

**ANALISIS DAYA DUKUNG LAHAN DAN POLA SPASIAL  
PERMUKIMAN DI KOTA METRO MENGGUNAKAN  
TEKNIK PENGINDERAAN JAUH**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**BELLA RAHMALIA  
NPM 2015071010**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## **ABSTRAK**

### **ANALISIS DAYA DUKUNG LAHAN DAN POLA SPASIAL PERMUKIMAN DI KOTA METRO MENGGUNAKAN TEKNIK PENGINDERAAN JAUH**

**Oleh:**

**BELLA RAHMALIA**

Permukiman adalah jenis lingkungan hunian yang terdiri dari lebih dari satu-satuan perumahan yang memiliki prasarana, sarana, dan utilitas umum serta penunjang kegiatan fungsi lain di daerah perkotaan atau perdesaan. Permukiman akan terus berkembang yang kemudian akan berpengaruh pada pola permukiman yang ada. Tujuan dari penelitian ini adalah: 1) menganalisis pola persebaran, 2) menghitung daya dukung permukiman, 3) memprediksi penggunaan lahan tahun 2037 dengan model *Cellular Automata* dan *Artificial Neural Network*.

Metodologi penelitian yang dilakukan yaitu pengumpulan data, pengolahan data meliputi pemotongan citra, koreksi geometrik, penentuan pola sebaran permukiman, menghitung daya dukung permukiman dan prediksi penggunaan lahan serta analisis. Data yang digunakan untuk pengolahan berupa citra SPOT tahun 2013, 2018 dan 2022, dan data variabel pendukung berupa data spasial jaringan jalan, sungai, permukiman dan kemiringan lereng.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan: 1) pola persebaran permukiman Kota Metro pada ketiga tahun berpola mengelompok, 2) hasil perhitungan daya dukung menunjukkan tingkat daya dukung lahan permukiman tinggi yang artinya Kota Metro masih mampu menampung penduduk untuk bermukim, 3) prediksi penggunaan lahan permukiman Kota Metro tahun 2037 mengalami peningkatan sebesar 2.637,45 Ha dari hasil eksisting pada tahun 2022 dengan persentase perubahan sebesar 48,71%. Tahun 2037 memiliki luasan permukiman paling luas dibandingkan tahun lainnya.

**Kata Kunci:** *Artificial Neural Network*, *Cellular Automata*, Penggunaan lahan

## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF LAND CARRYING CAPACITY AND SPATIAL PATTERN SETTLEMENTS IN METRO CITY USING REMOTE SENSING TECHNIQUES**

**By**

**BELLA RAHMALIA**

Settlement is a type of residential environment consisting of more than one housing unit that has infrastructure, facilities, and public utilities as well as supporting other functional activities in urban or rural areas. Settlements will continue to develop which will then affect the existing settlement pattern. The objectives of this study are: 1) analyze the distribution pattern, 2) calculate the carrying capacity of settlements, 3) predict land use in 2037 with Cellular Automata and Artificial Neural Network models. The research methodology carried out is data collection, data processing including image cropping, geometric correction, determining settlement distribution patterns, calculating settlement carrying capacity and predicting land use and analysis. The data used for processing are SPOT images in 2013, 2018 and 2022, and supporting variable data in the form of spatial data on road networks, rivers, settlements and slopes. The results of this study show: 1) the distribution pattern of Metro City settlements in the three years is clustered, 2) the results of the calculation of carrying capacity show a high level of carrying capacity of settlement land which means that Metro City is still able to accommodate residents to settle, 3) the prediction of Metro City settlement land use in 2037 has increased by 2,637.45 Ha from the existing results in 2022 with a percentage change of 48.71%. The year 2037 has the largest settlement area compared to other years.

Keywords: Artificial Neural Network, Cellular Automata, Land use

**ANALISIS DAYA DUKUNG LAHAN DAN POLA SPASIAL  
PERMUKIMAN DI KOTA METRO MENGGUNAKAN  
TEKNIK PENGINDERAAN JAUH**

**Oleh**

**BELLA RAHMALIA  
NPM 2015071010**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

Judul Skripsi : **ANALISIS DAYA DUKUNG LAHAN  
DAN POLA SPASIAL  
PERMUKIMAN DI KOTA METRO  
MENGUNAKAN TEKNIK  
PENGINDERAAN JAUH**

Nama Mahasiswa : Bella Rahmalia

Nomor Pokok Mahasiswa : 2015071010

Jurusan : Teknik Geodesi dan Geomatika

Fakultas : Teknik

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II



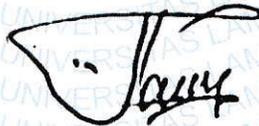
Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.  
NIP. 19720302 200604 1 002



Anggun Tridawati, S.T., M.T.  
NIP. 19950130 202203 2 016

2. Mengetahui

Ketua Jurusan  
Teknik Geodesi dan Geomatika



Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.  
NIP. 19641012 199203 1 002

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua** : Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.



**Sekretaris** : Anggun Tridawati, S.T., M.T.



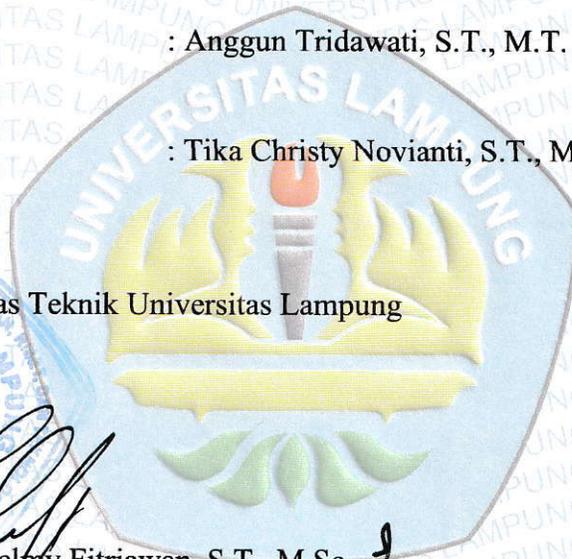
**Anggota** : Tika Christy Novianti, S.T., M.Eng.



**2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung**

**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**

**NIP. 197509282001121002**



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 11 Oktober 2024**

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis Daya Dukung Lahan dan Pola Spasial Pemukiman di Kota Metro Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh” adalah karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain, kecuali secara tertulis dirujuk dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 11 Oktober 2024



Bella Rahmalia

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Metro, Kota Metro pada tanggal 17 Oktober 2001 sebagai anak ketiga dari empat bersaudara pasangan Bapak Jemangi dan Ibu Sri Miharsih.

Penulis pernah bersekolah di Taman Kanak-kanak Aisyiyah Bustanul Athfal pada tahun 2007-2008. Kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 1 Metro Pusat dan lulus pada tahun 2014. Selanjutnya melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Negeri 4 Metro dan lulus pada tahun 2017. Dilanjutkan ke jenjang Sekolah Menengah Atas Negeri 4 Metro dan lulus pada tahun 2020.

Pada tahun 2020, penulis melanjutkan Pendidikan di Universitas Lampung sebagai mahasiswa Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi Mahasiswa Teknik Geodesi (HIMAGES), UKM Koperasi Mahasiswa (KOPMA) Universitas Lampung, dan UKM Penelitian Universitas Lampung. Pada tahun 2023, penulis melakukan Kerja Praktik di PT. EFORT Digital Multisolution yang terletak di Kota Bandung, Jawa Barat serta melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kertasana, Kecamatan Kedondong, Kabupaten Pesawaran selama 40 hari pada periode kedua di bulan Juni sampai dengan Agustus tahun 2023. Penulis melakukan penelitian Skripsi dengan judul Analisis Daya Dukung Lahan dan Pola Spasial Pemukiman di Kota Metro Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh.

## PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah kupanjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan kesempatan dalam menyelesaikan Skripsi ini dengan baik.

Saya persembahkan skripsi ini untuk Bapak dan Ibu tersayang. Terima kasih atas semua cinta kasih yang telah diberikan sejak lahir sampai hari ini, serta semangat dan doa yang tidak pernah henti dipanjatkan sehingga dapat menyelesaikan Skripsi ini sebagai langkah awal dalam meraih cita-cita.

Terima kasih untuk kakak-kakak dan adikku yang luar biasa yang selama ini memberikan doa dan dukungan, baik moril dan materil. Terima kasih karena selalu berusaha untuk mengerti dan memahami.

Ucapan terima kasih ini saya persembahkan juga untuk para dosen pembimbing yang dengan sabar membimbing saya untuk menyelesaikan Skripsi ini.

## **MOTTO**

**Hidup adalah perjalanan, jadi nikmati setiap langkahnya.**

**“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.”**

**(Q.S Ar-Ra'd: 11)**

**I believed I could, so I did.**

**(Bella Rahmalia)**

**It will pass, it will pass, it will pass**

**(Rachel Venny)**

## SANWACANA

*Alhamdulillah* rabbi' alamin, puji syukur *Alhamdulillah* penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya berupa kesehatan, kesempatan serta pengetahuan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul "Analisis Daya Dukung Lahan dan Pola Spasial Pemukiman di Kota Metro Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh" sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik Geodesi di Universitas Lampung. Dalam proses penulisan sampai dengan penyusunan Skripsi ini, penulis mendapat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa M.T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi Geomatika dan Program Studi S1 Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng. selaku Koordinator Skripsi Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.
4. Ibu Citra Dewi, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Bapak Dr. Fajriyanto, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kesatu yang telah memberikan masukan, nasihat, motivasi dan telah banyak meluangkan waktu, tenaga, serta pikirannya sehingga penelitian pada Skripsi ini dapat berjalan dengan baik.
6. Ibu Anggun Tridawati S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan masukan, bimbingan serta nasihat sehingga penyusunan Skripsi ini dapat berjalan dengan baik.

7. Ibu Tika Christy Novianti, S.T., M.Eng., yang berkenan menjadi dosen penguji dan memberikan banyak nasihat, kritik dan saran pada Skripsi ini.
8. Seluruh dosen Teknik Geodesi dan Geomatika yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat selama masa perkuliahan.
9. *Staff* dan karyawan Program Studi Teknik Geodesi yang telah membantu penulis selama perkuliahan.
10. Kedua orang tuaku Bapak Jemangi dan Ibu Sri Miharsih yang telah memberikan doa, rasa cinta dan kasih sayang serta terimakasih untuk dukungan materil dan moril agar kegiatan perkuliahan sampai pada tahap menyelesaikan Skripsi ini penulis dilancarkan oleh Allah SWT.
11. Kakak perempuanku (Virona Widya Pratiwi), kakak laki-lakiku (Singgih Prabowo), dan adikku (Fany Kurnia Sari) serta seluruh keluarga besar penulis yang telah memberikan doa, dukungan, dan semangat untuk dapat menyelesaikan Skripsi ini.
12. Sahabat-sahabatku yang sama-sama berjuang menyelesaikan pendidikan di Teknik Geodesi dari awal mahasiswa sampai sekarang yaitu Nina Syafitri dan Karisma Fitriyana, terimakasih telah kebersamaai sampai akhir.
13. Teman-temanku yaitu Puput, Firda, dan King Ahmet Justin, terimakasih selalu ambis, tidak mengenal waktu dan kompak untuk mengerjakan Skripsi ini bersama-sama dan mungkin karyawan mixue bosen sama kita.
14. Teman-teman “Barudak Well” sebutan untuk anak-anak yang Kerja Praktik di Bandung yaitu Putri Regina, Firda Putri, Chanif Ponco, Vanny Fadhillah, Athallah Ghariyachsany. Terimakasih untuk kebersamaannya selama 3 bulan di Bandung, mari selesaikan Skripsi ini lalu kembali lagi ke Bandung.
15. Siti Hardiyanti Oktavia, terimakasih sudah selalu mau berjuang bareng-bareng dan menemani penulis selama masa perkuliahan. Semoga dimudahkan segala urusannya, dan semoga kita bisa lulus bareng-bareng.
16. Khatarina Septi Amelia Putri dan Tika Aprilyana, terimakasih sudah banyak memberikan dukungan dan semangat serta mendengarkan keluh kesah penulis.

17. Jihan Tsabitha, terimakasih untuk segala suka dan duka untuk selalu menemaniku dan mendengarkan keluh kesahku selama ini, terimakasih sudah mau menemaniku mengelilingi Kota Metro tercinta ini.
18. Nabila Uswatun Auliya, terimakasih telah menjadi sahabatku dan memberikan dukungan serta semangat yang tiada henti kepada penulis.
19. Nabila Dita Cahyani dan Ilham Dwiaji, terimakasih sudah mau banyak membantu dan direpotkan dalam penyusunan Skripsi ini.
20. Teman-teman “KKN Desa Kertasana” tahun 2023, Abrila, Riska, Fahrika, Einjel, dan Chanif yang telah menjadi keluarga selama kegiatan berlangsung serta senantiasa memberikan pengalaman baru, memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
21. Rekan sesama mahasiswa dari Teknik Geodesi UNILA Angkatan 2020.
22. Terakhir, untuk diri saya sendiri yang telah berusaha kuat dan bertahan sampai detik ini. Terimakasih selalu sabar dan yakin dalam menghadapi masalah serta situasi apapun. Maaf jika dalam perjalanan ke titik ini kadang terlalu memaksakan diri walaupun kenyataannya sudah lelah. Semoga bisa menjadi manusia yang lebih baik lagi kedepannya dan selalu bersyukur atas karunia yang telah Allah berikan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing serta membantu dalam menyelesaikan Skripsi dari awal hingga akhir dan dalam penyusunan Skripsi ini. Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam menyelesaikan Skripsi ini, sehingga masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna penyempurnaan lebih lanjut. Demikian Skripsi ini disusun sebaik- baiknya agar dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, 11 Oktober 2024  
Penulis

**Bella Rahmalia**

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	3
I.3 Tujuan Penelitian .....	3
I.4 Manfaat Penelitian .....	4
I.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
I.6 Hipotesis Penelitian .....	5
I.7 Sistematika Penulisan .....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>8</b>
2.1 Penelitian Terdahulu .....	8
2.2 Penggunaan Lahan .....	12
2.2.1 Klasifikasi Penggunaan Lahan .....	14
2.3 Sistem Informasi Geografis (SIG) .....	15
2.4 Penginderaan Jauh .....	15
2.5 <i>Support Vector Machine</i> (SVM).....	17
2.6 Teknik Penentuan Sampel.....	19
2.7 Uji Akurasi.....	21
2.8 Citra Penginderaan Jauh .....	23
2.8.1 Citra SPOT-4.....	23
2.8.2 Citra SPOT-7 .....	24
2.9 Variabel Penelitian.....	25
2.9.1 Jaringan Jalan .....	25
2.9.2 Jaringan Sungai .....	26
2.9.3 Permukiman .....	26
2.9.4 Kemiringan Lereng .....	27
2.10 <i>Cellular Automata</i> (CA).....	27
2.11 <i>Artificial Neural Network</i> (ANN) .....	29
2.12 <i>Multi-layer Perceptron</i> (MLP) .....	30
2.13 Uji Validasi Model .....	30
2.14 <i>Average Nearest Neighbor</i> .....	31
2.15 Kependudukan .....	33
2.16 Daya Dukung Lahan Pemukiman.....	34

2.17 Kesesuaian Penggunaan Lahan dengan Rencana Penggunaan Lahan.....	35
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>36</b>
3.1 Lokasi Penelitian.....	36
3.2 Peralatan Penelitian.....	37
3.2.1 Perangkat Keras.....	37
3.2.2 Perangkat Lunak.....	37
3.3 Data Penelitian.....	38
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	39
3.5 Tahap Persiapan.....	40
3.5.1 Studi Literatur.....	40
3.5.2 Pengumpulan Data.....	40
3.6 Tahap Pra Pengolahan Data.....	40
3.6.1 Cropping Citra.....	40
3.6.2 Koreksi Geometrik.....	41
3.7 Tahap Pengolahan Data.....	41
3.7.1 Penentuan Pola Persebaran.....	41
3.7.2 Tahap Prediksi Penggunaan Lahan.....	42
3.7.4 Uji Validasi.....	44
3.7.5 Pengolahan Variabel Pendukung.....	52
3.7.6 Pengolahan Prediksi Penggunaan Lahan.....	53
3.8 Tahap Menghitung Daya Dukung Lahan Permukiman.....	58
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>59</b>
4.1 Pola Sebaran Permukiman.....	59
4.1.1 Pola Persebaran Permukiman Tahun 2013.....	59
4.1.2 Pola Persebaran Permukiman Tahun 2018.....	61
4.1.3 Pola Persebaran Permukiman Tahun 2022.....	62
4.1.4 Analisis Pola Persebaran Permukiman Tahun 2013, 2018 dan 2022.....	64
4.2 Analisis Perhitungan Nilai Daya Dukung Lahan Permukiman.....	64
4.3 Penggunaan Lahan Kota Metro Tahun 2013, 2018, dan 2022.....	72
4.3.1 Hasil dan Analisis Penggunaan Lahan Tahun 2013, 2018, dan 2022.....	72
4.3.2 Hasil dan Analisis Penggunaan Lahan Permukiman Tahun 2013, 2018, dan 2022.....	75
4.4 Analisis Pemodelan Prediksi Penggunaan Lahan Permukiman Kota Metro Menggunakan <i>Artificial Neural Network</i> dan <i>Cellular Automata</i> Tahun 2037.....	80
4.4.1 Hasil Variabel Pendukung.....	80
4.4.2 Hasil Korelasi.....	81
4.4.3 Hasil Perubahan Lahan.....	82
4.4.4 Hasil <i>Training Model</i> .....	83
4.4.5 Hasil Simulasi <i>Cellular Automata</i> .....	85
4.4.6 Hasil Validasi.....	86
4.4.7 Analisis Hasil Prediksi Penggunaan Lahan Permukiman Kota Metro	

Tahun 2037 .....	87
4.5 Analisis Hasil Penggunaan Lahan Permukiman Tahun 2037 Terhadap Peta Rencana Pola Ruang Kota Metro.....	90
<b>V. KESIMPULAN.....</b>	<b>92</b>
5.1 Kesimpulan.....	92
5.2 Saran.....	93
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>94</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>100</b>

## DAFTAR TABEL

### Tabel

1. Penelitian Terdahulu .....	8
2. Jumlah <i>Training Sample Minimum</i> (TSM) berdasarkan Skala .....	20
3. Nilai Kategori <i>Kappa</i> .....	22
4. Spesifikasi dari citra SPOT-4.....	24
5. Spesifikasi dari citra SPOT-7.....	24
6. Data Penelitian .....	38
7. Klasifikasi Penggunaan Lahan .....	43
8. Hasil Uji Validasi Tahun 2013.....	46
9. Tabel Hasil Uji Validasi Tahun 2018.....	47
10. Hasil Uji Validasi Tahun 2022.....	48
11. Matriks Konfusi Penggunaan Lahan Tahun 2013.....	49
12. Matriks Konfusi Penggunaan Lahan Tahun 2018.....	50
13. Matriks Konfusi Penggunaan Lahan Tahun 2022.....	51
14. Pola Persebaran Permukiman.....	59
15. Kawasan Lindung Kota Metro .....	65
16. Kecamatan yang memiliki Kawasan Lindung di Kota Metro.....	65
17. Kawasan Rawan Bencana (KRB) di Kota Metro.....	66
18. Jumlah Penduduk Kota Metro Tahun 2013 .....	67
19. Jumlah Penduduk Kota Metro Tahun 2018 .....	67
20. Jumlah Penduduk Kota Metro Tahun 2022 .....	67
21. Luas Lahan Layak Permukiman di Kota Metro .....	68
22. Daya Dukung Lahan Permukiman Tahun 2013.....	68
23. Daya Dukung Lahan Permukiman Tahun 2018.....	69

