan sebagai data initial dan data final.

**Tabel 5 Hasil Area Changes**

Penggunaan Lahan	Luas Tahun 2009 (Ha)	Luas Tahun 2015 (Ha)	Selisih
Zona Sempadan Sungai	370,94	370,19	-0,75
Zona Ruang Terbuka Hijau	107,65	107,82	0,17
Zona Kawasan Industri	325,53	416,55	92,02
Zona Pariwisata	10,22	10,22	0
Zona Perdagangan dan Jasa	302,20	326,65	24,27
Zona Perkantoran	29,22	30,29	1,07
Zona Pertahanan dan Keamanan	78,19	78,16	-0,03
Zona Pertanian	5016,28	4768,57	-247,71
Zona Perumahan	3552,19	3681,18	129,68
Zona Sarana Pelayanan Umum	110,16	112,18	2,02
Zona Transportasi	6,93	6,92	-0,01
Badan Air / Sungai	65,55	64,65	-0,90

Penggunaan Lahan	Luas Tahun 2009 (Ha)	Luas Tahun 2015 (Ha)	Selisih
Jaringan Jalan	35,85	36,02	0,17

**IV.4.4 Transition Potentional Modeling**

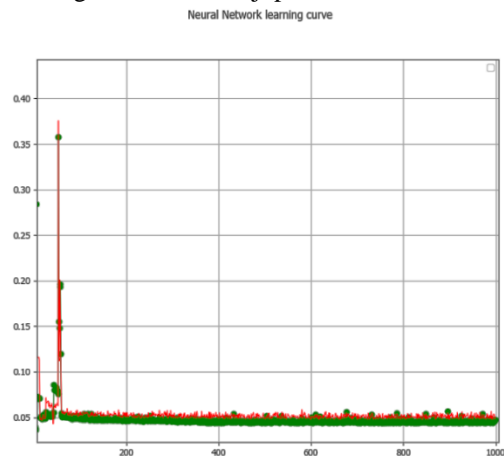
Topologi jaringan dengan menggunakan model ANN-MLP yang dihasilkan pada penelitian ini adalah 6-3-13, yaitu 6 nodes input layer (meliputi perubahan penggunaan lahan, data jarak dari jaringan jalan, data jarak dari sungai, data jarak dari perumahan, data jarak dari kawasan industri, dan kepadatan penduduk), 3 nodes hidden layer, dan 13 nodes output layer (meliputi kelas penggunaan lahan, yang terdiri dari kelas Perumahan, Perdagangan dan Jasa, Pertahanan dan Keamanan, Kawasan Industri, Sarana Pelayanan Umum, Perkantoran, Pariwisata, Transportasi, Ruang Terbuka Hijau, Pertanian, Sempadan Sungai, Sungai, dan Jalan).

Parameter yang digunakan serta hasil pemodelan dengan menggunakan metode ANN tersaji pada **Tabel 6**.

**Tabel 6 Parameter Pemodelan ANN**

Neighbourhood	1 px
Learning Rate	0,010
Maximum Iteration	1000
Hidden Layer	3
Momentum	0,50
Overall Accuracy	-0,02073
Min. Validation overall Error	0,02964
Current Validation Kappa	0,20818

Berdasar **Tabel 6**, diketahui bahwa nilai error dari proses pembelajaran sebesar 0,20818 dengan pengulangan sebanyak 1000 kali. Hubungan jumlah iterasi dengan akurasi tersaji pada **Gambar 2**.



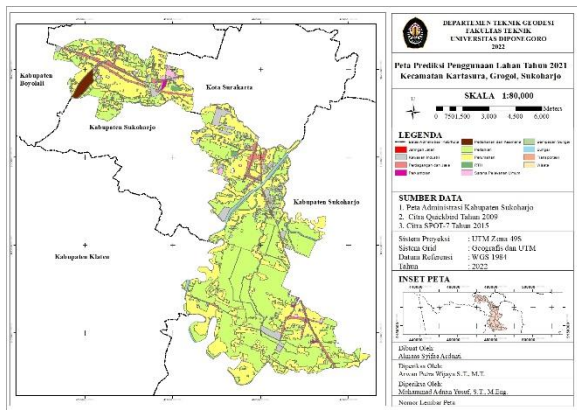
**Gambar 2 Neural Network Learning Curve**

**IV.4.5 Cellular Automata Simulations**

Tahap Cellular Automata Simulation menghasilkan peta prediksi penggunaan lahan sesuai tahun yang ingin dilakukan prediksi. Dalam penelitian dilakukan prediksi penggunaan lahan tahun 2021 dan 2033.

