

**PEMODELAN PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DENGAN
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) DI KOTA SEMARANG**

Azizah Nur Rahmah*) Sawitri Subiyanto, Fauzi Janu Amarrohman

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email: azizahrhm@students.undip.ac.id*)

ABSTRAK

Pertumbuhan dan perkembangan yang terjadi di Kota Semarang menyebabkan terjadinya alih fungsi lahan dan meningkatnya kebutuhan akan lahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan, memprediksi penggunaan lahan di Kota Semarang menggunakan model *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Cellular Automata* (CA), serta menentukan kesesuaian prediksi terhadap Peta Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Semarang tahun 2011-2031. Data yang digunakan untuk penelitian adalah citra Quickbird tahun 2010, citra SPOT 6 tahun 2014 dan 2018, serta Peta RTRW Kota Semarang. Metode digitasi dipakai untuk mendapat peta penggunaan lahan, *overlay intersect* untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan dan ANN untuk melakukan pemodelan dan prediksi. Variabel yang digunakan pada proses pemodelan yaitu jarak ke jalan, jarak ke sungai, jarak ke permukiman dan kepadatan penduduk. Hasil penelitian menunjukkan perubahan penggunaan lahan Kota Semarang tahun 2010-2018 mengalami penurunan luas pada perkebunan sebesar 64,45% atau 2546,839 Ha, dan pertumbuhan lahan terbangun sebesar 25,65% atau 1039,292 Ha. Pemodelan perubahan penggunaan lahan dengan ANN menunjukkan hasil model yang baik, dibuktikan dengan validasi model. Validasi model dilakukan dengan metode kappa dan analisis spasial yaitu menghitung perbedaan titik centroid dan perbedaan luas. Hasil validasi menunjukkan nilai Indeks *Kappa* sebesar 0,95, nilai RMS sebesar 2,58 m dan 85% luas antara kedua peta sesuai. Adapun kelas penggunaan lahan yang berpeluang besar untuk berubah menjadi penggunaan lahan lain adalah perkebunan sebesar (0,67). Hasil kesesuaian prediksi penggunaan lahan tahun 2026 terhadap peta RTRW Kota Semarang tahun 2011-2031 menunjukkan kesesuaian lahan sebesar 69,30% sesuai dan 30,70% tidak sesuai. Dengan tingkat kepercayaan > 60% atau 0,61 hasil kesesuaian dinyatakan baik dan sesuai.

Kata Kunci: ANN dan CA, Perubahan Penggunaan Lahan, Prediksi Penggunaan Lahan, RTRW, SIG.

ABSTRACT

Growth and development that occurred in the Semarang City led to the land use change and increased demand for land. This study aims to determine land use change, to project the future land-use in Semarang city using an Artificial Neural Network (ANN) model and Cellular Automata (CA), and also to determine the suitability between prediction result with the Semarang City Spatial Plan (RTRW) map in 2011-2031. The data used for research are Quickbird imagery in 2010, SPOT 6 imagery in 2014 and 2018, and Semarang City RTRW Map. The digitization method is used to obtain land use maps, intersect overlays to analyze land use changes and ANN to do modeling and predictions. The variables used in the modeling process are the distance to the road, distance to the river, distance to residential and population density. The results showed changes in land use in Semarang City in 2010-2018 experienced a decrease in plantation area of 64,45% or 2546,839 Ha, and an increase in built up area by 25,65% or 1039,292 Ha. Modeling land use change with ANN shows good model results, proven by model validation. Model validation is carried out by the kappa method and spatial analysis that is calculating the difference in centroid points and area differences. The validation results show the Kappa Index value is 0.95, the RMS value is 2.58 m and 85% of the area between two maps is appropriate. The land use class which has a great opportunity to change to another land use is plantation (0.67). The results of the suitability of land use predictions in 2026 against the Semarang City RTRW map in 2011-2031 show that land suitability of 69.30% is suitable and 30.70% is not suitable. With a confidence level >60% or 0,61 the conformity result is declared as good and appropriate.

Keywords: ANN and CA, Land Use Change, Land Use Prediction, RTRW, GIS.

*)Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Perubahan penggunaan lahan dapat diartikan sebagai peralihan dari penggunaan lahan satu ke penggunaan lahan lainnya. Perubahan tersebut sejalan dengan berkembangnya perkotaan dan kebutuhan manusia, sehingga konversi lahan akan terus terjadi. Kota Semarang adalah salah satu kota metropolitan yang mengalami perkembangan dari tahun ke tahun. Peningkatan jumlah penduduk di Kota Semarang hingga tahun 2018 tercatat sebesar 1.668.578 penduduk, serta kepadatan penduduk 4.465 jiwa per km² (BPS, 2018). Peningkatan jumlah penduduk merupakan faktor pendorong pertumbuhan segala aspek kehidupan manusia. Semakin besar jumlah penduduk maka semakin besar pula kebutuhan lahan permukiman untuk tempat tinggal.

Pertumbuhan penduduk yang tinggi berakibat kebutuhan lahan yang tinggi pula. Penggunaan lahan di Kota Semarang dari tahun ke tahun mengalami perubahan dari pertanian menjadi non-pertanian, dan ini merupakan fenomena alam perkembangan kota (Subiyanto & Amarrohman, 2018). Berdasarkan hal tersebut diperlukan pengawasan perubahan penggunaan lahan setiap tahunnya, serta memprediksi penggunaan lahan untuk melihat perkembangan kota di tahun yang akan datang.