24. Daya Dukung Lahan Permukiman Tahun 2022.....	69
25. Proyeksi Penduduk Tahun 2037.....	71
26. Daya Dukung Lahan Permukiman Tahun 2037.....	71
27. Penggunaan Lahan Kota Metro Tahun 2013 dan 2018.....	72
28. Penggunaan Lahan Kota Metro Tahun 2018 dan 2022.....	73
29. Perubahan Penggunaan Lahan Permukiman di Kota Metro Tahun 2013 sampai dengan Tahun 2018.....	76
30. Perubahan Luas Penggunaan Lahan Permukiman Kota Metro (Ha) Tahun 2013 sampai dengan Tahun 2018.....	77
31. Perubahan Luas Penggunaan Lahan Permukiman Kota Metro (Ha) Tahun.....	78
32. Uji Korelasi.....	81
33. Model Luas Perubahan Penggunaan Lahan (Ha).....	82
34. Hasil <i>Training</i> Model.....	84
35. Luas Penggunaan Lahan Hasil Prediksi dan Eksisting (Ha).....	86
36. Hasil Prediksi Penggunaan Lahan Permukiman Tahun 2037.....	87

## DAFTAR GAMBAR

### Gambar

1. Simulasi <i>Cellular Automata</i> .....	28
2. Struktur <i>Artificial Neural Network</i> .....	29
3. Ilustrasi <i>Multi-layer Perceptron (MLP)</i> .....	30
4. Analisis tetangga terdekat .....	31
5. Lokasi Penelitian.....	36
6. Diagram Alir Penelitian .....	39
7. Tahap <i>Average Nearest Neighbor</i> .....	42
8. <i>Train Support Machine Classifier</i> .....	44
9. <i>Classify Raster</i> .....	44
10. <i>Stratified Random Sampling</i> .....	45
11. Raster Jalan Kota Metro.....	53
12. Raster Sungai Kota Metro.....	53
13. Raster Lereng Kota Metro .....	53
14. Raster Permukiman Kota Metro.....	53
15. <i>Input Data Initial dan Final</i> .....	54
16. Variabel <i>Matched</i> .....	55
17. Korelasi Variabel Pendukung .....	55
18. <i>Area Change</i> .....	56
19. <i>Transition Potential Modeling</i> .....	56
20. <i>Cellular Automata Simulation</i> .....	57
21. <i>Validation</i> .....	58
22. Hasil Report <i>Average Nearest Neighbor Tahun 2013</i> .....	60
23. Hasil Report <i>Average Nearest Neighbor Tahun 2018</i> .....	61
24. Hasil Report <i>Average Nearest Neighbor Tahun 2022</i> .....	63

25. Grafik Perubahan Lahan Permukiman Tahun 2013-2018 .....	77
26. Grafik Perubahan Lahan Permukiman Tahun 2018-2022 .....	78
27. Grafik Perubahan Lahan Permukiman Tahun 2013-2022 .....	79
28. Peta Jarak ke Jalan.....	80
29. Peta Jarak ke Permukiman.....	80
30. Peta Jarak ke Sungai.....	81
31. Peta Jarak ke Lereng.....	81
32. Kurva Pemodelan ANN .....	84
33. Peta Prediksi Penggunaan Lahan Kota Metro Tahun 2022 .....	85
34. Hasil Validasi Uji Akurasi <i>Kappa</i> .....	87
35. Peta Eksisting Permukiman Tahun 2022 .....	88
36. Peta Prediksi Penggunaan Lahan Permukiman Tahun 2037 .....	89

## I. PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Permukiman adalah jenis lingkungan hunian yang terdiri dari lebih dari satu-satuan perumahan yang memiliki prasarana, sarana, dan utilitas umum serta penunjang kegiatan fungsi lain di daerah perkotaan atau perdesaan. Permukiman akan terus berkembang yang kemudian akan berpengaruh pada pola permukiman yang ada. Pola permukiman penduduk merupakan sebuah bentuk pola persebaran tempat tinggal penduduk dengan didasarkan pada kondisi alam maupun aktivitas penduduknya. Pola permukiman terjadi jika terdapat persebaran penduduk di suatu kota atau desa, hal ini menunjukkan bahwa antara pola dan persebaran saling terkait satu dengan yang lainnya (Yusrina dkk., 2018). Pembangunan permukiman penduduk di suatu wilayah harus dipertimbangkan secara maksimal guna terciptanya wilayah permukiman yang seimbang antara perkotaan dan pedesaan. Pola pertumbuhan penduduk yang tinggi dan tidak terkendali dapat menyebabkan menurunnya daya dukung lingkungan dan perubahan penggunaan lahan pada suatu daerah (Nurfikasari dkk., 2021).

Salah satu daerah terdampak pertumbuhan penduduk yang tinggi adalah Kota Metro. Kota Metro merupakan salah satu kota yang berada di Provinsi Lampung yang terdiri dari 5 kecamatan dan memiliki luasan wilayah 296 km<sup>2</sup>. Letaknya yang berdekatan dengan ibukota Provinsi Lampung menyebabkan adanya pertumbuhan pesat dari aspek ekonomi, sosial, maupun infrastruktur. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Metro, jumlah penduduk Kota Metro tahun 2018 sebanyak 165.193 jiwa (Kota Metro Dalam Angka 2018). Jumlah penduduk ini akan terus meningkat dari tahun ke tahun. Penduduk merupakan bagian penting dalam menentukan perkembangan suatu daerah, jumlah penduduk suatu wilayah dapat berpengaruh terhadap perkembangan

ataupun keberhasilan dari suatu daerah (Riadhi dkk., 2020). Dinamika penduduk yang sulit dikendalikan menyebabkan kebutuhan lahan untuk permukiman semakin tinggi. Dengan meningkatnya kebutuhan lahan tersebut tentunya ada peningkatan nilai-nilai ekonomi pada wilayah yang mengalami peningkatan pembangunan dan aksesibilitas yang mendukung alih fungsi lahan dari tidak terbangun menjadi terbangun (Hapsary dkk., 2021). Keadaan ini tentunya membuat terjadinya perubahan penggunaan lahan yang masih belum diketahui bagaimana detail dari sisi spasial maupun temporalnya. Dengan cepat berkembangnya wilayah perkotaan, banyak lahan terbangun berubah menjadi terbangun secara tidak beraturan membawa dampak buruk bagi perkotaan di masa mendatang. Lahan terbangun yang tidak beraturan ini dikhawatirkan akan melampaui batas daya dukung. Oleh karena itu diperlukan suatu simulasi pertumbuhan kota untuk mengetahui kondisi Kota Metro di masa mendatang.

Berdasarkan hal diatas dan dengan adanya perkembangan teknologi, maka dibutuhkan teknologi di bidang penginderaan jauh dan juga di bidang Sistem Informasi Geografis (SIG). Salah satu analisis spasial dengan SIG yaitu pemodelan *Artificial Neural Network*, merupakan salah satu model dalam *plugin* MOLUSCE yang dapat digunakan untuk mensimulasikan perubahan penggunaan lahan di masa mendatang. *Plugin* ini dirancang untuk menganalisa, memodelkan, dan mensimulasikan perubahan penggunaan lahan yang tentunya dapat digunakan dengan memberikan input data tutupan lahan tahun awal dan akhir serta minimal satu variabel spasial untuk dapat digunakan untuk simulasi (Sipil, 2018).

Analisis spasial dengan SIG tersebut dapat digunakan dalam mengkaji pemodelan perubahan penggunaan lahan pada kurun waktu tertentu. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Nabila pada tahun 2022 di Kabupaten Sleman, dengan menggunakan pemodelan ANN dengan menggunakan dua variabel pendukung yang menghasilkan nilai akurasi *Kappa* pada angka 0,95621 yang jika disesuaikan dengan kategori *Kappa* memiliki interpretasi “sangat kuat”. Pada penelitian kali ini penulis menggunakan pemodelan CA-ANN atau *Cellular Automata-Artificial Neural Network* untuk melakukan proyeksi dan prediksi perubahan penggunaan lahan di Kota Metro pada

tahun 2037 terhadap Citra SPOT-4 dan Citra SPOT-7 dengan menggunakan empat variabel pendukung yang selanjutnya hasil dari luasan prediksi yang didapatkan tersebut untuk menghitung nilai daya dukung lahan permukiman yang optimal. Dengan begitu, dapat dilakukan pengendalian terhadap perkembangan permukiman untuk mengetahui batasan optimal di daerah tersebut untuk menampung jumlah penduduk.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola persebaran permukiman di Kota Metro tahun 2013 sampai dengan 2022 selanjutnya memprediksi penggunaan lahan permukiman dengan model *Artificial Neural Network* untuk menghitung nilai daya dukung lahan permukiman dengan adanya batasan optimal tertentu dalam menampung penduduk untuk bermukim.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari pelaksanaan penelitian yang dilakukan adalah:

1. Bagaimana pola spasial permukiman di Kota Metro tahun 2013 sampai dengan tahun 2022?
2. Bagaimana hasil perhitungan nilai daya dukung lahan permukiman di Kota Metro?
3. Bagaimana hasil pemodelan prediksi lahan permukiman Kota Metro tahun 2037 menggunakan metode *Artificial Neural Network*?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian dari pelaksanaan penelitian yang dilakukan adalah:

1. Menganalisis pola spasial permukiman penduduk di Kota Metro tahun 2013 sampai dengan tahun 2022.
2. Menganalisis hasil perhitungan daya dukung lahan permukiman di Kota Metro.
3. Menganalisis hasil pemodelan prediksi lahan permukiman Kota Metro tahun 2037 menggunakan *Artificial Neural Network*.

#### **I.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian dari pelaksanaan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Bagi Penulis

Penelitian ini menjadi ruang belajar dalam meningkatkan kemampuan, pengetahuan baru, dan pengalaman peneliti yang berkaitan dengan bidang Sistem Informasi Geografis. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk penelitian sejenis.

2. Bagi Masyarakat

Hasil penelitian ini diharapkan sebagai sumber informasi dalam mengetahui daerah-daerah yang sudah padat pemukiman agar nantinya tidak membangun perumahan di tempat yang memiliki perhitungan daya dukung lahan tinggi.

3. Bagi Pemerintah

Sebagai bahan informasi dan diharapkan dapat memberikan gambaran arah perubahan penggunaan lahan kepada pemerintah daerah untuk upaya pengendalian perubahan dan perkembangan untuk mewujudkan tertib dalam pemanfaatan ruang berdasarkan peraturan yang telah dibuat.

#### **I.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup penelitian dari pelaksanaan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Lokasi penelitian ini berada di Kota Metro yakni kota yang berada di Provinsi Lampung;
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu citra SPOT-4 tahun 2013, citra SPOT-7 tahun 2018 dan 2022, peta administrasi Kota Metro, peta jaringan jalan, peta jaringan sungai, peta permukiman, peta kemiringan lereng, serta peta RTRW Kota Metro tahun 2022 sampai dengan 2042.
3. Variabel pendukung perubahan penggunaan lahan yang digunakan untuk pemodelan yaitu jarak ke jalan, jarak ke sungai, jarak ke permukiman, dan

kemiringan lereng.

4. Penentuan kelas penggunaan lahan berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh (Saputra dkk., 2022). Klasifikasi tersebut antara lain pemukiman, sawah, semak belukar, badan air, hortikultura, tanah terbuka dan bangunan non pemukiman.
5. Metode yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:
  - a. Peta penggunaan lahan tahun 2013, 2018, dan 2022 didapatkan dengan klasifikasi terbimbing (*supervised*) menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM).
  - b. Bentuk persebaran pola permukiman menggunakan metode *average nearest neighbor*.
  - c. Pemodelan dan prediksi penggunaan lahan menggunakan metode ANN dengan *plugin* MOLUSCE.
  - d. Validasi model dilakukan dengan membandingkan peta hasil prediksi penggunaan lahan dengan peta eksisting menggunakan metode *kappa*.
6. Hasil dari prediksi penggunaan lahan menggunakan metode ANN digunakan untuk menghitung daya dukung lahan pemukiman.

## **I.6 Hipotesis Penelitian**

Berdasarkan latar belakang maka dapat diambil hipotesis dalam penelitian ini adalah menghasilkan nilai akurasi *kappa* pada angka diatas 0,85 dengan kategori *kappa* memiliki interpretasi “sangat kuat” dan pada perhitungan prediksi terhadap nilai daya dukung lahan permukiman mendapatkan nilai diatas  $\geq 1$  agar pada tahun yang akan mendatang, Kota Metro secara optimal masih mampu menampung penduduk untuk bermukim.

## **I.7 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan secara umum dapat dilihat melalui sistem penulisan karya ilmiah yang antara lain berisi: bab i, bab ii, bab iii, bab iv, dan bab v. Skripsi ini terdiri dari 5 bab yaitu pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi penelitian, hasil dan pembahasan

serta penutup.

Bab I berisi pendahuluan yang akan membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, hipotesis serta sistematika dari pembuatan laporan Skripsi ini sendiri.

Bab II tinjauan pustaka, berisi semua yang berkaitan dengan penelitian terdahulu dan teori – teori dasar penelitian. Bab ini terdiri dari penelitian terdahulu, landasan teori penggunaan lahan, klasifikasi penggunaan lahan, sistem informasi geografis dan penginderaan jauh (sistem informasi geografis dan penginderaan jauh), *support vector machine* (SVM), teknik penentuan *sample* (BIG dan slovin), uji akurasi (*overall accuracy* dan *kappa*), citra penginderaan jauh (citra SPOT-4 dan citra SPOT-7), variabel penelitian (jaringan jalan, jaringan sungai, permukiman, kemiringan lereng), pemodelan spasial perubahan penggunaan lahan (*Cellular Automata*, *Artificial Neural Network*, *Multi-layer Perceptron*, Uji Validasi Model, *Average Nearest Neighbor*), kependudukan, daya dukung lahan pemukiman, dan kesesuaian penggunaan lahan dengan rencana penggunaan lahan.

Bab III metodologi penelitian, berisi pemaparan dan penjelasan tahapan-tahapan penelitian. dari pengolahan yang dilaksanakan selama penelitian Skripsi. Pada bab ini terdapat lokasi penelitian, diagram alir penelitian, serta penjelasan tiap-tiap tahapan dari proses pelaksanaan penelitian yang dikerjakan.

Bab IV hasil dan pembahasan, akan membahas tentang hasil dan pembahasan dari analisis spasial pemukiman penduduk Kota Metro menggunakan metode *Average Nearest Neighbor* dan daya dukung lahan. Pada bab ini terdapat hasil dan pembahasan dari perubahan penggunaan lahan, model prediksi penggunaan lahan, pola permukiman penduduk dengan metode *Average Nearest Neighbor*, serta perhitungan daya dukung lahan permukiman.

Bab V kesimpulan dan saran berisi penutup tentang kesimpulan dan saran yang

bermanfaat untuk kelanjutan pengembangan penelitian berikutnya tentang Analisis Daya Dukung Lahan dan Pola Spasial Pemukiman di Kota Metro Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari hasil penelitian penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebagai bahan perbandingan dan kajian dalam pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan oleh penulis. Beberapa uraian singkat penelitian yang dijadikan sebagai referensi dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode	Data	Hasil
1	Analisis Pola Persebaran dan Daya Dukung Permukiman Kecamatan Padamara Kabupaten Purbalingga (Putri dkk., 2019)	Mengetahui bagaimana pola dan daya dukung permukiman Kecamatan Padamara.	Teknik analisis kualitatif untuk analisis pola persebaran permukiman, dan penggunaan teknik analisis kuantitatif dengan konsep <i>building coverage</i> untuk analisis daya dukung permukiman.	Data penggunaan lahan dari <i>Google Earth</i> dan data statistik penduduk.	Menunjukkan bahwa pola sebaran permukiman di Kecamatan padamara termasuk ketegori random dan daya dukungnya untuk permukiman masih baik.
2	<i>Determining The Suitability Trends for Settlement Based on Multi Criteria in Kirkuk, Iraq</i> (Omar dan Raheem, 2016)	Bagaimana menggunakan metode GIS untuk analisis kesesuaian lahan menggunakan beberapa parameter.	Metode <i>multi-criteria decision analysis (MCDA)</i> yang digunakan adalah <i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i> .	Peta penggunaan lahan, peta jaringan jalan dan sungai, peta topografi dan peta jenis tanah.	Penggunaan <i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i> menunjukkan bahwa faktor sosial memiliki pengaruh terhadap arah perluasan kota dan pemilihan lokasi untuk permukiman.

(Lanjutan) Tabel 1. Penelitian Terdahulu

3	Pola Perkembangan Permukiman di Kecamatan Kotabumi Lampung Utara (Suhairudin dkk., 2022)	Mengidentifikasi dan menganalisis sebaran permukiman di Kecamatan Kotabumi, Lampung Utara.	Metode yang digunakan adalah dengan metode NNA ( <i>Nearest Neighbour Analysis</i> ) dan Sistem Informasi Geografis (SIG).	Data persebaran permukiman yang berbentuk <i>polygon</i> dan sudah diubah menjadi titik-titik persebaran permukiman	Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui bahwa pola permukiman yang terdapat di Kecamatan Kotabumi terdapat dua pola <i>Dispersed</i> (seragam) dan sebelas pola <i>Clustered</i> (Mengelompok).
4	Perkembangan Permukiman dan Pengaruhnya Terhadap Daya Dukung Lahan Kota Salatiga (Rahmawan dan Budi Santoso, 2019)	Mengetahui seberapa besar perkembangan permukiman dan pengaruhnya terhadap daya dukung lahan di Kota Salatiga.	Metode yang digunakan yaitu dengan aplikasi ArcGIS melalui <i>tool average nearest neighbor</i>	Citra satelit <i>quickbird</i> tahun 2006 dan 2016.	Hasil perhitungan daya dukung menunjukkan tingkat daya dukung lahan permukiman rata-rata mengalami penurunan.
5	GIS <i>Multi-Criteria Analysis by Ordered Weighted Averaging</i> (OWA): <i>Toward an Integrated Citrus Management Strategy</i> (Zabih dkk., 2019)	Menentukan kesesuaian daerah yang cocok untuk pertanian jeruk di Ramsar, Iran.	Metode kombinasi Sistem Informasi Geografis (GIS) dan versi modifikasi dari <i>Analytic Hierarchy Process</i> (AHP) berdasarkan <i>Ordered Weighted Averaging</i> (OWA)	<i>Digital Elevation Model</i> (DEM) dan data curah hujan	Hasil menunjukkan budidaya jeruk hanya layak di daerah yang merupakan 6,7% dari total wilayah di dekat laut. Penelitian ini menunjukkan GIS-OWA dapat diintegrasikan ke dalam MCDA untuk memilih lokasi yang optimal untuk produksi jeruk.