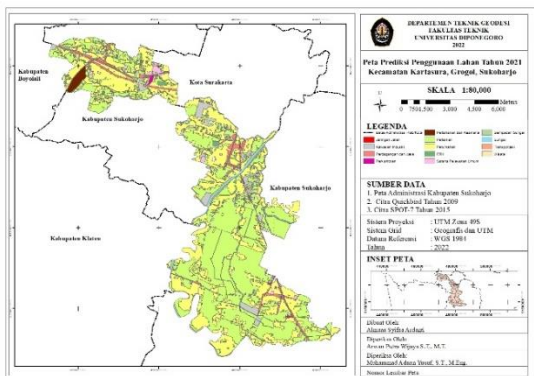
Simulasi CA akan menerapkan sistem iterasi untuk menentukan panjang tahun untuk melakukan prediksi penggunaan lahan. Panjang waktu yang digunakan dalam pengolahan menggunakan MOLUSCE adalah setengah dari panjang tahun

penggunaan lahan awal ( $t_0$ ) dan waktu penggunaan lahan akhir ( $t_1$ ). Penelitian yang dilakukan menggunakan penggunaan lahan tahun 2009 sebagai  $t_0$  dan penggunaan lahan tahun 2015 sebagai  $t_1$ .



**Gambar 3** Prediksi Penggunaan Lahan 2021

Prediksi penggunaan lahan tahun 2021 didominasi oleh lahan pertanian, yaitu seluas 4746,006 Ha atau 47,892%. Zona Perumahan diprediksi sebesar 3694,539 Ha atau 37,282%, Kawasan Industri sebesar 416,347 Ha atau 4,201%, Perdagangan dan Jasa seluas 350,165 Ha atau 3,534%, Perkantoran seluas 30,282 Ha atau 0,306%, Pariwisata seluas 10,220 Ha atau 0,103%, Transportasi seluas 6,920 Ha atau 0,070%, Pertahanan dan Keamanan seluas 78,16 Ha atau 0,789%, serta Sarana Pelayanan Umum seluas 112,083 Ha atau 1,131%. Kemudian penggunaan lahan untuk Ruang Terbuka Hijau diprediksi seluas 106,340 Ha atau 1,073% dan Sempadan Sungai 358,716 Ha atau 3,620%.



**Gambar 4** Prediksi Penggunaan Lahan 2033

Peta prediksi penggunaan lahan tahun 2033 masih didominasi oleh lahan pertanian, yaitu seluas 4547,472 Ha atau 45,889%. Zona Perumahan diprediksikan mencapai 3914,173 Ha atau 39,498%, Kawasan Industri sebesar 415,831 Ha atau 4,196%, Perdagangan dan Jasa seluas 323,832 Ha atau 3,268%, Perkantoran seluas 29,515 Ha atau 0,298%, Pariwisata seluas 10,197 Ha atau 0,103%, Transportasi seluas 6,895 Ha atau 0,070%, Pertahanan dan Keamanan seluas 77,703 Ha atau 0,784%, serta Sarana Pelayanan Umum seluas 110,251 Ha atau 1,113%. Kemudian penggunaan lahan untuk Ruang Terbuka Hijau

diprediksi seluas 106,487 Ha atau 1,075% dan Sempadan Sungai 367,423 Ha atau 3,708%.

**IV.5 Validasi Prediksi Penggunaan Lahan Tahun 2021**

**IV.5.1 Penggunaan Lahan Tahun 2021**

**Tabel 7** Penggunaan Lahan Tahun 2021

Penggunaan Lahan	Luas Tahun 2021 (Ha)
Kawasan Industri	532,529
Perdagangan dan Jasa	356,448
Perkantoran	77,642
Pariwisata	10,275
Transportasi	6,983
Pertahanan dan Keamanan	78,16
Ruang Terbuka Hijau	107,719
Sarana Pelayanan Umum	124,216
Sempadan Sungai	371,926
Perumahan	3900,88
Pertanian	4343,001
<b>Total</b>	<b>9909,779</b>

Kelas Pertanian di tahun 2021 tetap menjadi klasifikasi penggunaan lahan yang paling dominan di wilayah penelitian, dengan luas sebesar 4343,001 Ha dari total 9909,781 Ha. Kelas Perumahan juga mendominasi penggunaan lahan di tahun 2021 yaitu seluas 3900,88 Ha.

**IV.5.2 Matriks Konfusi**

Hasil digitasi *on screen* tentunya perlu dipastikan kebenarannya, apakah sesuai dengan kondisi di lapangan secara nyata. Metode pengujian yang dapat digunakan dalam mengetahui akurasi dari klasifikasi yang telah digunakan melalui matriks konfusi. Perhitungan matriks konfusi dilakukan dengan menggunakan titik sampel. Penentuan titik sampel total dilakukan berdasar rumus Taro Yamene dan Slovin, yaitu sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{N \times d^2 + 1} \dots \dots \dots (5)$$

Titik sampel yang digunakan pada penelitian sejumlah 84 titik. Berdasar hasil dari perhitungan matriks konfusi, diperoleh bahwa terdapat 3 titik sampel yang salah, sehingga nilai *overall accuracy* sebesar 96,429 %.

**IV.5.3 Validasi Prediksi Penggunaan Lahan Tahun 2021**

Proses validasi menggunakan metode *kappa* dilakukan untuk hasil pemodelan prediksi penggunaan lahan pada tahun 2021. Peta referensi yang digunakan sebagai validasi adalah penggunaan lahan eksisting tahun 2021.

**Tabel 8** Hasil Validasi

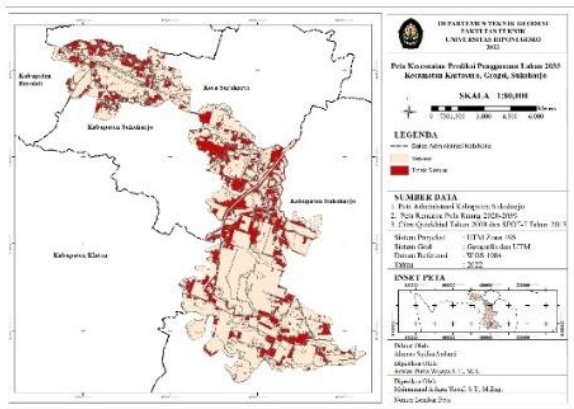
% of Correctness	95,801
Kappa (overall)	0,935
Kappa (histo)	0,941
Kappa (loc)	0,994



Berdasar **Tabel 10**, hasil validasi dari pemodelan prediksi penggunaan lahan tahun 2021 menunjukkan nilai *overall Kappa* yang diperoleh sebesar 0,935. Nilai ini menunjukkan bahwa pemodelan tergolong mempunyai kesepakatan atau kemiripan yang sangat baik terhadap kondisi eksisting penggunaan lahan tahun 2021.

**IV.5.4 Validasi Prediksi Penggunaan lahan Tahun 2033**

Validasi untuk prediksi penggunaan lahan tahun 2033 dilakukan dengan melakukan analisis kesesuaiannya terhadap Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) Kecamatan Kartasura, Kecamatan Grogol, dan Kecamatan Sukoharjo Tahun 2020-2039. Analisis kesesuaian bertujuan untuk mengetahui tingkat kebenaran dari posisi geometrik hasil pemodelan prediksi. Tingkat kesesuaian prediksi penggunaan lahan 2033 sebesar 7408,076 Ha atau 74,755%. Sedangkan ketidaksesuaian prediksi penggunaan lahan tahun 2033 terhadap Rencana Detail Tata Ruang 2020-2039 adalah sebesar 2501,723 Ha atau 25,245%.



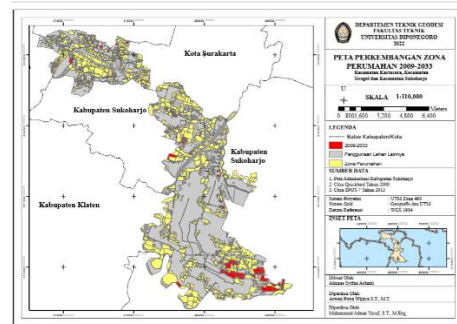
**Gambar 5** Peta Kesesuaian Penggunaan Lahan Terhadap RDTR

**IV.6 Analisis Perkembangan Zona Perumahan Tahun 2009-2033**

**Tabel 9** Perkembangan Zona Perumahan

Kec.	Penggunaan Lahan Eksisting (Ha)		Prediksi Penggunaan Lahan (Ha)		2009-2033 (Ha)
	2009	2015	2021	2033	
Kartasura	934,179	995,501	1006,206	1014,432	80,253
Grogol	1120,596	1169,772	1169,547	1182,309	61,713
Sukoharjo	1496,227	1514,590	1518,785	1717,432	220,205
<b>Total</b>	<b>3551,002</b>	<b>3679,861</b>	<b>3694,539</b>	<b>3914,173</b>	<b>362,171</b>

Berdasarkan **Tabel 9**, diketahui bahwa perkembangan Zona Perumahan dari tahun 2009 hingga tahun 2033 secara keseluruhan sebesar 362,171 Ha. Penggunaan lahan untuk Zona Perumahan pada tahun 2009 sebesar 3551,002 Ha, tahun 2015 sebesar 3679,861 Ha, tahun 2021 sebesar 3699,619 Ha, dan tahun 2033 sebesar 2913,173 Ha.