(Lanjutan) Tabel 1. Penelitian Terdahulu

6	Pemodelan prediksi dan kesesuaian perubahan penggunaan lahan menggunakan <i>Celullar Automata-Artificial Neural Network</i> (CA-ANN) (Nabila, 2023)	Memprediksi dan melakukan akurasi kesesuaian perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Sleman.	Teknik kualitatif melalui pengumpulan dan analisis data dengan pendekatan spasial.	Data spasial penggunaan lahan tahun 2015 dan 2017 serta data atau variabel pendukung berupa data spasial jalan dan sebaran tempat pendidikan.	Hasil menunjukkan adanya pertambahan penggunaan lahan sebagai pemukiman yang cukup banyak yakni sebesar 287,342 Ha sedangkan penggunaan lahan sawah justru mengalami penurunan luas sebesar 291,93 Ha.
7.	Analisis Kemandirian Pangan Berbasis Perubahan Penggunaan Lahan di Kota Metro, Provinsi Lampung (Saputra dkk., 2022)	Menganalisis kemampuan Kota Metro dalam memenuhi produksi pangan secara mandiri berdasarkan dinamika perubahan penggunaan lahan yang terjadi.	<i>Overlay</i> peta penggunaan lahan hasil interpretasi visual citra SPOT tahun 2007, 2013, dan 2019.	Citra satelit SPOT 4 resolusi 10 m tahun 2007, SPOT 6 resolusi spasial 1,5 m tahun 2013, dan SPOT 7 resolusi spasial 1,5 m tahun 2019, peta administrasi Kota Metro, data produktivitas padi dan indeks pertanaman (IP), data <i>series</i> populasi penduduk, dan data konsumsi penduduk.	Hasil menunjukkan penggunaan lahan didominasi pada penggunaan lahan sebagai bangunan permukiman dan sawah dengan persentase keduanya mencapai 87%, Pada tahun 2019 neraca pangan pokok masih berstatus surplus, namun tahun 2031 status neraca pangan pokok menjadi defisit, kondisi status neraca pangan surplus dapat dipertahankan dengan adanya intervensi pemerintah untuk mempertahankan lahan sawah eksisting.

(Lanjutan) Tabel 1. Penelitian Terdahulu

8	Analisis Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan Dengan Pendekatan <i>Artificial Neural Network</i> dan Regresi Logistik di Kota Balikpapan (Maharany Shandra Ayu Hapsary dkk., 2021).	Mengetahui perubahan penggunaan lahan di Kota Balikpapan periode tahun 2009-2019, memprediksi penggunaan lahan dengan model ANN dan Regresi Logistik, serta menentukan kesesuaian penggunaan lahan hasil prediksi tahun 2029 dengan peta RTRW Kota Balikpapan tahun 2012-2032	Pemodelan perubahan penggunaan lahan dilakukan dengan menggunakan sebuah <i>plugins</i> yaitu <i>Modules for Land Use Change Simulations</i> (MOLUSCE) pada perangkat lunak QGIS.	Peta penggunaan lahan hasil klasifikasi terbimbing ( <i>supervised</i> ) dari citra Landsat 7 tahun 2009, citra SPOT 5 tahun 2014, dan citra SPOT 7 tahun 2019.	Hasil penelitian menunjukkan perubahan penggunaan lahan Kota Balikpapan tahun 2009-2019 mengalami penurunan luas pada kebun campuran berkurang sebesar 3.499,69 Ha (6,85%) dan mangrove meningkat sebesar 2.515 Ha (4,92%).
9	Analisis Daya Dukung Lahan dan Pola Spasial Permukiman di Kota Metro Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh (Rahmalia, 2024)	Menganalisis bentuk pola persebaran permukiman di Kota Metro, memprediksi penggunaan lahan dengan model ANN untuk menghitung daya dukung permukiman berdasarkan hasil prediksi tahun 2022 guna mengetahui nilai daya dukung permukiman sehingga ada batasan optimal dalam menampung jumlah penduduk.	Pemodelan perubahan penggunaan lahan dilakukan dengan <i>software</i> QGIS dengan bantuan <i>plugins</i> yaitu MOLUSCE dan untuk pola spasial menggunakan <i>Average Nearest Neighbor</i> untuk melihat bentuk pola permukiman di Kota Metro.	Citra SPOT-4 tahun 2013, Citra SPOT-7 tahun 2018 dan 2022, peta jaringan jalan, peta jaringan sungai, peta pemukiman, peta kemiringan lereng,	Pemodelan dengan CA-ANN menunjukkan hasil akurasi yang kuat yakni pada indeks <i>kappa</i> sebesar 0,65319 dan koreksi sebesar 79,51625 dengan hasil perhitungan daya dukung menunjukkan tingkat daya dukung lahan permukiman rendah sehingga diperlukan batasan optimal jumlah penduduk

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Putri dkk., (2019), Suhairuddin dkk., (2022), serta Rahmawan dan Budi (2019) bertujuan untuk mengetahui bagaimana pola spasial persebaran permukiman. Walaupun memiliki tujuan yang sama tetapi data yang digunakan berbeda, dimana pada penelitian yang sekarang menggunakan data citra satelit SPOT yang diolah dengan *Support Vector Machine*. Penelitian yang dilakukan oleh Omar dan Raheem (2016) dan Zabih dkk., (2019) dengan tujuan untuk mengetahui kesesuaian penggunaan lahan permukiman menggunakan metode AHP. Sedangkan pada penelitian sekarang ini dilakukan untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan permukiman menggunakan pemodelan prediksi. Penelitian yang dilakukan oleh Nabila (2023), Saputra dkk., (2022), dan Hapsary dkk., (2021) untuk melakukan prediksi perubahan seluruh penggunaan lahan baik permukiman maupun non permukiman menggunakan *Artificial Neural Network*, sedangkan pada penelitian ini penulis melakukan prediksi penggunaan lahan menggunakan metode yang sama namun hanya mengidentifikasi lahan permukiman saja dan menambahkan empat parameter serta menghitung nilai daya dukung lahan permukiman secara optimal. Penelitian yang dilakukan oleh Saputra dkk., (2022) untuk menganalisis kemampuan Kota Metro dalam memenuhi produksi pangan secara mandiri sedangkan pada penelitian ini penulis melakukan analisis kemampuan Kota Metro dalam memenuhi jumlah penduduk yang sesuai dengan nilai daya dukung lingkungan.

## **2.2 Penggunaan Lahan**

Penggunaan lahan (*land use*) merupakan setiap bentuk campur tangan manusia terhadap sumberdaya lahan, baik yang sifatnya menetap ataupun permanen dan merupakan daur (*cyclic*), yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhannya, baik kebendaan maupun kejiwaan (spiritual) atau kedua-duanya (Vink, 1975 dalam (Santun, 2016). Penggunaan lahan terdiri atas penggunaan utama dan kedua dari jenis lahan seperti lahan pertanian, hutan, padang rumput, dan sebagainya. Dengan pengertian ini, jelas bahwa penggunaan lahan terkait dengan aktivitas manusia dan sumber daya lahan memiliki hubungan yang erat. Penggunaan lahan adalah hasil dari upaya manusia untuk memenuhi kebutuhannya terhadap sumber daya lahan yang tersedia, sehingga terus

berubah seiring dengan perkembangan kehidupan manusia dan budayanya.

Penggunaan lahan mengacu pada interaksi antara manusia dan lahan. Manusia menjadi faktor yang mempengaruhi kegiatan terhadap lahan dalam usaha untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, sedangkan lahan menjadi faktor yang dipengaruhi sebagai tempat mencari nafkah dan tempat tinggal. Adanya dinamika dalam eksploitasi sumber daya alam oleh individu dan masyarakat menunjukkan pertanda penggunaan lahan saat ini. Penggunaan lahan muncul akibat adanya kebutuhan dari aktivitas hidup manusia, seperti tempat tinggal, mata pencaharian, transportasi, dan lain-lain adalah contoh aktivitas manusia. Penggunaan lahan permukiman, perkantoran, dan industri adalah ciri khas daerah perkotaan. Dibandingkan dengan wilayah pedesaan yang biasanya digunakan untuk kawasan pertanian, perkebunan, dan peternakan. Penggunaan lahan dapat meningkatkan kesejahteraan pemilik lahan. Untuk mendapatkan keuntungan yang lebih besar, penduduk akan mengubah cara penggunaan lahan yang dimilikinya (Dewi dan Masruhim, 2019).

Pola pemanfaatan lahan adalah pengaturan berbagai kegiatan. Kegiatan sosial dan kegiatan untuk menunjang keberlanjutan hidup yang membutuhkan jumlah, jenis dan lokasi. (Eko dan Rahayu, 2015). Arsyad 1989 dalam (Misa dkk., 2018) menyatakan bahwa penggunaan lahan termasuk dalam dua kategori utama yaitu penggunaan lahan pertanian dan penggunaan lahan non pertanian. Penggunaan lahan non pertanian mencakup industri, rekreasi, pertambangan, permukiman, dan sebagainya. Penggunaan lahan akan mengalami perubahan seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk akan kebutuhan ruang. Perubahan ini dapat berupa perubahan yang positif maupun negatif. Perubahan yang positif yaitu penggunaan lahan yang yang mempertimbangkan daya dukung lahan serta telah direncanakan. Sedangkan perubahan lahan yang dikatakan negatif apabila perubahan tersebut menimbulkan kerusakan pada lingkungan atau bahkan menghilangkan keanekaragaman hayati.

### **2.2.1 Klasifikasi Penggunaan Lahan**

Pengelompokan berbagai jenis penggunaan lahan dalam kelas-kelas tertentu disebut dengan klasifikasi penggunaan lahan. Klasifikasi ini dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan pemikiran untuk menentukan hierarki pengelompokan sistem. Banyak faktor fisik, sosial, ekonomi, dan teknik memengaruhi keputusan seseorang atau sekelompok masyarakat untuk menggunakan lahan. Lahan kota sebagian besar terdiri dari lahan tak terbangun dan lahan terbangun. Lahan tak terbangun terdiri dari perumahan, industri, perdagangan, jasa, dan perkantoran. Lahan tak terbangun digunakan untuk aktivitas kota yang terbagi menjadi transportasi, rekreasi, kuburan, dan ruang terbuka, serta lahan tak terbangun juga digunakan untuk non-aktivitas kota seperti pertanian, perkebunan, area perairan, dan penambangan sumber daya alam (Anderson, 1971).

Klasifikasi penggunaan lahan didasarkan pada bentuk pemanfaatan dan penggunaan lahan yang digunakan. Penggunaan lahan kota mengacu pada penggunaan lahan sebagai ruang pembangunan yang tidak memanfaatkan potensi alam secara langsung. Sebaliknya, penggunaan lahan didasarkan pada hubungan tata ruangnya dengan penggunaan lain yang ada, seperti ketersediaan prasarana dan fasilitas umum lainnya. Klasifikasi penggunaan lahan sangat penting dilakukan dalam studi maupun inventarisasi penggunaan lahan. Kuantitas dan kualitas penggunaan lahan ditunjukkan oleh tipe atau jenis penggunaan lahan.

Sistem klasifikasi tutupan lahan yang diterbitkan oleh Standarisasi Nasional Indonesia (SNI) tahun 2010 berdasarkan pada bentuk penggunaan lahan dan skala peta. Berdasarkan pemetaan penggunaan lahan skala 1:50.000 dan skala 1:25.000, maka bentuk penggunaan lahan dibedakan menjadi dua kategori, yaitu daerah bervegetasi dan daerah tak bervegetasi dengan berbagai macam penggunaan lahan di setiap kategori.

### 2.3 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, sumberdaya manusia dan data yang bekerja bersama secara efektif untuk memasukkan, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa dan menampilkan data dalam berbasis geografis. SIG memiliki kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu di bumi, menggabungkannya, menganalisa dan akhirnya memetakan hasilnya. Data yang akan diolah pada SIG merupakan data spasial yaitu sebuah data yang berorientasi geografis dan merupakan lokasi yang memiliki sistem koordinat tertentu, sebagai dasar referensinya. Sehingga aplikasi SIG mampu menjawab beberapa pertanyaan seperti: lokasi, kondisi, *trend*, pola dan pemodelan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG berbeda dengan sistem informasi lainnya (Bappeda, 2018).

SIG bekerja berdasarkan integrasi 4 komponen yaitu: *Hardware*, *software*, manusia, dan data. Format data spasial dalam SIG bekerja dengan dua tipe format yaitu model data vektor dan data raster. Data vektor ini merupakan bentuk bumi yang direpresentasikan ke dalam kumpulan titik, garis, dan *polygon* (area). Sedangkan data raster adalah objek geografis yang di representasikan sebagai struktur sel *grid* yang disebut dengan piksel.

### 2.4 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh ialah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang obyek, daerah, atau gejala dengan jalan menganalisa data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap obyek, daerah, atau gejala yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1979 dalam (Handayani dan Setiyadi, 2003).

Pengumpulan data dalam penginderaan jauh dilakukan dari jarak jauh dengan menggunakan sensor buatan. Karena penginderaan dilakukan dari jarak jauh, tenaga penghubung diperlukan untuk mengirimkan data tentang objek ke sensor. Ada tiga cara

untuk mengumpulkan dan menyimpan data yakni: (1) distribusi daya (*force*), (2) distribusi gelombang bunyi, dan (3) distribusi tenaga elektromagnetik. Hasil rekaman menunjukkan lokasi, wilayah, atau gejala di permukaan bumi. Ini karena masing-masing memiliki karakteristik tersendiri saat berinteraksi dengan daya, gelombang bunyi, atau tenaga elektromagnetik. Data penginderaan jauh dapat berupa citra foto dan citra digital. Citra adalah gambaran rekaman suatu objek atau biasanya gambaran objek pada foto.

Menurut (Somantri, 2009) terbagi komponen-komponen dalam penginderaan jauh seperti berikut.

a. Tenaga

Sumber tenaga yang digunakan dalam penginderaan jauh yaitu tenaga alami dan tenaga buatan. Tenaga alami berasal dari matahari dan tenaga buatan biasa disebut pulsa. Menggunakan tenaga matahari dalam penginderaan jauh disebut sistem pasif dan yang menggunakan tenaga pulsa disebut sistem aktif. Sistem aktif bekerja dengan cara merekam tenaga pantulan. Sedangkan menggunakan tenaga pulsa kelebihanannya dapat digunakan untuk pengambilan gambar pada suasana malam hari.

b. Objek

Objek penginderaan jauh merupakan semua benda yang ada di permukaan bumi, seperti tanah, gunung, air, vegetasi, dan hasil budidaya manusia kota, lahan pertanian, hutan atau benda-benda.

c. Sensor

Alat yang digunakan untuk menerima tenaga pantulan maupun radiasi elektromagnetik.

d. Detektor

Alat perekam yang terdapat pada sensor untuk merekam tenaga pantulan maupun pancaran.

e. Wahana

Saran untuk menyimpan sensor, seperti pesawat terbang, satelit dan pesawat

ulang-alik.

## 2.5 *Support Vector Machine (SVM)*

*Support Vector Machine* merupakan metode *machine learning* yang berdasarkan pada teori pembelajaran statistik untuk melakukan klasifikasi (Fauvel dkk., 2007). Prinsip utama penggunaan SVM adalah mencari *hyperplane* terbaik yang berfungsi sebagai pemisah dua buah kelas pada ruang input. *Hyperplane* tersebut berupa *line* pada *two dimension* dan dapat berupa *flat plane* pada *multiple plane*. Pencarian garis atau bidang pemisah tersebut tidak hanya mempertimbangkan keterpisahan akan tetapi juga mempertimbangkan jarak yang paling jauh untuk memisahkan dua kelas tepat di tengah. SVM merupakan salah satu *machine learning* yang melakukan pelatihan dengan menggunakan *training* dataset dan melakukan generalisasi dan membuat prediksi dari data baru. Dalam implementasinya, proses klasifikasi menjadi dua tahap yaitu *training* dan *testing*.

SVM memiliki prinsip dasar *linear classifier* yaitu kasus klasifikasi yang secara *linear* dapat dipisahkan dengan menggunakan *hyperplane* untuk mencari garis pemisah terbaik pada klasifikasi ataupun regresi. Namun, SVM telah dikembangkan agar dapat bekerja pada permasalahan *non-linear* dengan memasukkan konsep kernel pada ruang berdimensi tinggi. Dalam ruang berdimensi tinggi ini, SVM mencoba mencari *hyperplane* terbaik yang dapat memaksimalkan jarak (margin) antar kelas data (Octaviani, dkk., 2014). SVM *non-linear* dapat mengklasifikasikan lebih dari dua kelas dan data yang digunakan dapat dari data *linear* maupun *non-linear*. Dalam *Support Vector Machine* terdapat beberapa jenis kernel yang bisa digunakan seperti Kernel linear, Kernel *Radial Basic Function (RBF)*, Kernel *Polynomial* dan Kernel *Sigmoid*.

### a. Kernel *Linear*

Kernel *linear* adalah fungsi kernel yang paling sederhana. Kernel *linear* digunakan ketika data yang dianalisis sudah terpisah secara *linear*. Saat menganalisis kernel *linear* parameter yang dapat dioptimalkan adalah C atau *Cost*. Optimalisasi parameter C biasanya dilakukan dengan *trial and error*.

b. Kernel *RBF*

Sebuah kernel yang memiliki performa yang baik dengan parameter tertentu yang hasil dari pelatihannya tidak menghasilkan kesalahan yang besar (Sangeetha dan Kalpana, 2011). Saat menganalisis dengan *kernel RBF*, parameter yang dapat dioptimalkan adalah *Cost* (C) dan *Gamma* ( $\gamma$ ). Sama seperti kernel linear, optimasi parameter biasanya dilakukan dengan cara *trial dan error*.

c. Kernel *Polynomial*

Kernel *Polynomial* adalah bentuk yang lebih umum dari kernel *linear*. Dalam *machine learning*, kernel *polynomial* adalah fungsi kernel yang cocok untuk digunakan dalam SVM dan kernelisasi lainnya, di mana kernel mewakili kesamaan vektor sampel pelatihan dalam ruang fitur. Kernel *polynomial* juga sesuai untuk memecahkan masalah klasifikasi pada dataset pelatihan yang dinormalisasi. Saat menganalisis dengan *kernel polynomial*, parameter yang dapat dioptimasi adalah *Cost* (C) dan *Degree* (d). Sama halnya dengan kernel *linear* dan *RBF*, optimasi parameter biasanya dilakukan dengan *trial dan error*.

d. Kernel *Sigmoid*

Kernel *sigmoid* merupakan alat dalam SVM yang memungkinkan transformasi data ke dalam bentuk *non-linear* menggunakan kurva *sigmoid* yang sangat berguna ketika data tidak dapat dipisahkan secara linier dalam dimensi fitur asli. Dengan mengatur parameter *gamma* dan konstanta *c* secara optimal, SVM dapat menghasilkan hasil klasifikasi yang optimal untuk data yang kompleks dan tidak *linear*. Saat menganalisis dengan *kernel sigmoid*, parameter yang dapat dioptimasi adalah *Cost* (C) dan *Gamma* ( $\gamma$ ). Nilai parameter  $\gamma$  dan *c* harus dipilih dengan hati-hati untuk menghindarinya kesalahan dalam hasil yang didapatkan.