**Gambar 6** Peta Perkembangan Zona Perumahan

**IV.7 Pola Persebaran Perumahan**

Guna mengetahui pola persebaran perumahan, digunakan analisis tertangga terdekat karena metode ini mudah untuk diterapkan dan juga merupakan cara yang kompleks. Metode yang digunakan adalah Average Nearest Neighbor yang tersedia pada perangkat lunak ArcGIS. Pola persebaran perumahan untuk tahun 2009-2033 tersaji pada **Tabel 10**.

**Tabel 10** Pola Persebaran

Tahun	z-score	Pola Persebaran
2009	1,386	Acak
2015	-0,694	Acak
2021	0,002	Acak
2033	-3,736	Mengelompok

Penentuan pola persebaran ini berdasarkan nilai z-score. Adapun nilai z-score tahun 2009 sebesar 1,386, 2015 sebesar -0,694, 2021 sebesar 0,002 dan tahun 2033 sebesar -3,736. Pola persebaran perumahan tahun 2009, 2015, serta 2021 berupa acak. Hal ini karena nilai z-score berada pada rentang -1,65 hingga 1,65. Nilai z-score untuk pola persebaran perumahan tahun 2009, 2015, dan 2021 berada pada daerah penerimaan Ho, dimana Ho adalah perumahan tersebar secara acak. Pola persebaran perumahan pada tahun 2033 adalah mengelompok, karena nilai z-score lebih kecil dari -1,65. Nilai z-score ini berada pada daerah penolakan Ho, sehingga dapat disimpulkan bahwa pola perumahan tidak tersebar secara acak, melainkan mengelompok. Pada rentang tahun 2009-2033, pola persebaran perumahan mengalami perkembangan, yaitu tersebar secara acak kemudian berkembang menjadi tersebar secara mengelompok.

**V. Penutup**

**V.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dan uraian pembahasan penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perubahan penggunaan lahan dari tahun 2009-2015 pada Zona Pertanian terjadi penurunan sebesar 249,093 Ha atau sebesar 4,964%. Kelas Pertanian ini banyak yang dialih fungsikan menjadi lahan terbangun. Peningkatan pada Zona Perumahan sebesar 128,859 Ha atau 3,629%, Kawasan Industri sebesar 91,988 Ha atau 28,303%, Perdagangan dan Jasa sebesar 23,902 Ha atau 7,909%, Perkantoran sebesar 1,349 Ha atau 4,602%. Ruang Terbuka Hijau juga mengalami perubahan sebesar 0,527 Ha



atau 0,490%. Zona Pariwisata, Transportasi, Pertahanan dan Keamanan, serta Sempadan Sungai tidak mengalami perubahan luas.