Pada penelitian ini, penulis menggunakan SVM *non-linear* dengan memanfaatkan kernel yang berdimensi tinggi karena data yang digunakan adalah data *non-linear* serta kelas pada saat melakukan klasifikasi lebih dari dua kelas, sehingga penggunaan kernel akan lebih dibutuhkan pada penelitian ini.

## 2.6 Teknik Penentuan Sampel

Sampel diartikan sebagai bagian dari populasi yang menjadi sumber data yang sebenarnya dalam suatu penelitian. Dengan kata lain, sampel adalah sebagian dari populasi untuk mewakili seluruh populasi. Teknik pengambilan sampel sangat penting untuk penelitian karena digunakan untuk menentukan siapa saja anggota dari populasi yang akan dijadikan sampel. Untuk itu, teknik pengambilan sampel haruslah secara jelas tergambar dalam rencana penelitian sehingga jelas dan tidak membingungkan ketika terjun dilapangan (Adnyana, 2021). Hasil dari citra yang diperoleh berdasarkan hasil klasifikasi, ditentukan sampel yang akan dibawa ke lapangan untuk verifikasi kebenarannya (BIG, 2014).

Seorang peneliti tidak diharuskan melakukan penelitian kepada seluruh objek yang menjadi pengamatan dikarenakan adanya keterbatasan yang dialami diantaranya waktu dan juga biaya. Peneliti cukup melakukan penelitian kepada sebagian dari keseluruhan objek. Menurut (Sugiyono, 2005) mengelompokkan teknik pengambilan sampel menjadi dua yaitu *Probability Sampling* dan *Nonprobability Sampling*. *Probability Sampling* adalah teknik pengambilan sampel yang memberikan peluang yang sama bagi setiap unsur populasi untuk dipilih menjadi anggota sampel yang terdiri dari empat macam yaitu *Simple Random Sampling*, *Proportionate Stratified Random Sampling*, *Disproportionate Stratified Random Sampling*, dan *Cluster Sampling (Area Sampling)*.

*Nonprobability Sampling* yaitu teknik pengambilan sampel yang tidak memberi peluang atau kesempatan yang sama bagi setiap unsur (anggota) populasi untuk dipilih menjadi anggota sampel. *Nonprobability Sampling* terdiri dari enam macam yaitu *Sampling Sistematis*, *Sampling Kuota*, *Sampling Insidental*, *Sampling Purposive*, *Sampling Jenuh*, dan *Snowball Sampling*. Teknik *sampling* merupakan teknik pengambilan sampel untuk menentukan sampel yang akan digunakan untuk melakukan proses klasifikasi. Secara umum, proses klasifikasi melibatkan pembuatan titik *training* dan *testing*. *Training sample* adalah data yang digunakan untuk melakukan proses klasifikasi. Sedangkan *testing* merupakan titik uji yang digunakan untuk melakukan

pengujian terhadap model yang telah dibuat. Dalam penelitian ini, teknik *sampling* yang digunakan adalah *stratified random sampling*.

Penentuan jumlah titik sampel ditentukan secara representatif dan proporsional berdasarkan luasan area yang dipetakan. Metode penentuan jumlah *sample* berdasarkan Peraturan Badan Informasi Geospasial (BIG) No. 3 Tahun 2014 (BIG, 2014) menggunakan rumus penentuan sebagai berikut:

$$A = TSM + \left( \frac{Luas}{1.500} \right) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

A : Jumlah Titik *Sample*

TSM : *Training Sample Minimum*

Berdasarkan Peraturan Badan Informasi Geospasial (BIG) Nomor 8 Tahun 2014 *Training Sample Minimum* (TSM) diperoleh berdasarkan skala peta, dengan ketentuan sebagai berikut:

Tabel 2. Jumlah *Training Sample Minimum* (TSM) berdasarkan Skala

No	Skala Peta	TSM
1	1:25.000	50
2	1:50.000	30
3	1:250.000	20

Sumber: BIG, 2014

Metode lain dalam penentuan sampel yang digunakan adalah dengan Slovin dalam (Arbiyanto, 2021). Rumus Slovin dapat digunakan untuk menentukan jumlah sampel pada penelitian yang menduga proporsi populasi. Slovin mengasumsikan bahwa tingkat keandalannya 95%. Berikut ini rumus penentuan sampel menggunakan Slovin.

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

Keterangan:

- n : *Sample*  
 N : Populasi  
 d : Galat pendugaan/kekeliruan yang ditetapkan (0,1)

Dalam penelitian ini pengolahan penentuan titik sampel yang digunakan yaitu Slovin. Penentuan titik *training* dan *testing* menggunakan metode Slovin dengan tingkat kekeliruan 0,1 dengan jumlah 100 sampel.

## 2.7 Uji Akurasi

Uji akurasi digunakan untuk melihat tingkat kesalahan yang terjadi pada klasifikasi area contoh, sehingga dapat ditentukan besarnya persentase ketelitian pemetaan. Akurasi ini menguji tingkat keakuratan secara visual dari klasifikasi terbimbing (Muhammad dkk., 2016). *Overall accuracy* atau akurasi keseluruhan yaitu mempresentasikan keakuratan perangkat dalam mengklasifikasikan data secara benar. Uji akurasi dilakukan berdasarkan perbandingan *training sample* dan *testing* yang berbeda, agar keakuratan hasilnya dapat diterima.

Nilai uji akurasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji akurasi keseluruhan dengan bantuan matriks kesalahan (*confusion matrix*). Uji Akurasi *Confusion Matrix* adalah metode untuk mengukur ketelitian klasifikasi, berisi informasi yang membandingkan hasil klasifikasi oleh perangkat dengan yang seharusnya (Rahmi Putri dkk., 2022). Akurasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai *kappa coefficient* dan *overall accuracy* selanjutnya dihitung juga nilai akurasi pembuat (*producer's accuracy*) dan akurasi pengguna (*user's accuracy*). Menurut (Jaya, 2014) secara matematis rumus dari *producer's accuracy* dan *user's accuracy*, dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{Producer's accuracy} = \left( \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{User's accuracy} = \left( \frac{X_{ii}}{X_{i+}} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

Nilai akurasi keseluruhan dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini (Rahmi Putri dkk., 2022):

$$\text{Overall accuracy} = \left( \frac{\text{Total nilai yang sesuai}}{\text{Total Seluruh}} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (5)$$

Selanjutnya nilai indeks *kappa* digunakan untuk mengetahui konsistensi nilai akurasi peta hasil pemetaan. Semakin besar nilai indeks *kappa* maka tingkat kepercayaan terhadap nilai uji akurasi yang dihasilkan akan semakin tinggi. Indeks *kappa* lebih menyeluruh dalam menyatakan validitas klasifikasi. Secara sistematis akurasi *kappa* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum X_{i+} X_{+i}} \times 100 \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

- $X_{ii}$  : Jumlah jenis penggunaan lahan ke - i
- $X_{+i}$  : Jumlah titik hasil klasifikasi pada jenis penggunaan lahan ke - i
- $X_{i+}$  : Jumlah titik hasil validasi pada jenis penggunaan lahan ke - i
- I : Baris atau kolom
- r : Jumlah kelas penggunaan lahan
- N : Jumlah titik penggunaan lahan yang divalidasi
- K : Nilai *kappa*

Hasil uji *kappa* diklasifikasikan menjadi beberapa kelas sebagaimana dalam tabel 3 dibawah ini yang menunjukkan keakuratan prediksi, salah satunya dalam melakukan uji akurasi terhadap perubahan penggunaan lahan. Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui keakuratan prediksi perubahan penggunaan lahan yang dihasilkan. Uji statistik *kappa* dalam hal ini untuk melihat hasil nilai yang diperoleh dari *validations* pada model prediksi penggunaan lahan. Berikut ini dalam tabel 3

Tabel 3. Nilai Kategori *Kappa*

Nilai Koefisien <i>Kappa</i>	Interpretasi Nilai <i>Kappa</i>
< 0,20	Rendah

0,21 – 0,40	Sedang
0,41 – 0,60	Cukup
0,61 – 0,80	Kuat
> 0,80	Sangat kuat

Sumber: (Kunz, 2017)

## 2.8 Citra Penginderaan Jauh

### 2.8.1 Citra SPOT-4

Satelit SPOT generasi kedua dimulai dengan diluncurkannya Satelit SPOT 4 (*Satellite Pour l'Observation de la Terre-4*) pada tanggal 24 Maret 1998. Lokasi peluncuran masih sama dengan tempat peluncuran Satelit SPOT-1 sampai dengan Satelit SPOT-3 yakni di *Guiana Space Center, Guyana Prancis*. Pada Satelit SPOT-4 disematkan sensor *High Resolution in Visible and Infra Red* (HRVIR) yang merupakan hasil peningkatan dari sensor HRV yang digunakan pada Satelit SPOT-1 hingga SPOT-3. Pada sensor HRVIR terdapat penambahan *band* gelombang pendek inframerah (*shortwave infrared*) yang berada pada julat cahaya gelombang 1580 – 1750 nm.

Sensor HRVIR hanya menghasilkan citra satelit moda cahaya spektral dalam spektrum elektromagnetik cahaya tampak (*visible*), inframerah dekat (*near infrared*), dan gelombang pendek inframerah (*short-wave infrared*), dengan resolusi spasial 20 meter. Satelit SPOT-4 disematkan juga sensor *Vegetation Monitoring Instrument* (VMI). Sesuai dengan namanya, sensor ini dirancang untuk melakukan pemantauan vegetasi global, dengan resolusi spasial 1,1 km dan lebar petak sekali perekaman mencapai 2.200 km. Komposit *band* SPOT-4 yang digunakan adalah komposit *true color*, yaitu tampilan citra dengan warna yang menyerupai kondisi sesungguhnya, hijau untuk vegetasi, merah kecoklatan untuk lahan terbuka dan biru untuk tampilan tubuh air. (Sari dan Pandansari, 2012). Spesifikasi dari citra SPOT-4 diuraikan pada tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Spesifikasi dari citra SPOT-4

<i>Band</i>	<b>Resolusi Spasial (m)</b>	<b>Panjang Gelombang (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
Pankromatik	10	-
<i>Sensor HRVIR</i>		
<i>Band – Green</i>	20	500 – 5.906
<i>Band - Red</i>	20	10 – 680
<i>Band – Near Infrared</i>	20	790 – 890
<i>Band – Shortwave Infrared</i>	20	1.580 - 1.750
<i>Sensor VMI</i>		
<i>Band – Blue</i>	1.100	430 – 470
<i>Band – Red</i>	1.100	610 – 680
<i>Band – Near Infrared</i>	1.100	790 – 890
<i>Band - Shortwave Infrared</i>	1.100	1.580 – 1.750

Sumber: Citra SPOT (Mapvisionindo, 2020)

### 2.8.2 Citra SPOT-7

Citra SPOT-7 merupakan hasil perekaman dari satelit SPOT-7. Satelit SPOT-7 dibuat oleh perusahaan *Airbus Defence & Space*, satelit ini diluncurkan pada tanggal 30 Juni 2014 di *Satish Damawan Space Center*, India. Satelit SPOT-7 dengan resolusi spasial mencapai 1,5 meter dalam posisi nadir, termasuk dalam kategori citra dengan resolusi spasial sangat tinggi. Dengan tampilan yang cukup detail disertai cakupan rekaman yang luas (mencapai lebar 60 km). Satelit SPOT-7 memiliki 4 kanal multispektral yang terdiri dari biru (kanal 1), hijau (kanal 2), merah (kanal 3), dan NIR (kanal 4), serta 1 *band* pankromatik (Sari dkk., 2023). Spesifikasi dari citra SPOT-7 diuraikan pada tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Spesifikasi dari citra SPOT-7

<i>Band</i>	<b>Resolusi Spasial (m)</b>	<b>Panjang Gelombang (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
Pankromatik	1,5	597,6
Moda Multispektral		
<i>4 Band:</i>	6	450 – 525
<i>Band - Blue</i>	6	530 – 590
<i>Band - Green</i>	6	625 – 695
<i>Band - Red</i>	6	760 – 890
<i>Band – Near Infrared</i>	6	760 – 890
Akurasi	10	-
Kapasitas Data	Perekaman Sampai dengan 6 juta km <sup>2</sup> /hari	-

Sumber: Citra Satelit SPOT 7 (Mapvisionindo, 2020)

## 2.9 Variabel Penelitian

Variabel adalah suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan ditarik kesimpulannya (Ihsan, 2020). Variabel sebenarnya adalah konsep dalam bentuk konkret atau konsep operasional. Suatu variabel adalah konsep tingkat rendah, yang acuan-acuannya secara relatif mudah diidentifikasi dan diobservasi serta mudah diklarifikasi, diurut atau diukur. Variabel pendorong digunakan untuk memprediksi perubahan dalam tutupan lahan.

### 2.9.1 Jaringan Jalan

Jaringan jalan adalah satu kesatuan ruas jalan yang saling menghubungkan dan mengikat pusat-pusat pertumbuhan dengan wilayah yang berada dalam pengaruh pelayanannya dalam satu hubungan tingkatan (Peraturan Pemerintah RI, 2004). Jaringan jalan dikelompokkan berdasarkan peranannya terdiri dari jalan arteri, jalan kolektor dan jalan lokal. Jalan arteri dan jalan kolektor yang menghubungkan antar ibukota provinsi. Jalan lokal yang menghubungkan antar ibukota kabupaten dengan

ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, serta ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal. Semakin dekat dengan jalan utama maka semakin besar kemungkinan untuk lahan di sekitarnya berubah menjadi lahan terbangun. Jarak ke jalan dianggap sebagai salah satu variabel pendorong yang mengindikasikan aspek ekonomi. Potensi perubahan tutupan/penggunaan lahan cenderung lebih tinggi jika jaraknya lebih dekat dengan jalan karena mempermudah aksesibilitas.

### **2.9.2 Jaringan Sungai**

Sungai merupakan daerah air alami atau buatan berbentuk jaringan pengaliran serta air di dalamnya, dimulai dari hulu hingga muara, yang dibatasi oleh garis sempadan (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 Tentang Sungai, 2011). Sungai memiliki peranan penting pada siklus air di bumi serta dalam kehidupan manusia. Manfaat sungai dalam kehidupan manusia antara lain, sebagai sumber air bersih, pengairan serta irigasi, budidaya perikanan serta sarana pariwisata. Berbanding terbalik dengan jarak dari jalan, semakin dekat dengan sungai semakin kecil nilai kesesuaiannya, klasifikasi ini dilakukan untuk menjaga agar sungai tetap berfungsi dengan baik dan menjaga kelestarian sungai itu sendiri.

### **2.9.3 Permukiman**

Permukiman adalah kawasan perkotaan maupun pedesaan yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung perikehidupan dan penghidupan. Pemukiman yang dimaksudkan pada penelitian ini yaitu di fokuskan pada peta permukiman. Pemukiman diukur berdasarkan peta penggunaan lahan permukiman. Data ini memperlihatkan bahwa semakin dekat dengan lahan terbangun semakin besar kemungkinan lahan di sekitarnya menjadi terbangun. Jarak ke lahan terbangun berkaitan dengan faktor budaya masyarakat. Potensi perubahan penggunaan lahan akan lebih besar jika lokasi tersebut dekat dengan lahan terbangun karena memfasilitasi akses ke lokasi yang berada di dalamnya.

### 2.9.4 Kemiringan Lereng

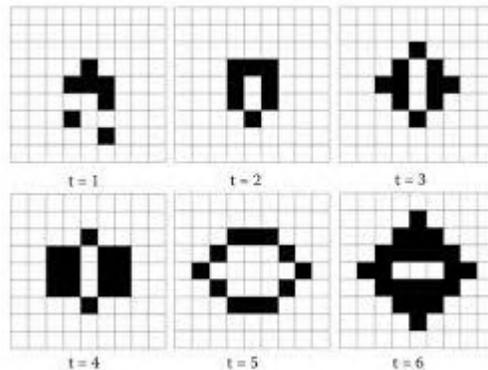
Variabel yang harus diperhatikan dalam memprediksi penggunaan lahan adalah kemiringan lereng. Kemiringan lereng yang memenuhi kriteria untuk dijadikan lahan permukiman adalah landai dan datar. Pengolahan lahan pada lereng dengan kemiringan 8 sampai dengan 15 % baik bagi pembangunan dan pengembangan permukiman karena dapat mengurangi tingkat erosi sehingga dapat diperuntukan untuk lahan permukiman. Sedangkan, lereng yang mempunyai kemiringan lereng 25 sampai dengan 45 % tidak baik untuk permukiman karena semakin tinggi tingkat erosi tanah yang terjadi (Ndun dkk., 2021).

### 2.10 Cellular Automata (CA)

CA merupakan suatu model diskrit yang terdiri dari grid-grid sel. Sel-sel tersusun dengan nilai yang berbeda beda pada setiap sel tertentu dapat berupa *biner* ataupun hexa, pada setiap sel harus mempunyai tetangga yang nantinya hubungan sel dan tetangganya dapat dibuat aturan yang bisa mengubah nilai atau kondisi pada setiap sel tersebut untuk periode waktu berikutnya, yang artinya bahwa *cellular automata* memiliki nilai atau kondisi pada setiap sel yang bergantung pada nilai atau kondisi tetangganya yang kemudian sel tersebut mengikuti aturan waktu dengan keadaan sendiri dan keadaan tetangganya. Sehingga *cellular automata* merupakan suatu simulasi yang dapat memprediksi pengembangan kota untuk dapat mengetahui proses dan evolusi dalam suatu perkotaan (Rahmawati, 2021). Model CA pada umumnya digunakan untuk memprediksi perkembangan di masa lalu mempengaruhi masa depan melalui interaksi lokal di antara bidang tanah dan terdiri dari lima unsur yaitu sel, kondisi, ketetanggaan, aturan transisi, dan waktu. Matriks peluang transisi akan dihasilkan pada proses ini dan dijadikan dasar untuk melakukan proyeksi penggunaan lahan ke depan.

CA adalah model sederhana dari proses terdistribusi spasial (*spatial distributed process*) dalam GIS berbasis raster, penggunaan CA dapat di lakukan pada beberapa *software* berbasis spasial salah satunya pada Quantum GIS yang di bantu oleh *Plugin*

*Modules for Land Use Cange Evaluation* (Molusce). Data terdiri dari susunan sel-sel (grid), dan masing-masing diatur sedemikian rupa sehingga hanya diperbolehkan berada di salah satu dari beberapa keadaan. Sel-sel tetangga (*neighborhoods*) merupakan bagian penting yang merepresentasikan kesatuan sel yang berinteraksi langsung dengan pusat sel. Jumlah dari sel tetangga sangat dipengaruhi oleh *lattice* dari sel tersebut. Bentuk piksel CA diperlihatkan pada gambar berikut.



Gambar 1. Simulasi *Cellular Automata*  
 Sumber: Pratomoatmojo, 2014 dalam (Rahmawati, 2021)

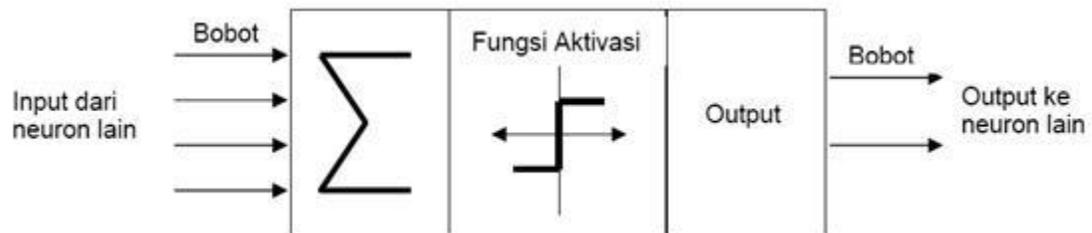
CA sudah banyak dikembangkan untuk berbagai macam aplikasi antara lain untuk prediksi sedimentasi, pemodelan aliran granular, pemodelan arus lalu lintas, prediksi pertumbuhan pemukiman dan perubahan penggunaan lahan. CA merupakan pendekatan komputasi berbasis keruangan yang memiliki keunggulan dalam mengakomodasi dimensi ruang, waktu dan atributnya. Keunggulan utama model ini adalah algoritmanya yang sederhana sehingga mudah diaplikasikan. Menurut Singh, 2003 keunggulan dari model ini yaitu dapat digunakan untuk mengkaji suatu pola sederhana sehingga pola yang kompleks dengan prinsip yang sederhana. Selain itu pemodelan ini juga dapat dilakukan validasi terhadap model yang dihasilkan, sehingga dapat diketahui keakuratan prediksi penggunaan lahan yang dilakukan baik secara persebaran spasial maupun luasan.

Selain dari keunggulan yang disebutkan tersebut, tidak terlepas juga adanya kekurangan dari model CA ini. Meskipun metode ini mampu menampilkan proses dan prediksi pertumbuhan suatu piksel tetapi tidak dapat memberikan informasi mengenai

hubungan antar variabel bebas (*independent variable*) dan variabel terikat (*dependent variable*) dan sebagai penyebab proses pertumbuhan. Oleh sebab itu, model CA sering dikombinasikan dengan sistem lain untuk meningkatkan akurasi, seperti *Artificial Neural Network* (Hapsary dkk., 2021).

### 2.11 *Artificial Neural Network* (ANN)

ANN merupakan representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba mensimulasikan proses pembelajaran otak manusia tersebut. Istilah buatan digunakan karena jaringan saraf di implementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran (Suhartono, 2012). ANN adalah sebuah jaringan syaraf yang terdiri dari banyak sel saraf (neuron) buatan yang umumnya disimulasikan dengan sebuah program komputer. Konsep dasar dari ANN adalah mekanisme berpikir sebuah sistem yang menyerupai otak manusia. Menurut Tasha, 2012 dalam Mulyasari (2023) ANN dapat diaplikasikan untuk memodelkan suatu perubahan penggunaan lahan, dengan tahapan (1) menentukan *input* dan arsitektur jaringan, (2) melatih jaringan, (3) menguji jaringan dan (4) menggunakan informasi yang telah dihasilkan memprediksi perubahan penggunaan lahan. Struktur ANN dapat dilihat pada Gambar 2.



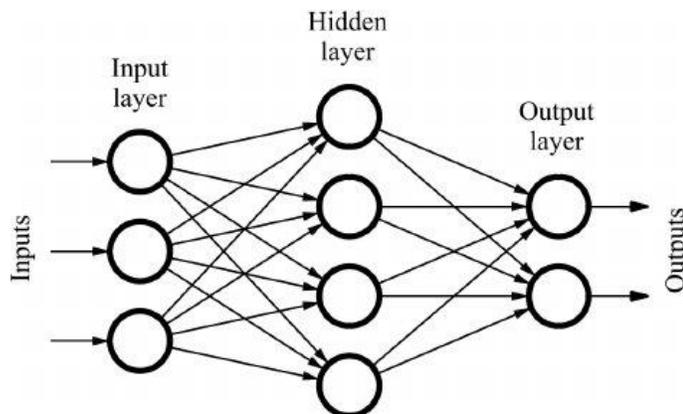
Gambar 2. Struktur *Artificial Neural Network*  
(Sumber: Suhartono, 2012)

Kelebihan dari model ini yaitu dapat mengenali data yang belum di generalisasi, menggabungkan data spektral dan non spektral dan memiliki kemampuan mengingat data yang digeneralisasi dalam jumlah banyak. ANN memiliki perbedaan dengan sebagian besar teknik pemodelan lainnya yang 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. ANN dapat diaplikasikan untuk memodelkan suatu perubahan penutupan lahan dalam empat tahap, yaitu (1) menentukan *input* dan arsitektur jaringan, (2) melatih jaringan menggunakan sebagian piksel dari *input*, (3) menguji jaringan menggunakan semua piksel dari *input* dan (4) menggunakan informasi yang telah dihasilkan oleh jaringan untuk memprediksi perubahan penggunaan lahan.

### 2.12 *Multi-layer Perceptron (MLP)*

Jaringan ANN memiliki 3 bentuk arsitektur didalamnya. MLP adalah salah satu bentuk arsitektur jaringan ANN yang paling banyak digunakan. MLP umumnya terdiri dari tiga jenis *layer* dengan topologi jaringan seperti gambar di bawah, yaitu lapisan masukan (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan lapisan keluaran (*output layer*) yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu hubungan *non-linear* di kehidupan nyata. Jaringan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih kompleks dibandingkan *single layer network*. Namun, proses pelatihan terhadap data yang diuji membutuhkan waktu yang lama.



Gambar 3. Ilustrasi *Multi-layer Perceptron (MLP)*  
(Sumber: researchgate.net)

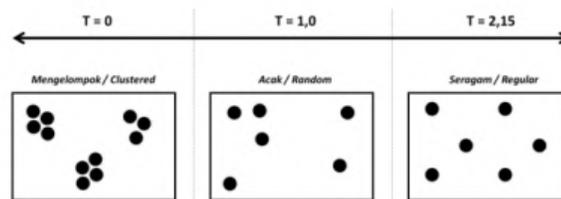
### 2.13 Uji Validasi Model

Uji validasi model bertujuan untuk melihat keakuratan dari hasil pemodelan prediksi penggunaan lahan yang selanjutnya dapat diambil keputusan apakah model tersebut

baik untuk digunakan dalam memprediksi penggunaan lahan dimasa mendatang. Validasi model dilakukan dengan cara membandingkan peta penggunaan lahan eksisting dengan peta penggunaan lahan hasil prediksi (Hapsary dkk., 2021).

#### 2.14 *Average Nearest Neighbor*

*Average Nearest Neighbor* merupakan salah satu metode analisis yang digunakan untuk menjelaskan pola persebaran dari titik-titik lokasi tempat dengan menggunakan perhitungan yang mempertimbangkan jarak, jumlah titik lokasi, serta luas wilayah, hingga hasil akhir berupa perhitungan *indeks* memiliki rentangan antara 0 sampai dengan 2,15 (Peter Haggett dalam Bintarto, 1978:76).



Gambar 4. Analisis tetangga terdekat  
Sumber: Bintarto, 2008 dalam Hirsan (2022)

Terdapat tiga macam variasi persebaran yaitu:

1. *Clustered* yaitu pola persebaran mengelompok jika jarak antara lokasi satu dengan lokasi lainnya berdekatan dan cenderung mengelompok pada tempat-tempat tertentu, dengan nilai indeks 0 (nol), pola sebaran mengelompok, jika nilai  $T = 0$  atau nilai  $T$  mendekati nol;
2. *Random* yaitu pola persebaran acak jika jarak antara lokasi satu dengan lokasi yang lainnya tidak teratur, dengan nilai indeks 1 (satu), pola sebaran random (acak), jika nilai  $T = 1$  atau nilai  $T$  mendekati 1; dan
3. *Dispersed* yaitu pola persebaran seragam/reguler jika jarak antara satu lokasi dengan lokasi lainnya relatif sama, dengan nilai indeks mendekati angka 2,15 (dua koma lima belas), pola sebaran seragam, jika nilai  $T = 2,5$  atau mendekati 2,5.

Rumus dalam metode *Average Nearest Neighbor* adalah sebagai berikut (Pelambi dkk., 2016)

Nilai rata-rata titik terdekat ( $\bar{D}_0$ ):

$$\bar{D}_0 = \frac{\sum_i^n di}{n} \dots\dots\dots(10)$$

Jarak rata-rata yang diperoleh ( $\bar{D}_E$ ):

$$\bar{D}_E = \frac{1}{2\sqrt{P}} \dots\dots\dots(11)$$

Dengan kepadatan titik  $P$ :

$$\text{Titik } P = \frac{n}{A} \dots\dots\dots(12)$$

Sehingga nilai ANN:

$$ANN = \frac{\bar{D}_0}{\bar{D}_E} \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan;

$\sum_i^n di$  = Total jumlah jarak garis lurus

$P$  = Kepadatan titik dalam tiap kilometer persegi yaitu jumlah titik ( $n$ ) dibagi luas wilayah ( $A$ )

$A$  = Luas wilayah

$\bar{D}_0$  = Jarak rata-rata yang diukur antara satu titik dengan titik tetangganya yang terdekat

$\bar{D}_E$  = Jarak rata-rata yang diperoleh semua titik

ANN = Indeks penyebaran tetangga terdekat

Sementara itu, untuk interpretasi nilai dari  $z$ -score sebagai berikut.

- a. Nilai  $z$ -score  $< -1,96$  menunjukkan pola permukiman mengelompok;
- b. Nilai  $z$ -score  $\geq -1,96$  dan  $z$ -score  $\leq 1,96$  menunjukkan pola permukiman acak;
- c. Nilai  $z$ -score  $> 1,96$  menunjukkan pola permukiman seragam atau menyebar.

Untuk  $p$ -value memiliki interpretasi nilai sebagai berikut.

- a. Nilai  $p$ -value  $< 0,05$  menunjukkan bahwa pola persebaran permukiman mengelompok;
- b. Nilai  $p$ -value  $\geq 0,05$  dan  $p$ -value  $\leq 0,05$  menunjukkan pola persebaran permukiman acak;
- c. Nilai  $p$ -value  $> 0,05$  menunjukkan pola permukiman seragam.

### 2.15 Kependudukan

Kependudukan sangat erat kaitannya dengan demografi. Demografi adalah tulisan-tulisan atau karangan-karangan mengenai rakyat atau penduduk. Istilah ini dipakai untuk pertama kalinya oleh Achille Guillard dalam karangannya yang berjudul *Elements de Statistique Humaine on Demographic Compares* pada tahun 1885. Masalah kependudukan sangat mempengaruhi kesejahteraan dan perkembangan suatu daerah dan Negara. Masalah kependudukan di Indonesia dikategorikan sebagai suatu masalah nasional yang besar dan memerlukan pemecahan segera. Hal ini mencakup lima masalah pokok yang terkait satu sama lainnya, yaitu: jumlah penduduk yang tinggi, tingkat pertumbuhan yang tinggi, penyebaran penduduk yang tidak merata, komposisi umur penduduk yang timpang, serta masalah mobilitas penduduk (Jouvancha, dkk., 2021).

Proyeksi penduduk yaitu penghitungan ilmiah yang didasarkan komponen yang berpengaruh terhadap pertumbuhan penduduk dimasa yang akan datang. Komponen-komponen tersebut akan menentukan besaran jumlah penduduk dan struktur penduduk. Dapat dikatakan proyeksi pendudukan adalah penghitungan jumlah penduduk (menurut komposisi umur dan jenis kelamin) di masa yang akan datang berdasarkan asumsi arah perkembangan fertilitas, mortalitas, dan migrasi. Metode proyeksi yang digunakan pada analisa ini adalah metode aritmatika, yang dimana digunakan sebagai perkiraan jumlah penduduk dimasa mendatang, sehingga penambahan penduduk tersebut akan digunakan untuk menghitung daya dukung *supply demand*/permukiman berdasarkan jumlah penduduk dan luas wilayah.

Hasil perhitungan kependudukan tersebut akan dianalisa dengan *supply demand*/permukiman sehingga metode aritmatika dapat digunakan karena memiliki hasil *trend* pertumbuhan penduduk yang cenderung naik dan memiliki hasil perhitungan proyeksi penduduk yang rasional. Proyeksi penduduk dapat dihitung berdasarkan metode aritmatika yang dapat dilihat pada rumus berikut:

$$P_t = P_0 (1 + r.t) \dots \dots \dots (14)$$

Keterangan:

$P_t$  = Jumlah Penduduk Tahun ke-t

$P_0$  = Jumlah Penduduk Pada Tahun Dasar

$l$  = Konstanta

$r$  = Rata-rata Laju Pertumbuhan Penduduk

$t$  = Periode Waktu Antara Tahun Dasar dan Tahun t (dalam tahun)

## 2.16 Daya Dukung Lahan Pemukiman

Menurut (Nurhayati, 2009) daya dukung lingkungan (*carrying capacity*) dalam konteks ekologis adalah jumlah populasi atau komunitas yang dapat didukung oleh sumber daya dan jasa yang tersedia dalam ekosistem tersebut dan dalam konteks berlanjutnya suatu kota, daya dukung lingkungan kota adalah jumlah populasi atau komunitas. Selanjutnya dalam Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, juga didefinisikan beberapa konsep mengenai daya dukung lingkungan hidup dan daya tampung lingkungan hidup.

Konsep daya dukung lingkungan dapat dilihat sebagai perkembangan lebih lanjut dari konsep kepadatan penduduk. Kepadatan penduduk menggambarkan hubungan kuantitatif antara penduduk dan luas lahan permukiman. Penurunan kualitas dan kerusakan pada ekosistem kemudian didefinisikan sebagai indikasi telah terlampauinya daya dukung lingkungan. Analisis daya dukung lahan permukiman dapat digunakan untuk kebijakan pengembangan permukiman.

Dalam (Badan Standardisasi Nasional, 2004) tentang Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan, menyebutkan tentang kebutuhan layak (minimum) lahan untuk bangunan rumah yaitu,  $9,6 \text{ m}^2$  / orang dewasa  $4,8 \text{ m}^2$  / anak-anak dan  $100 \text{ m}^2$  / kavling dan tambahan 30% dari luasan tersebut untuk tambahan fasilitas lingkungan permukiman, maka idealnya adalah  $130 \text{ m}^2$  untuk maksimal 5 orang, atau  $26 \text{ m}^2$ . Berikut merupakan perhitungan daya dukung permukiman berdasarkan Peraturan Menteri Negara Perumahan Rakyat (PERMEN) Nomor 11 Tahun 2008.

$$DDPm = \frac{\left(\frac{LPM}{JP}\right)}{\alpha} \dots\dots\dots(15)$$

Keterangan:

DDPm = Daya dukung permukiman

JP = Jumlah Penduduk

$\alpha$  = Koefisien luas ruang kebutuhan ruang/kapita ( $m^2$  / kapita)

LPM = Luas lahan yang layak untuk permukiman ( $m^2$ )

Perhitungan di atas, selanjutnya akan menghasilkan nilai DDPm yang dapat dikategorikan menjadi:

1. DDPm > 1, daya dukung permukiman masih tinggi;
2. DDPm = 1, daya dukung permukiman optimal;
3. DDPm < 1, daya dukung permukiman rendah.

### **2.17 Kesesuaian Penggunaan Lahan dengan Rencana Penggunaan Lahan**

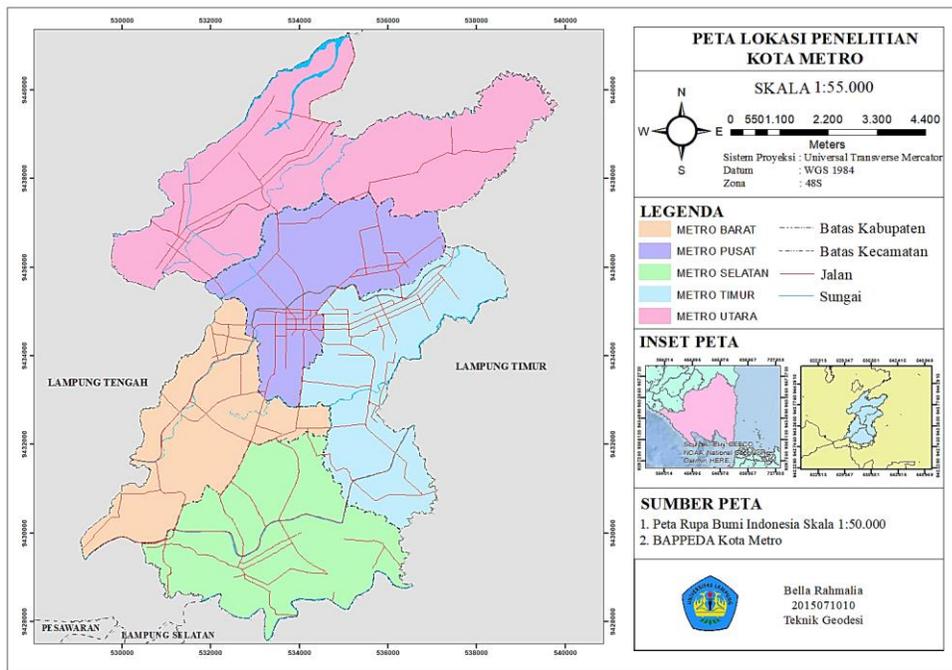
Rencana Tata Ruang Wilayah merupakan hasil analisis kesesuaian penggunaan lahan. Kesesuaian penggunaan lahan terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah adalah perbandingan antara arahan kawasan menurut tata ruang dengan kondisi eksisting penggunaan lahan saat ini. Faktor-faktor yang mempengaruhi penyimpangan adalah kepadatan penduduk, luas lahan pertanian, bangunan di bantaran sungai dan jarak ke pusat kota. Faktor sosial ekonomi masyarakat seperti pendidikan, pekerjaan pendapatan, kepemilikan lahan serta tingkat pengetahuan masyarakat tentang rencana tata ruang yang rendah akibat kurangnya sosialisasi tentang RTRW juga mempengaruhi penyimpangan yang terjadi (Eko dan Rahayu, 2015) .

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab III adalah bab metodologi penelitian yang menjelaskan tentang lokasi penelitian, peralatan penelitian yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak, data penelitian serta diagram alir penelitian yang terdiri dari tahap persiapan, tahap pengolahan dan tahap analisis data.

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Kota Metro, Provinsi Lampung. Kota Metro merupakan salah satu kota di Provinsi Lampung yang letaknya berdekatan dengan ibukota Provinsi Lampung dengan luas wilayah 68,74 km<sup>2</sup>. Kota Metro terdiri dari 5 kecamatan dan 22 kelurahan dengan kepadatan penduduk sekitar 150.950 jiwa/km<sup>2</sup>. Berikut merupakan peta lokasi penelitian yang disajikan dalam Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Lokasi Penelitian  
(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

Secara astronomis wilayah Kota Metro berada di  $5^{\circ}6'$  sampai dengan  $5^{\circ}8'$  Lintang Selatan dan  $105^{\circ}17'$  sampai dengan  $105^{\circ}19'$  Bujur Timur. Secara administratif, Kota Metro berbatasan langsung dengan beberapa wilayah kabupaten yang ada di Provinsi Lampung yaitu:

1. Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Punggur, Kabupaten Lampung Tengah, dan Kecamatan Pekalongan Kabupaten Lampung Timur.
2. Sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Pekalongan dan Kecamatan Batanghari, Kabupaten Lampung Timur.
3. Sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Metro Kibang, Kabupaten Lampung Timur/Way Sekampung.
4. Sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Trimurjo, Kabupaten Lampung Tengah.