2. Prediksi penggunaan lahan tahun 2021 didominasi oleh lahan pertanian, yaitu seluas 4746,006 Ha atau 47,892%. Zona Perumahan diprediksi sebesar 3694,539 Ha atau 37,282%, Kawasan Industri sebesar 416,347 Ha atau 4,201%, Perdagangan dan Jasa seluas 350,165 Ha atau 3,534%, Perkantoran seluas 30,282 Ha atau 0,306%, Pariwisata seluas 10,220 Ha atau 0,103%, Transportasi seluas 6,920 Ha atau 0,070%, Pertahanan dan Keamanan seluas 78,16 Ha atau 0,789%, serta Sarana Pelayanan Umum seluas 112,083 Ha atau 1,131%. Kemudian penggunaan lahan untuk Ruang Terbuka Hijau diprediksi seluas 106,340 Ha atau 1,073% dan Sempadan Sungai 358,716 Ha atau 3,620%. Sedangkan prediksi penggunaan lahan tahun 2033 masih didominasi oleh lahan pertanian, yaitu seluas 4547,472 Ha atau 45,889%. Zona Perumahan diprediksikan mencapai 3914,173 Ha atau 39,498%, Kawasan Industri sebesar 415,831 Ha atau 4,196%, Perdagangan dan Jasa seluas 323,832 Ha atau 3,268%, Perkantoran seluas 29,515 Ha atau 0,298%, Pariwisata seluas 10,197 Ha atau 0,103%, Transportasi seluas 6,895 Ha atau 0,070%, Pertahanan dan Keamanan seluas 77,703 Ha atau 0,784%, serta Sarana Pelayanan Umum seluas 110,251 Ha atau 1,113%. Kemudian penggunaan lahan untuk Ruang Terbuka Hijau diprediksi seluas 106,487 Ha atau 1,075% dan Sempadan Sungai 367,423 Ha atau 3,708%.
3. Hasil validasi proyeksi dari pemodelan prediksi penggunaan lahan tahun 2021 jika dibandingkan dengan lahan eksisting menunjukkan nilai overall Kappa sebesar 0,935. Nilai ini menunjukkan bahwa pemodelan tergolong mempunyai kesepakatan atau kemiripan yang sangat baik terhadap kondisi eksisting penggunaan lahan tahun 2021. Hasil validasi kesesuaian prediksi penggunaan lahan tahun 2033 terhadap Rencana Detail Tata Ruang 2020-2039 menunjukkan angka sebesar 7408,076 Ha atau 74,755%. Ketidaksesuaian sebesar 2501,723 Ha atau 25,245%. Batas poligon antara prediksi penggunaan lahan yang berbeda dengan batas poligon dari Rencana Detail Tata Ruang 2020-2039 dapat menyebabkan terindikasi sebagai lahan yang tidak sesuai dalam proses overlay untuk identifikasi kesesuaian lahan.
4. Perkembangan Zona Perumahan di Kecamatan Kartasura, Kecamatan Grogol dan Kecamatan Sukoharjo dari tahun 2009 hingga tahun 2033 secara keseluruhan sebesar 363,171 Ha. Penggunaan lahan untuk Zona Perumahan pada tahun 2009 sebesar 3551,002 Ha, tahun 2015 sebesar 3679,861 Ha, tahun 2021 sebesar

3694,539 Ha, dan tahun 2033 sebesar 3914,173 Ha.

## V.2 Saran

Dari penelitian yang telah di laksanakan. Terdapat beberapa saran yang dapat diperhatikan untuk penelitian selanjutnya, agar penelitian mendatang dapat terlaksana dengan baik.

1. Memastikan ketersediaan data *shapefile* Rencana Detail Tata Ruang sebelum melakukan penelitian karena terdapat beberapa instansi yang tidak dapat memberikan data tersebut.
2. Sebaiknya menggunakan citra resolusi sangat tinggi supaya dapat memudahkan melakukan digitasi secara manual untuk dapat memperoleh informasi penggunaan lahan secara detail.
3. Menggunakan data dengan jangka waktu yang lebih lama supaya bisa mendapatkan perubahan yang besar untuk pengolahan prediksi penggunaan lahan.
4. Memperhatikan kembali proses konversi dari data raster menjadi data vektor dari hasil prediksi penggunaan lahan karena menyebabkan batas-batas poligon tidak rapi dan berdampak kepada hasil analisis *overlay* untuk mengetahui tingkat kesesuaian terhadap Rencana Detail Tata Ruang (RDTR).

## DAFTAR PUSTAKA

- Jensen. (2005). *Remote Sensing of the Evironment: At Earth Resource Perspectige* . Englewood Cliffs, N.J.: : Prentice Hall.
- Lillesand, Kiefer, R. W., & Chipman, a. J. (2004). *Remote Sensing and Image Interpretation. Fifth Edition*. New York: John Wiley and Sons.
- Muhsoni, F. (2002). *Penginderaan jauh*. Madura: UTM PRESS.
- Rani, S. R. (2018). *Analisis Daerah Permukiman di Kecamatan Pringsewu Kabupaten Pringsewu Thun 2010-2017*. Lampung.
- Roberts, M., Sander, F., & Tiwari, S. (2019). *Time to ACT: Realizing Indonesia's Urban Potential*. Washington: World Bank Publications,.
- Sitorus, S. R. (2017). *Perencanaan penggunaan lahan*. Bogor: IPB Press.
- Suzuki, K. (2013). *Artificial Neural Networks – Architectures And Applications*. USA: InTech.
- Wolfram, S. (1994). *Cellular Automata and Complexity*. USA: Westview Press.