### **3.2 Peralatan Penelitian**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang dapat dijelaskan sebagai berikut.

#### **3.2.1 Perangkat Keras**

Perangkat keras yang digunakan adalah seperangkat laptop dengan spesifikasi sebagai berikut.

##### **a. Laptop Acer**

Tipe	: Aspire E 14 E5 475G-525v
Sistem Operasi	: Windows 10 64-bit
Memori	: 4 GB
Processor	: Intel(R) Core(TM) i5-6200U CPU @ 2.30GHz 2.40 GHz

#### **3.2.2 Perangkat Lunak**

Perangkat lunak yang digunakan antara lain:

- a. Perangkat lunak pengolah data spasial yang digunakan untuk proses

pengolahan data spasial hingga proses *layouting* peta.

- b. Perangkat lunak pengolah data citra satelit yang digunakan untuk proses pengolahan data citra satelit.
- c. Perangkat lunak pengolah angka yang digunakan untuk mengumpulkan data berupa angka untuk menghitung luas daerah.
- d. Perangkat lunak pengolah kata yang digunakan untuk proses penulisan Skripsi.

### 3.3 Data Penelitian

Dalam penelitian ini dibutuhkan beberapa data sebagai penunjang pelaksanaan penelitian yang diuraikan pada Tabel sebagai berikut:

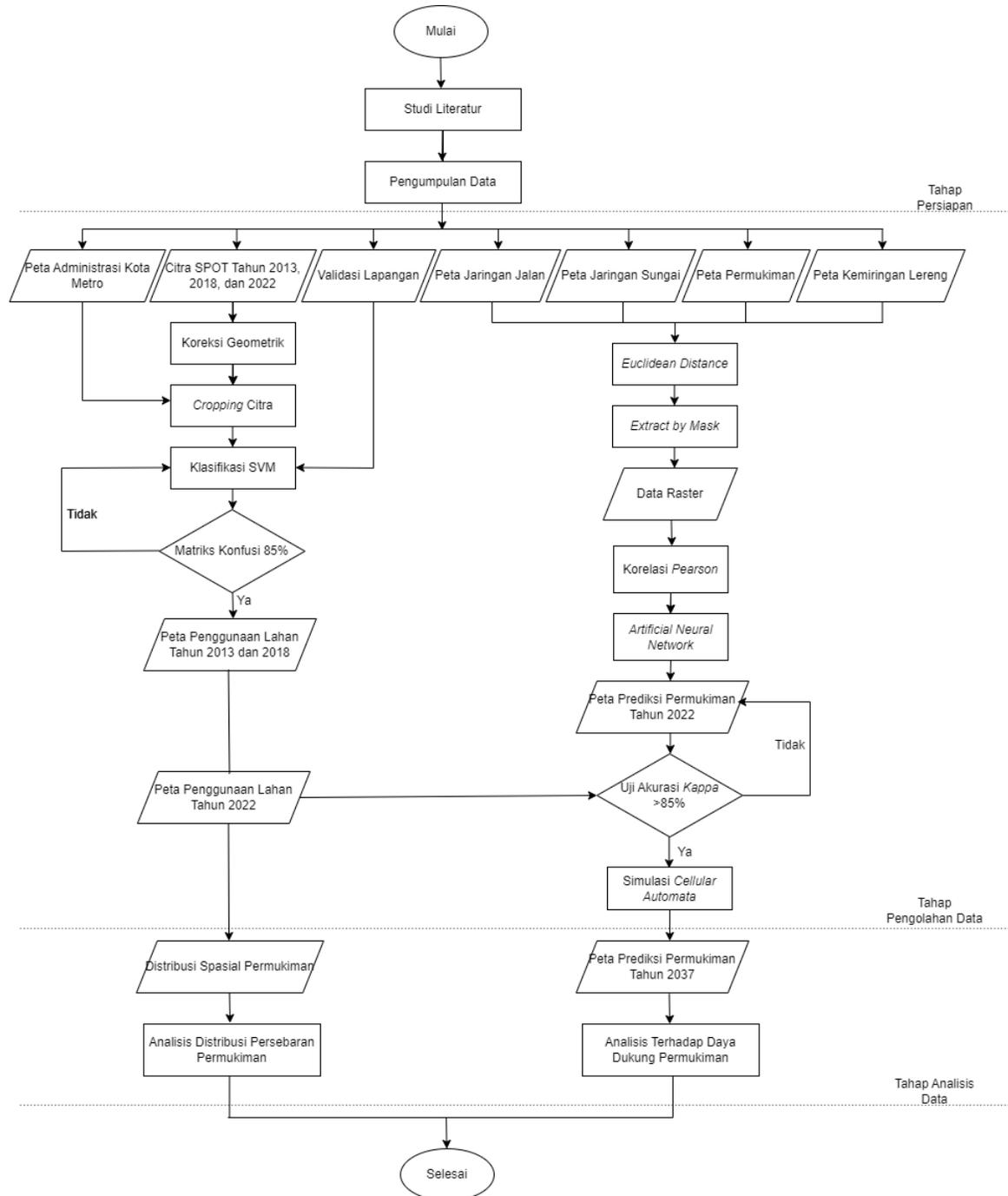
Tabel 6. Data Penelitian

No	Data	Jenis	Sumber Data
1	Citra SPOT-4 tahun 2013	Raster	Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN)
2	Citra SPOT-7 tahun 2018 dan 2022	Raster	Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN)
3	Batas Administrasi Kota Metro tahun 2023	Vektor	(Geoportal Kota Metro) <a href="http://metrokota.ina-sdi.or.id/">http://metrokota.ina-sdi.or.id/</a>
4	Peta Jaringan Sungai, Peta Permukiman	Vektor	(Ina-Geoportal) <a href="https://tanahair.indonesia.go.id/">https://tanahair.indonesia.go.id/</a>
5	Peta Jaringan Jalan	Vektor	Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang (PUTR) Kota Metro
5	Peta Kemiringan Lereng	Vektor	Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kota Metro
6	Peta Rencana Pola Ruang Kota Metro	Vektor	Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kota Metro
7	Jumlah Penduduk	Tabel	Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Metro ( <a href="https://metrokota.bps.go.id/">https://metrokota.bps.go.id/</a> )

*Sumber: Analisis Penulis, 2024*

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan diagram alir yang menjadi acuan dalam penelitian.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

Sumber: Analisis Penulis, 2024

### **3.5 Tahap Persiapan**

Sebelum memulai penelitian, langkah persiapan biasanya dilakukan oleh seorang peneliti. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa semua tahapan penelitian berjalan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan sebelumnya. Persiapan ini mencakup pengurusan dokumen administratif serta perencanaan alur kegiatan penelitian. Tahapan persiapan ini meliputi studi literatur dan mengumpulkan data pendukung lainnya.

#### **3.5.1 Studi Literatur**

Saat melakukan tahap studi literatur, peneliti mengumpulkan informasi yang diperlukan dan meninjau literatur dari penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik yang sedang diteliti. Literatur yang digunakan diperoleh dari berbagai sumber, termasuk jurnal penelitian, buku, serta kontribusi teoretis yang disajikan oleh para ahli baik di dalam maupun di luar Indonesia.

#### **3.5.2 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data merupakan tahap awalan yang harus direncanakan untuk mendapatkan sebuah hasil yang baik. Pada penelitian ini digunakan data sekunder yang bersumber dari instansi atau *website* terkait. Data citra SPOT-4 tahun 2013 dan citra SPOT-7 tahun 2018 dan 2022 yang diperoleh dari BRIN, batas administrasi Kota Metro diperoleh dari *website* Geoportal Kota Metro, peta jaringan sungai, peta permukiman diperoleh dari *website* Ina-Geoportal, peta jaringan jalan diperoleh dari Dinas PUTR Kota Metro, peta rencana pola ruang Kota Metro dan peta kemiringan lereng diperoleh dari BAPPEDA Kota Metro, serta jumlah penduduk yang diperoleh dari *website* BPS Kota Metro.

### **3.6 Tahap Pra Pengolahan Data**

Tahapan pengolahan data dapat dilakukan dengan berbagai proses sebagai berikut.

#### **3.6.1 *Cropping* Citra**

*Cropping* Citra dilakukan untuk membatasi daerah penelitian sehingga memudahkan

pada proses pengolahan data citra tersebut. Teknik yang digunakan pada tahapan *cropping* adalah dengan memfokuskan lokasi yang diinginkan pada citra. Pada citra SPOT-4 tahun 2013 serta citra SPOT-7 tahun 2018 dan 2022 dilakukan *cropping* secara langsung dengan peta batas administrasi Kota Metro tahun 2023. Proses ini dilakukan pada *Arctoolbox* yang tersedia di pengolah data spasial.

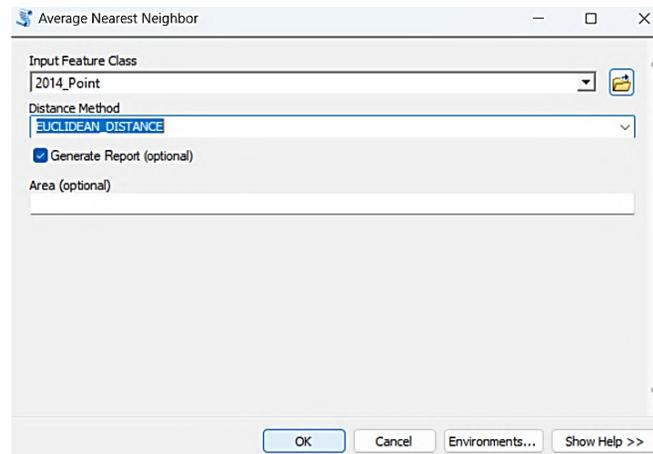
### **3.6.2 Koreksi Geometrik**

Koreksi geometrik pada citra satelit bertujuan untuk memperbaiki koordinat pada citra agar sesuai dengan koordinat geografis. Koreksi geometrik biasanya dilakukan dengan menggunakan koordinat 2 dimensi (x,y) atau koordinat *Ground Control Point* (GCP) sebagai data *inputnya*. Pada penelitian ini menggunakan proyeksi WGS 84 *Universal Transverse Mercator* (UTM) zona 48S dalam perangkat lunak pengolah data spasial.

## **3.7 Tahap Pengolahan Data**

### **3.7.1 Penentuan Pola Persebaran**

Salah satu cara untuk mengetahui pola persebaran permukiman adalah dengan menggunakan pendekatan analisis tetangga terdekat yang tersedia pada *arctoolbox* pada perangkat lunak pengolah data spasial. Analisis tetangga terdekat ini memuat informasi-informasi yang berkaitan dengan sebaran spasial, yaitu *z-score*, *p-value*, *nearest neighbor ratio*. *Z-score* dan *p-value* adalah ukuran signifikan statistik yang menunjukkan distribusi data acak. *Nearest neighbor ratio* merupakan rasio jarak yang diharapkan. Pertama, data persebaran permukiman yang berbentuk *polygon* diubah menjadi titik-titik persebaran permukiman menggunakan *feature to point*. Selanjutnya pengolahan ini dilakukan menggunakan *tools average nearest neighbor* yang tersedia pada *arctoolbox* pada bagian *spatial statistics patterns* di aplikasi pada perangkat lunak pengolah data spasial.



Gambar 7. Tahap *Average Nearest Neighbor*  
(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

### 3.7.2 Tahap Prediksi Penggunaan Lahan

Sebelum membuat *training sample*, tentukan terlebih dahulu klasifikasi penggunaan lahan yang ingin digunakan. Pembuatan *training sample* yaitu dengan membuat *shapefile* baru dengan *feature type* berbentuk *polygon*. Lakukan pembuatan sampel ini dengan teliti sebanyak 100 sampel karena pada penelitian ini menggunakan rumus penentuan sampel menggunakan Slovin. Berikut perhitungan hasil dari slovin.

Diketahui:

$$N = 6.998 \times 8.929 = 62.485,142$$

$$d = 0,1$$

maka,

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

$$n = \frac{62.485,142}{(N \times (0,1)^2) + 1} = \frac{62.485,142}{624.852,42} = 99,99, \text{ dibulatkan menjadi } 100.$$

Pada penelitian ini menggunakan klasifikasi penggunaan lahan yang mengacu pada penelitian terdahulu oleh (Saputra dkk., 2022) yang terbagi menjadi 7 kelas klasifikasi. Berikut ini tabel klasifikasi penggunaan lahan yang digunakan di Kota Metro.

Tabel 7. Klasifikasi Penggunaan Lahan

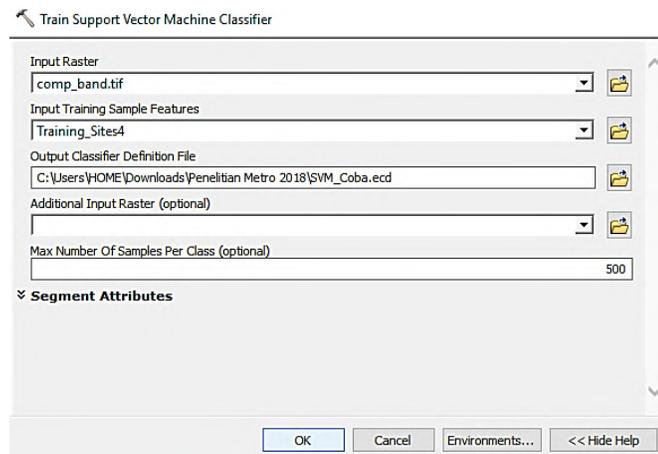
Kelas	Deskripsi
Sawah	Areal yang diusahakan untuk budidaya tanaman pangan dan hortikultura. Seluruh vegetasi yang ditanam dengan tujuan untuk dipanen, termasuk dalam kelas ini.
Permukiman	Areal atau lahan yang digunakan sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung kehidupan.
Semak Belukar	Lahan kering yang ditumbuhi berbagai vegetasi alamiah homogen/heterogen dengan kerapatan jarang hingga rapat dan didominasi oleh vegetasi rendah (alamiah).
Tanah Terbuka	Lahan tanpa tutupan lahan baik yang bersifat alamiah, semi alamiah, maupun artifisial. Menurut karakteristik permukaannya, lahan terbuka dapat dibedakan menjadi <i>consolidated</i> dan <i>unconsolidated</i> .
Hortikultura	Lahan yang digunakan untuk kegiatan pertanian tanpa pergantian tanaman selama dua tahun.
Badan Air	Semua kenampakan perairan, termasuk laut, waduk, terumbu karang, dan padang lamun.
Bangunan Non Permukiman	Area yang telah mengalami substitusi penutup lahan ilmiah ataupun semi alamiah dengan penutup lahan buatan yang biasanya bersifat kedap air dan relatif permanen.

Sumber: Analisis Penulis, 2024

### 3.7.3 Metode *Support Vector Machine* (SVM)

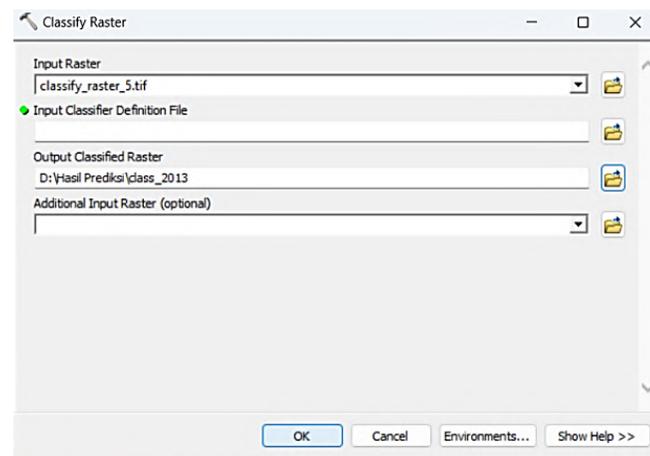
Metode SVM termasuk dalam klasifikasi terbimbing yang digunakan untuk mengklasifikasikan sebuah kelas. Jika sudah melakukan analisis *training sample* pada setiap kelas penggunaan lahan selanjutnya melakukan klasifikasi kelas dengan

menggunakan pendekatan *train support machine classifier*.



Gambar 8. *Train Support Machine Classifier*  
(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

Pengklasifikasian ini dibagi dalam 7 kelas yaitu: permukiman, sawah, semak belukar, badan air, hortikultura, tanah terbuka, dan bangunan non permukiman. Setelah selesai, pada tahap akhir lakukan pemrosesan dari klasifikasi svm menggunakan *tools classify raster* dengan cara *input* data raster yang telah diperoleh dari tahapan *train svm*.

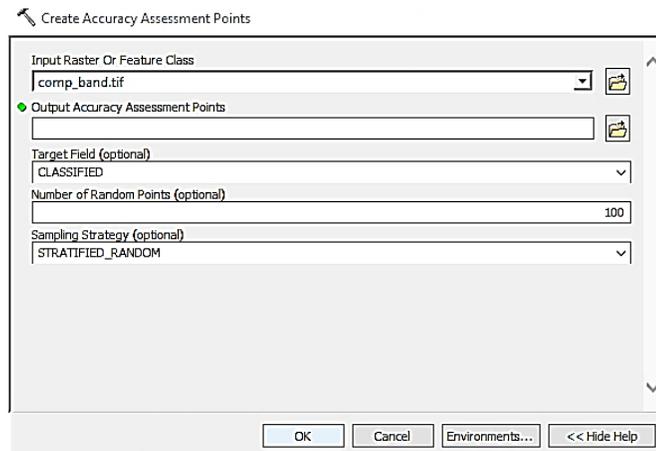


Gambar 9. *Classify Raster*  
(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

### 3.7.4 Uji Validasi

Uji validasi terhadap data yang telah dilakukan klasifikasi terbimbing menggunakan

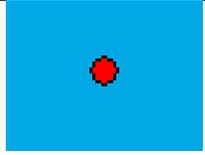
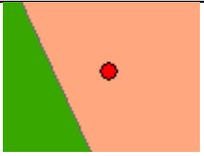
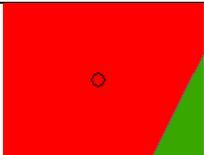
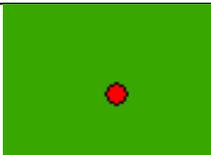
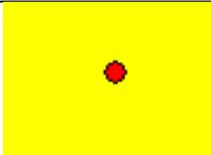
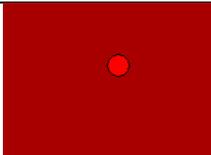
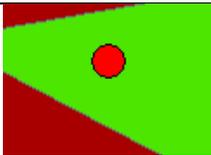
metode *stratified random sampling*. Penentuan jumlah sampel dihitung dengan nilai ketelitian sebesar  $>85\%$ . Pembuatan sampel ini dengan menggunakan tools “*create accuracy assessments points*” kemudian pada bagian *number of random points* di isi sesuai sampel yang telah ditentukan, disini penulis menggunakan sebanyak 100 titik.



Gambar 10. *Stratified Random Sampling*  
(Sumber: Analisis Penulis, 2024)

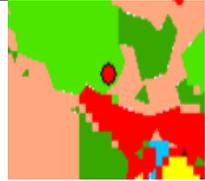
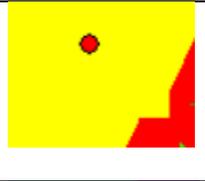
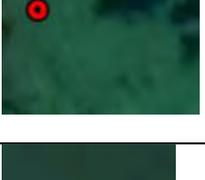
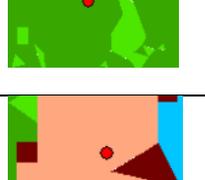
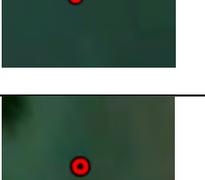
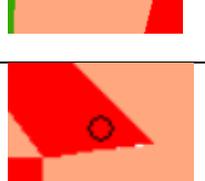
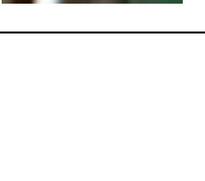
Uji validasi yang dilakukan untuk penggunaan lahan tahun 2013 dan tahun 2018 menggunakan bantuan aplikasi *google earth pro* sedangkan untuk penggunaan lahan tahun 2022 dapat dilakukan turun secara langsung ke lapangan menggunakan koordinat titik uji yang telah di dapatkan pada aplikasi pengolah data spasial. Kemudian sesuaikan dengan urutan angka setiap kelas penggunaan lahannya dengan menyesuaikan pada citra *google earth* dan keadaan di lapangan. Jika sudah selesai dilakukan validasi menggunakan *google earth* dan lapangan selanjutnya dilakukan perhitungan *confusion matrix*. Berikut ini penggunaan lahan titik uji validasi setiap tahun sebanyak 100 titik yang tersebar di seluruh Kota Metro.

Tabel 8. Hasil Uji Validasi Tahun 2013

No	Objek	East (meter)	North (meter)	Citra Satelit SPOT-4	Google Earth	Keterangan
1	Badan Air	534.483,00	9.440.725,00			Sesuai
2	Holtikultura	534.523,00	9.439.945,00			Sesuai
3	Permukiman	538.123,00	9.439.685,00			Sesuai
4	Sawah	539.603,00	9.439.685,00			Sesuai
5	Bangunan Non Permukiman	539.083,00	9.439.365,00			Sesuai
6	Tanah Terbuka	539.293,00	9.438.445,00			Sesuai
7	Semak Belukar	537.243,00	9.438.225,00			Sesuai

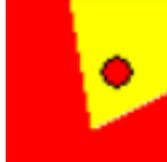
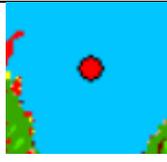
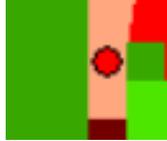
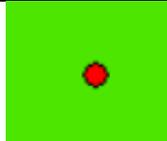
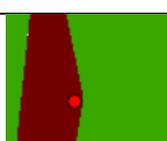
Sumber: Analisis Penulis, 2024

Tabel 9. Tabel Hasil Uji Validasi Tahun 2018

No	Objek	East (meter)	North (meter)	Citra Satelit SPOT-7	Google Earth	Keterangan
1	Badan Air	533.393,98	9.440.259,01			Sesuai
2	Semak Belukar	533.290,77	9.439.992,66			Sesuai
3	Bangunan non pemukiman	533.298,42	9.439.743,94			Sesuai
4	Tanah Terbuka	535.194,37	9.440.807,54			Sesuai
5	Sawah	533.582,94	9.438.997,66			Sesuai
6	Hortikultura	533.031,93	9.438.739,25			Sesuai
7	Pemukiman	536.449,41	9.436.954,58			Sesuai

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Tabel 10. Hasil Uji Validasi Tahun 2022

No	Objek	East (meter)	North (meter)	Citra Satelit SPOT-7	Google Earth	Keterangan
1	Sawah	9.440.203,64	533.615,65			Sesuai
2	Bangunan non pemukiman	9.439.919,65	533.391,61			Sesuai
3	Badan Air	9.441.026,53	534.945,08			Sesuai
4	Holtikultura	9.440.664,93	535.213,15			Sesuai
5	Semak Belukar	9.440.648,36	535.203,16			Sesuai
6	Tanah Terbuka	9.440.574,43	534.929,34			Sesuai
7	Pemukiman	9.439.563,70	533.411,39			Sesuai

*Sumber: Analisis Penulis, 2024*

Penilaian hasil klasifikasi penggunaan lahan merupakan tahapan yang paling penting untuk memberikan gambaran tentang tingkat keakurasian dari hasil klasifikasi melalui matriks konfusi. Matriks konfusi digunakan dalam proses mencari nilai akurasi dalam

klasifikasi yaitu melalui perbandingan kesesuaian hasil klasifikasi dengan sampel yang telah di validasi di lapangan (*testing sample*). Matriks konfusi penggunaan lahan pada tahun 2013, 2018, dan 2022 dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 11. Matriks Konfusi Penggunaan Lahan Tahun 2013

Kelas	Google Earth							Total	User's Accuracy
	0	1	2	3	4	5	6		
Klasifikasi SVM (2013)	0	26	0	0	0	0	0	26	100%
	1	2	20	0	0	0	0	22	91%
	2	0	0	14	0	2	0	16	88%
	3	0	0	0	4	0	0	4	100%
	4	1	0	0	0	10	0	11	91%
	5	0	1	0	0	0	12	15	80%
	6	0	0	0	0	0	0	6	100%
	Total	29	21	14	4	12	12	8	100
Producer Accuracy		90%	95%	100%	100%	83%	100%	75%	
Overall Accuracy					92,00%				
Kappa Accuracy					0,90				

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Keterangan:

- 0 = Permukiman
- 1 = Sawah
- 2 = Semak Belukar
- 3 = Badan Air
- 4 = Holtikultura
- 5 = Tanah Terbuka
- 6 = Bangunan Non Permukiman

$$\begin{aligned}
 \text{Overall accuracy} &= \left( \frac{\text{Total nilai yang sesuai}}{\text{Total seluruh}} \right) \times 100 \\
 &= \left( \frac{92}{100} \right) \times 100 \\
 &= 0,92 \times 100 = 93\%
 \end{aligned}$$

$$\text{Kappa} = \left( \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum X_{i+} X_{+i}} \right) \times 100$$

$$Kappa = \left( \frac{(100 \times 92) - \Sigma((26 \times 29) + (22 \times 21) + (16 \times 14) + (4 \times 4) + (11 \times 12) + (15 \times 12) + (6 \times 8))}{100^2 - \Sigma((26 \times 29) + (22 \times 21) + (16 \times 14) + (4 \times 4) + (11 \times 12) + (15 \times 12) + (6 \times 8))} \right) \times 100$$

$$= 0,90 \times 100 = 90,00\%$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, peta klasifikasi penggunaan lahan tahun 2013 menghasilkan nilai keakuratan menggunakan matriks konfusi ini dengan nilai *overall accuracy* sebesar 92% dan menghasilkan nilai *kappa* sebesar 90,00% yang memiliki interpretasi sangat kuat.

Tabel 12. Matriks Konfusi Penggunaan Lahan Tahun 2018

Kelas	Google Earth							Total	<i>User's Accuracy</i>
	0	1	2	3	4	5	6		
0	28	0	0	0	0	0	0	28	100%
1	2	13	2	0	0	0	1	18	72%
2	0	0	18	0	0	0	0	18	100%
3	1	0	1	2	0	0	0	4	50%
4	0	0	0	0	11	0	0	11	100%
5	0	0	0	0	0	13	0	13	100%
6	0	0	0	0	0	0	8	8	100%
Total	31	13	21	2	11	13	9	100	
<i>Producer Accuracy</i>	90%	100%	86%	100%	100%	100%	89%		
<i>Overall Accuracy</i>								93,00%	
<i>Kappa Accuracy</i>								0,91	

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Keterangan:

- 0 = Permukiman
- 1 = Sawah
- 2 = Semak Belukar
- 3 = Badan Air
- 4 = Holtikultura
- 5 = Tanah Terbuka
- 6 = Bangunan Non Permukiman

$$Overall\ accuracy = \left( \frac{Total\ nilai\ yang\ sesuai}{Total\ seluruh} \right) \times 100$$

$$= \left(\frac{93}{100}\right) \times 100$$

$$= 0,93 \times 100 = 93\%$$

$$Kappa = \left(\frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}\right) \times 100$$

$$Kappa = \left(\frac{(100 \times 93) - \Sigma((28 \times 31) + (18 \times 13) + (18 \times 21) + (4 \times 2) + (11 \times 13) + (13 \times 13) + (8 \times 9))}{100^2 - \Sigma((28 \times 31) + (18 \times 13) + (18 \times 21) + (4 \times 2) + (11 \times 13) + (13 \times 13) + (8 \times 9))}\right) \times 100$$

$$= 0,91 \times 100 = 91,00\%$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, peta klasifikasi penggunaan lahan tahun 2018 menghasilkan nilai keakuratan menggunakan matriks konfusi ini dengan nilai *overall accuracy* sebesar 93% dan menghasilkan nilai *kappa* sebesar 91,00% yang memiliki interpretasi sangat kuat.

Tabel 13. Matriks Konfusi Penggunaan Lahan Tahun 2022

Kelas	Validasi Lapangan							Total	User's Accuracy
	0	1	2	3	4	5	6		
0	25	0	0	0	1	0	0	26	96%
1	3	16	0	0	0	0	2	21	76%
2	0	0	11	0	0	1	0	12	92%
3	0	0	0	7	0	0	0	7	100%
4	0	0	1	0	11	0	0	12	92%
5	1	0	0	0	1	7	0	9	78%
6	0	0	0	0	0	0	13	13	100%
Total	29	16	12	7	13	8	15	100	
<i>Producer Accuracy</i>	86%	100%	92%	100%	85%	88%	87%		
<i>Overall Accuracy</i>	90,00%								
<i>Kappa Accuracy</i>	0,88								

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Keterangan:

- 0 = Permukiman
- 1 = Sawah
- 2 = Semak Belukar
- 3 = Badan Air

- 4 = Holtikultura
- 5 = Tanah Terbuka
- 6 = Bangunan Non Permukiman

Perhitungan nilai *overall accuracy* dan nilai indeks *kappa* dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Overall accuracy} &= \left( \frac{\text{Total nilai yang sesuai}}{\text{Total seluruh}} \right) \times 100 \\ &= \left( \frac{90}{100} \right) \times 100 \\ &= 0,9 \times 100 = 90\% \end{aligned}$$

$$\text{Kappa} = \left( \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum X_{i+} X_{+i}} \right) \times 100$$

$$\begin{aligned} \text{Kappa} &= \left( \frac{(100 \times 90) - \Sigma((26 \times 29) + (21 \times 16) + (12 \times 12) + (7 \times 7) + (12 \times 13) + (9 \times 8) + (13 \times 15))}{100^2 - \Sigma((26 \times 29) + (21 \times 16) + (12 \times 12) + (7 \times 7) + (12 \times 13) + (9 \times 8) + (13 \times 15))} \right) \times 100 \\ &= 0,88 \times 100 = 88,00\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, peta klasifikasi penggunaan lahan tahun 2022 menghasilkan nilai keakuratan menggunakan matriks konfusi ini dengan nilai *overall accuracy* sebesar 90% dan menghasilkan nilai *kappa* sebesar 88,00% yang memiliki interpretasi sangat kuat.

### 3.7.5 Pengolahan Variabel Pendukung

Variabel pendukung diperlukan dalam proses pemodelan prediksi perubahan penggunaan lahan yang memungkinkan berpengaruh atau memacu terjadinya perubahan. Dalam penelitian ini variabel pendukung yang digunakan meliputi jarak ke jalan, jarak ke sungai, jarak ke permukiman dan kemiringan lereng. Perhitungan jarak diketahui melalui perhitungan jarak lurus dari objek *euclidean distance* (ED), untuk setiap variabel *cellsize* ini berukuran 30. Hasil dari ED masih menyeluruh, tidak berbentuk batas administrasi. Sehingga perlu memotong/*clip* berdasarkan batas administrasi. Proses pemotongan (*masking*) bisa menggunakan *raster* penggunaan lahan. Data *input* pemodelan dalam MOLUSCE menggunakan data raster sehingga

keempat variabel pendukung dikonversi terlebih dahulu menjadi data raster. Analisis *tools* yang digunakan adalah *extract by mask*.



Gambar 11. *Raster Jalan Kota Metro*  
*Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2024*



Gambar 12. *Raster Sungai Kota Metro*  
*Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2024*



Gambar 13. *Raster Lereng Kota Metro*  
*Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2024*



Gambar 14. *Raster Permukiman Kota Metro*  
*Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2024*

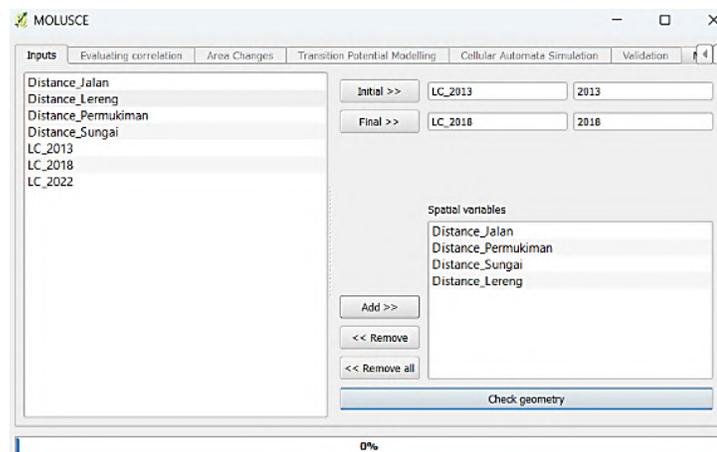
### 3.7.6 Pengolahan Prediksi Penggunaan Lahan

Pemodelan CA dan ANN dilakukan dengan *software* pengolah data spasial menggunakan *plugin* MOLUSCE. Data masukan dalam pemrosesan ini menggunakan

peta penggunaan lahan Kota Metro tahun 2013, 2018, dan 2022 dan variabel pendukung sebagai data masukan yaitu peta jalan, pemukiman, sungai dan lereng yang telah diolah menjadi data raster. Tahapan pemodelan prediksi dapat dilakukan sebagai berikut.

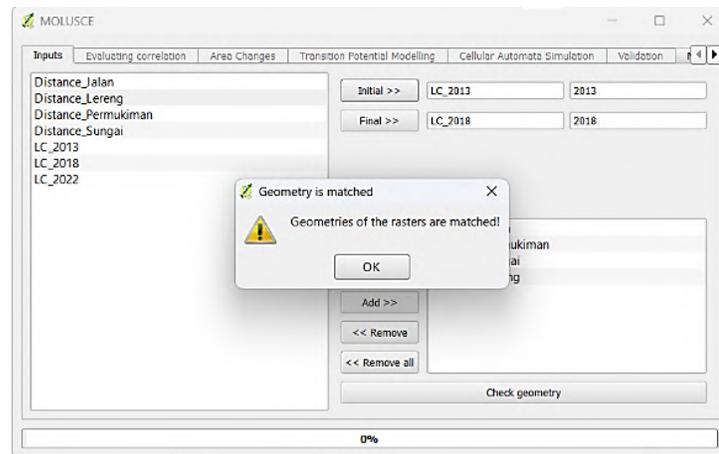
### 3.7.6.1 Memasukkan Data

*Input* data terdiri dari penggunaan lahan dan spasial variabel. *Initial* adalah penggunaan lahan tahun pertama (2013) dan *final* adalah penggunaan lahan tahun kedua (2018). Sedangkan *spatial* variabel adalah variabel pendukung penggunaan lahan.



Gambar 15. *Input Data Initial dan Final*  
 Sumber: Analisis Penulis, 2024

Proses input data sukses dengan pemberitahuan “*Geometries of the rasters are matched*” yang berarti semua input data memiliki resolusi spasial (*cell size*), letak dan koordinat yang sama.



Gambar 16. Variabel *Matched*  
 Sumber: Analisis Penulis, 2024

### 3.7.6.2 Korelasi *Pearson*

Tahapan kedua adalah untuk melihat korelasi atau keterkaitan antar variabel pendukung menggunakan *pearson correlation*. Didapatkan korelasi antar variabel seperti berikut.

	Distance_Sungai	Distance_Lereng	Distance_Permukiman	Distance_Jalan
Distance_Sungai	--	0.00294308057961	-0.0334002381159	0.0215875861651
Distance_Lereng		--	0.0212652486638	0.00212530540034
Distance_Permukiman			--	0.401730505964
Distance_Jalan				--

Gambar 17. Korelasi Variabel Pendukung  
 Sumber: Analisis Penulis, 2024

### 3.7.5.4 Perubahan Lahan

Tahapan ketiga adalah *Area Changes* yaitu menghasilkan tabel untuk mengetahui luas perubahan tiap kelas penggunaan lahan dan matriks transisi yang menunjukkan besar peluang terjadinya perubahan penggunaan lahan, setelah itu jika ingin menampilkan peta perubahan penggunaan lahan maka pilih “*create change map*” kemudian pilih lokasi penyimpanan kemudian *save*.

Class color	2013	2018	Δ	2013 %	2018 %	Δ %
0.000000	1091.61 ha	1434.60 ha	342.99 ha	14.9565324619	19.6559590604	4.69942659843
1.166667	4027.05 ha	3522.24 ha	-504.81 ha	55.1760281152	48.2594487946	-6.91657932055
2.333333	1346.49 ha	1269.36 ha	-77.13 ha	18.4487329675	17.3919477156	-1.05678525187
3.500000	54.81 ha	230.67 ha	175.86 ha	0.750971083297	3.16049078242	2.40951969912

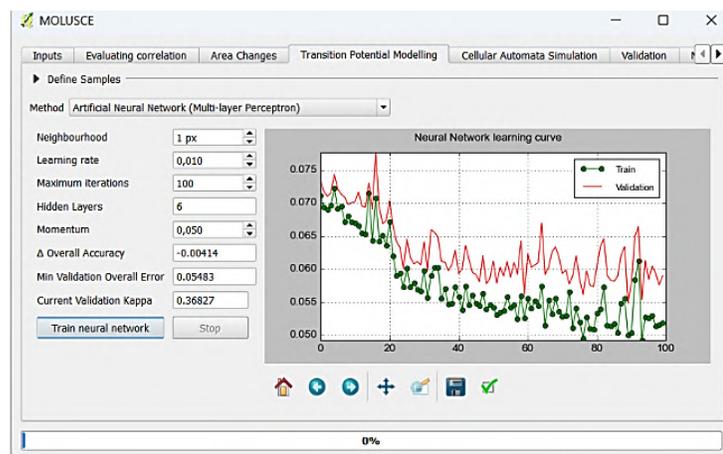
  

	0.000000	1.166667	2.333333	3.500000	4.666667	5.833333	7.000000
0.000000	0.323522	0.368621	0.146508	0.027208	0.096216	0.031247	0.006678
1.166667	0.176511	0.499676	0.181450	0.029009	0.079942	0.028875	0.004537
2.333333	0.150792	0.531315	0.174186	0.040706	0.070517	0.028608	0.003877
3.500000	0.170772	0.453202	0.151067	0.077176	0.088670	0.050903	0.008210

Gambar 18. Area Change  
Sumber: Analisis Penulis, 2024

### 3.7.5.5 Pemodelan Potensi Transisi

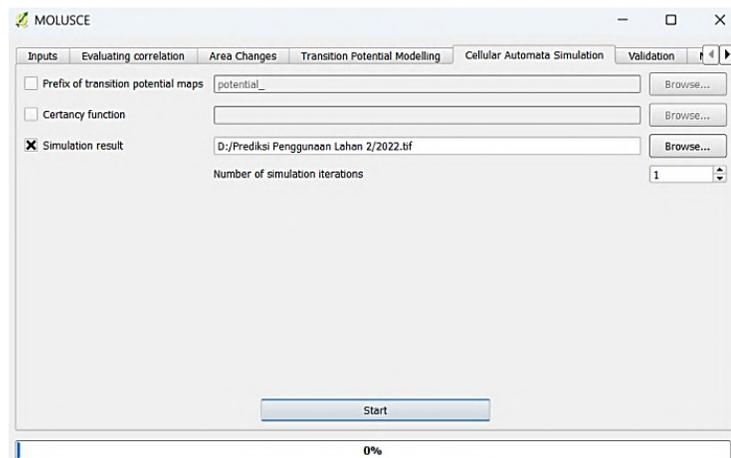
Tahapan keempat adalah membuat *Transition Potential Modeling*. Ini adalah suatu derajat yang menunjukkan terjadinya perubahan kelas penggunaan lahan menjadi kelas lainnya, berdasarkan input data yang tadi kita masukan. Salah satu metode yang tersedia di *Molusce* adalah *Artificial Neural Network*. Dalam pengolahan ini, peneliti menggunakan metode ANN. *Neighbourhood* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 piksel dan *iteration* yang digunakan adalah 100. Semakin tinggi jumlah *iteration* diasumsikan hasil akan semakin baik walaupun menambah waktu pemrosesan.



Gambar 19. Transition Potential Modeling  
Sumber: Analisis Penulis, 2024

### 3.7.5.6 Simulasi *Cellular Automata*

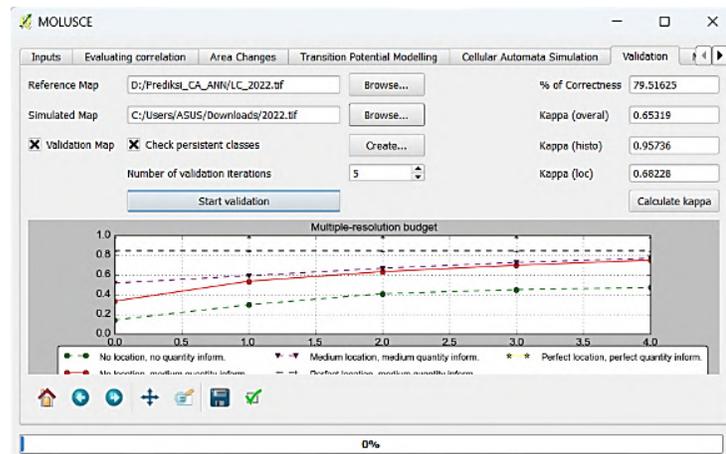
Tahap kelima ini merupakan tahap pembuatan model penggunaan lahan dimana tahun prediksi = tahun sebelum + rentang tahun. Dalam penelitian ini tahun 2013 merupakan tahun awal, 2018 tahun akhir, dan rentang tahunnya yaitu 5 tahun, maka prediksi yang dihasilkan yaitu  $2018 + 5 = 2022$ , dengan simulasi iterasi sebanyak 1 kali. Apabila ingin memprediksi tahun 2037 maka iterasi ditambahkan menjadi 4 kali.



Gambar 20. *Cellular Automata Simulation*  
 Sumber: Analisis Penulis, 2024

### 3.7.5.7 Validasi

Tahapan keenam adalah validasi. Validasi model diperlukan untuk mengetahui keakuratan dari prediksi yang telah dibuat. Validasi dilakukan dengan membandingkan peta penggunaan lahan hasil simulasi dengan referensi. Hasil validasi dapat diketahui dengan metode *kappa*. Nilai akurasi *kappa* 0,81 - 1,00 menunjukkan hasil interpretasi adalah sangat baik, nilai 0,61 - 0,80 adalah baik, nilai 0,41 – 0,60 adalah sedang, nilai 0,21 – 0,40 adalah kurang dari sedang, dan nilai <0,20 adalah buruk. Tahapan pemodelan dan prediksi dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 21. *Validation*  
 Sumber: Analisis Penulis, 2024

### 3.8 Tahap Menghitung Daya Dukung Lahan Permukiman

Pada tahap ini dilakukan perhitungan daya dukung lahan permukiman untuk melihat dan mengetahui seberapa mampu suatu wilayah dalam menyediakan lahan permukiman guna menampung jumlah penduduk tertentu untuk bertempat tinggal secara layak. Perhitungan daya dukung permukiman berdasarkan jumlah penduduk dan luas wilayah telah ditentukan oleh Peraturan Menteri Negara Perumahan Rakyat (PERMEN) Nomor 11 Tahun 2008. Daya dukung permukiman ini dilakukan untuk mengetahui jumlah permukiman apakah dapat memenuhi atau tidaknya suatu wilayah permukiman dengan berdasarkan dari hasil ketiga kategori yang telah dijelaskan di dalam tinjauan pustaka.

## V. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan uraian pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Pola Persebaran Permukiman Kota Metro pada tahun 2013, 2018, dan 2022 memiliki pola persebaran mengelompok. Pola mengelompok mengikuti jalan ini menunjukkan bahwa semakin lahan dekat dengan jalan maka harga jual lahan semakin tinggi, hal tersebut yang mendasari permukiman yang ada banyak menempati wilayah sepanjang jalan. Kemudahan aksesibilitas dan keterjangkauan menjadikan daya tarik penduduk untuk mendirikan rumah. Hal ini disebabkan karena penduduk pada dasarnya menyukai tempat tinggal yang dekat dengan akses jalan, dekat dengan permukiman lainnya, mencari jarak yang jauh dari sungai, dan dengan kemiringan lereng datar.
2. Berdasarkan hasil perhitungan nilai daya dukung permukiman pada tahun 2013, 2018 dan 2022 dan pada prediksi tahun 2037 di Kota Metro memiliki nilai  $DDP_m > 1$  yang artinya memiliki kategori tinggi. Maka dari itu, dalam kurun waktu 15 tahun mendatang, Kota Metro masih mampu menampung penduduk untuk bermukim.
3. Prediksi penggunaan lahan Kota Metro Tahun 2037 didominasi bertambahnya lahan permukiman yang menghasilkan luas tertinggi sebesar 4.336,241 Ha. Kelas permukiman mengalami pertambahan drastis, yang sebelumnya pada tahun 2022 luas penggunaan lahan permukiman eksisting yaitu seluas 2.637,45 Ha. Dalam kurun waktu 15 tahun yang dimulai dari tahun 2022 hingga tahun 2037 terjadi penambahan luas pada lahan terbangun seluas 1.698,791 Ha sehingga hasil penelitian prediksi dengan model CA-ANN ini dapat digunakan untuk memproyeksikan perubahan penggunaan lahan di tahun berikutnya.

## 5.2 Saran

Penelitian yang telah dilakukan, tentunya terdapat berbagai kendala dan kekurangan. Oleh karena itu, terdapat saran-saran yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dan masukan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Penambahan variabel yang lainnya dalam memprediksi penggunaan lahan untuk hasil yang lebih akurat. Variabel seperti fasilitas pendidikan, jenis tanah, fasilitas umum serta lainnya dapat ditambahkan pada penelitian selanjutnya.
2. Penelitian perubahan penggunaan lahan dilakukan dengan rentang waktu yang lebih lama agar mendapatkan perbedaan hasil perubahan yang signifikan.
3. Pada prediksi penggunaan lahan tahun 2037 diperkirakan luas lahan permukiman akan terus bertambah setiap tahunnya. Untuk itu pemerintah harus lebih menekannya kebijakan terkait pengendalian penggunaan lahan ini agar kedepannya tidak terjadi hal yang tidak diinginkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adnyana, I. M. D. M. 2021. Populasi dan Sampel. *Metode Penelitian Pendekatan Kuantitatif*, 14(1), 103–116.
- Aji, A. P. 2018. *Kajian Karakteristik Pemukiman*. 5–20.
- Anderson, J. R. 1971. *Land-Use Classification Schemes-used in selected recent geographic applications of remote sensing*. *Photogrammetric Engineering*, 37(4), 379–387. [https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1971journal/apr/1971\\_apr\\_379-387.pdf](https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1971journal/apr/1971_apr_379-387.pdf)
- Arbiyanto, M. R. 2021. "Pengaruh Motif Mengonsumsi Situs corona. jakarta. go. id Terhadap Pemenuhan Kebutuhan Informasi Mahasiswa Institut Bisnis dan Informatika Kwik Kian Gie Angkatan 2016. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 107–115.
- Badan Pusat Statistik. 2013. *Kota Metro Dalam Angka 2013*. Metro: BPS Kota Metro
- Badan Pusat Statistik. 2018. *Kota Metro Dalam Angka 2018*. Metro: BPS Kota Metro
- Badan Pusat Statistik. 2022. *Kota Metro Dalam Angka 2018*. Metro: BPS Kota Metro
- Badan Pusat Statistik. 2013. *Metro Pusat Dalam Angka 2013*. Metro: BPS Kota Metro
- Badan Pusat Statistik. 2018. *Kota Metro Dalam Angka 2018*. Metro: BPS Kota Metro
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. SNI 03-1733-2004 Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–58.
- Badan Standardisasi Nasional. 2010. Sni 7645. *Sni 7645:2010*, 1–28.
- Bappeda. 2018. *Bab01\_Konsep-dasar-GIS.pdf*.
- BIG. 2014. Peraturan BIG Nomor 3 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Mangrove. *Badan Informasi Geospasial*.
- BIG. 2014. Peraturan BIG Nomor 8 Tahun 2014 tentang Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal. *Badan Informasi*

*Geospasial.*

- Bode, C., B., F. S., Tasirin, J. S., dan Rombang, J. A. 2015. Analisis Perubahan Tutupan Lahan Di Taman Hutan Raya Gunung Tumpa Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Geoplanning: Journal of Geomatics and Planning*, 4(2), 1–73. <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/49554/uu-no-5-tahun-1967>
- Ditjen Penataan Ruang. 2007. *Pedoman Kriteria Teknis Kawasan Budi Daya: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 41/PRT/M/2007*. 41, 1–60.
- Eko, T., dan Rahayu, S. 2015. *Land use change and suitability for RDTR in peri-urban areas. Case Study: District Mlati. Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Kota*, 8(4), 330–340.
- Fauvel, M., Chanussot, J., Benediktsson, J. A., dan Sveinsson, J. R. 2007. *Spectral and spatial classification of hyperspectral data using SVMs and morphological profiles. International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), August*, 4834–4837. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2007.4423943>
- Handayani, D., dan Setiyadi, A. 2003. *Remote Sensing penginderaan Jauh. Edisi Mei*, 7(2), 113–120.
- Hirsan, F. P. 2022. Model Konstruksi Ruang Kecamatan Sekarbela Berdasarkan Interaksi Ruang Menggunakan Near Neighbourhood Analysis & Space Syntax. *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu Dan Pendidikan Geografi*, 6(2), 163–174. <https://doi.org/10.29408/geodika.v6i2.6080>
- Ibnu Said. 2015. Pemanfaatan Penginderaan Jauh Untuk Klasifikasi Lahan Sawah. *Universitas Diponegoro*, 5(3).
- Ihsan, N. 2020. *Pengaruh Aktivitas, Minat, Dan Opini (Lifestyle) Terhadap Keputusan Pembelian Pada Aplikasi Kai Access (Studi Kasus Pada Penumpang Kereta Api Di Stasiun Gambir)*. 44–55. <http://repository.stei.ac.id/id/eprint/1192>
- Jaya, I N S. 2014. Analisis Citra Digital (Perspektif Penginderaan Jauh Untuk Pengelolaan Sumber Daya Alam. Percetakan IPB. Bogor.
- Jouvancha, Angel., Witjaksono, Agung., dan Gai, Ardiyanto Maksimilianus. 2021. *Kajian daya dukung dan daya tampung pengembangan permukiman di kabupaten tana tidung kalimantan utara*. 1–17.
- Kunz, A. 2017. *Misclassification and kappa-statistic: theoretical relationship and consequences in application. Ludwig-Maximilians-Universitat Munchen Institut Fur Statistik*.

- Lestari, S. C., dan Arsyad, M. 2018. Studi Penggunaan Lahan Berbasis Data Citra Satelit Dengan Metode Sistem Informasi Geografis (Sig). *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, 14(1), 81–88. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>
- Maharany Shandra Ayu Hapsary, Sawitri Subiyanto, dan Hana Sugiastu Firdaus. 2021. Analisis Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan dengan Pendekatan *Artificial Neural Network* dan Regresi Logistik di Kota Balikpapan. *Jurnal Geodesi Undip*, 10(2), 88–97.
- Misa, D. P. P., Moniaga, I. L., dan Lahamendu, V. 2018. Penggunaan Lahan Kawasan Perkotaan Berdasarkan Fungsi Kawasan (Studi Kasus: Kawasan Perkotaan Kecamatan Airmadidi). *Spasial*, 5(2), 171–178.
- Muhammad, A., Rombang, J., dan Saroinsong, S. 2016. Tutupan lahan di KPHP Poigar terus menerus mengalami perubahan . Pemetaan dan identifikasi jenis tutupan lahan dengan metode *Maximum Likelihood* lebih akurat dari metode. *Cocos*, 7(2), 1–9.
- Mulyasari, A. I. 2023. *Proyeksi Perubahan Penutupan Lahan Tahun 2027 Di Daerah Aliran Sungai Paremang*. 1–24.
- Nabila, D. A. 2023. Pemodelan prediksi dan kesesuaian perubahan penggunaan lahan menggunakan Cellular Automata-Artificial Neural Network (CA-ANN). *Tunas Agraria*, 6(1), 41–55. <https://doi.org/10.31292/jta.v6i1.203>
- Nurfikasari, M. F., Yuliani, E., Islam, U., dan Agung, S. 2021. *Studi Literatur : Analisis Kesesuaian Lahan Terhadap Lokasi Permukiman*. 1(1), 78–92.
- Octaviani, P. A., Wilandari, Y., dan Inspriyanti, D., 2014. Penerapan Metode Klasifikasi *Support Vector Machine* (SVM) Pada Data Akreditasi Sekolah Dasar (SD) di Kabupaten Magelang. *Gaussian*, Volume 3, pp. 811-820.
- Omar, N. Q., dan Raheem, A. M. 2016. *Determining the suitability trends for settlement based on multi criteria in Kirkuk, Iraq*. *Open Geospatial Data, Software and Standards*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s40965-016-0011-2>
- Pelambi, M. R., Tilaar, S., dan Rengkung, M. M. 2016. Identifikasi Pola Sebaran Permukiman Terencana Di Kota Manado. *Spasial*, 3(1), 55–65.
- Peraturan Pemerintah RI. 2004. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia tentang Jalan (Undang-Undang Nomor 38 Pasal 1 Ayat 1 Tahun 2004). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38*, 1(1), 3.
- Putri, B. H., Sutomo, dan Shalihati, S. F. 2019. Analisis Daya Dukung Lahan

- Permukiman di Kecamatan Padamara Kabupaten Purbalingga. *Prosiding Seminar Nasional Geografi*, 198–205.
- Rahmawan, S., dan Budi Santoso, A. 2019. Perkembangan Permukiman dan Pengaruhnya Terhadap Daya Dukung Lahan Kota Salatiga. *Geo Image (Spatial-Ecological-Regional)*, 8(2), 134–140.  
<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/geoimage>
- Rahmawati, T. 2021. *Tekanan Permukiman Terhadap Pertanian Dalam Dinamika Penggunaan Lahan Di Wilayah Bandung Timur Dengan Pendekatan Pemodelan Spasial (Studi Kasus: SWK Gedebage) (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Bandung)*. 11–32.
- Riadhi, A. R., Aidid, M. K., dan Ahmar, A. S. 2020. Analisis Penyebaran Hunian dengan Menggunakan Metode Nearest Neighbor Analysis. 2(1), 46–51.  
<https://doi.org/10.35580/variasiunm12901>
- Sangeetha, R. dan Kalpana, B., 2011. *Performance Evaluation of Kernels in Multiclass Support Vector Machines. International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, 1(5).
- Santun, S. 2016. Perencanaan Penggunaan Lahan. *IPB Press, November*, 1–255.
- Saputra, R., Tjahjono, B., dan Pravitasari, A. E. 2022. Analisis Kemandirian Pangan Berbasis Perubahan Penggunaan Lahan di Kota Metro, Provinsi Lampung. *Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Kota*, 18(4), 336–350.  
<https://doi.org/10.14710/pwk.v18i4.38728>
- Sari, D. N., Sasmito, B., dan Hadi, F. 2023. Estimasi Produktivitas Kopi Menggunakan Citra. *Jurnal Geodesi Undip Januari*, 20–29.
- Sari, I. L., dan Pandansari, T. A. 2012. Kajian Penutup Lahan Provinsi Lampung Bagian Selatan Menggunakan Citra Spot-4 (*the Assessment of the Southern Lampung Province Land Cover By Using Spot-4 Imageries*). *Majalah Sains Dan Teknologi Dirgantara*, 7, 27–37.
- Sipil, T. 2018. *Model pertumbuhan kota malang menggunakan artificial neural network berbasis citra satelit multitemporal*.
- Somantri, L. 2009. Teknologi Pengindraan Jarak Jauh (*Remote Sensing*). *Universitas Pendidikan Indonesia*, 1–13.
- Suhairudin, Yusliana, dan Ragil, C. 2022. Pola Perkembangan Permukiman di Kecamatan Kotabumi Lampung Utara. *Matra*, 3(1), 33–42.

- Suhartono. 2012. Ilustrasi Pemodelan Pertumbuhan Tanaman. In *Rozhledy v chirurgii : měsíčník Československé chirurgické společnosti* (Vol. 75, Issue 8).
- Tiara Dewi, Muhammad Amir Masruhim, R. S. 2019. Kesesuaian Perubahan Penggunaan Lahan Berdasarkan Kemampuan Lahan. *Jurnal Universitas Mulawarman, Samarinda, Kalimantan Timur*, 04, 5–24.
- Yusrina, F. N., Sari, M. I., Chomsa, G., Hudaya, A., Hidayat, D. W., Jordan, E., Febriyanti, D., Sojiwan, C., dan Galuh, T. 2018. *Analisis Pola Permukiman Menggunakan Pendekatan Nearest Neighbour Untuk Kajian Manfaat Objek Wisata Di Kecamatan Prambanan Kabupaten Klaten*. 2(2), 111–120.