Prediksi penggunaan lahan dan perkembangan Kota Semarang yang akan datang dapat diprediksi menggunakan pendekatan *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Cellular Automata* (CA). Pemodelan ANN dalam penelitian ini juga dapat menentukan peluang perubahan suatu penggunaan lahan menjadi penggunaan lahan lainnya. Sementara Sistem Informasi Geografis (SIG) digunakan untuk membangun suatu aspek spasial dan membangun variabel-variabel pendorong yang mempengaruhi perubahan.

Pada penelitian ini penulis menganalisis perubahan penggunaan lahan yang terjadi di Kota Semarang menggunakan pemodelan ANN dan memprediksi penggunaan lahan dimasa yang akan datang dengan simulasi CA. Kemudian prediksi tersebut dianalisis kesesuaiannya terhadap RTRW Kota Semarang menggunakan metode SIG. Variabel pendorong terjadinya perubahan lahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jarak ke jalan, jarak ke sungai, jarak ke permukiman tahun 2018 dan data kepadatan penduduk tahun 2018. Hasil penelitian ini berupa peta penggunaan lahan tahun 2010, 2014, dan 2018, serta peta perubahan penggunaan lahan tahun 2010–2018, peta prediksi penggunaan lahan tahun 2026 dan peta kesesuaian hasil prediksi dengan RTRW Kota Semarang tahun 2011-2031.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan penggunaan lahan di Kota Semarang dari tahun 2010-2018?
2. Bagaimana pemodelan perubahan penggunaan lahan menggunakan pendekatan ANN?

3. Bagaimana kesesuaian prediksi penggunaan lahan Kota Semarang tahun 2026 terhadap RTRW Kota Semarang?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis perubahan penggunaan lahan dari tahun 2010-2018.
2. Membuat pemodelan perubahan penggunaan lahan dengan pendekatan ANN.
3. Menentukan kesesuaian prediksi penggunaan lahan pada tahun 2026 di Kota Semarang terhadap RTRW Kota Semarang.

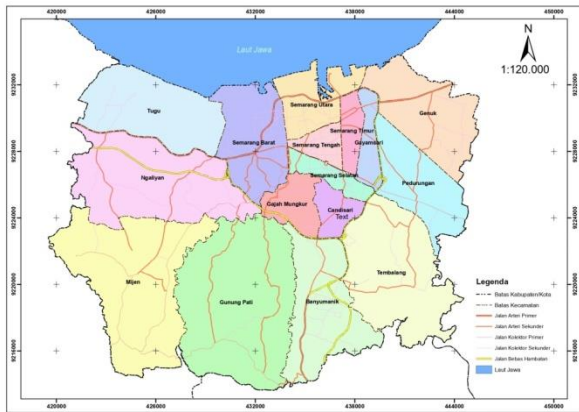
I.4 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian ini berada di Kota Semarang, Jawa Tengah.
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu citra SPOT 6 terkoreksi Kota Semarang tahun 2014 dan 2018, citra Quickbird terkoreksi Kota Semarang tahun 2010, peta administrasi Kota Semarang dan peta RTRW Kota Semarang tahun 2011-2031.
3. Variabel pendorong untuk pemodelan yaitu jarak ke jalan, jarak ke sungai, jarak ke permukiman dan kepadatan penduduk.
4. Perangkat lunak yang dipakai adalah Quantum GIS (QGIS) 2.18.24 untuk pengolahan *model Artificial Neural Network* (ANN) dengan plugin MOLUSCE. *Software ArcGIS* digunakan untuk analisis spasial.
5. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:
 - a. Membuat peta penggunaan lahan tahun 2010, 2014 dan 2018 dengan metode digitasi *on-screen*.
 - b. Metode *overlay intersect* untuk mendapatkan luas perubahan penggunaan lahan tiap tahun penelitian kesesuaian penggunaan lahan prediksi 2026 terhadap Peta RTRW Kota Semarang
 - c. Melakukan pemodelan dan prediksi menggunakan model ANN dengan arsitektur jaringan *Multi Layer Percepton* (MLP) yang telah tersedia pada *software QGIS*, dan menggunakan *plugin Modules for Land Use Change Simulations* (MOLUSCE).
6. Pengambilan sampel untuk validasi penggunaan lahan sejumlah 140 sampel berdasarkan NSPK BPN Tahun 2012.

I.5 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Kota Semarang, Jawa Tengah. Kota Semarang terdiri dari 16 kecamatan dan 117 kelurahan. Lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

II. Tinjauan Pustaka

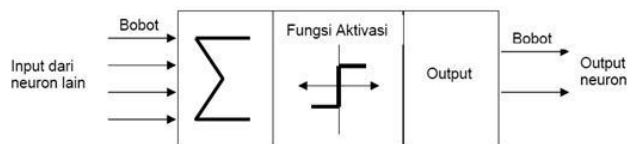
II.1 Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan dapat diartikan sebagai bentuk intervensi manusia terhadap lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya baik materil maupun spiritual. Menurut (Chapin dan Kaiser, 1979 dalam Fadilla et al., 2017) Penggunaan lahan perkotaan dapat dikelompokkan ke dalam dua golongan besar yaitu lahan terbangun dan lahan tak terbangun. Lahan terbangun meliputi perumahan, industri, perdagangan, perkantoran dan jasa. Sedangkan lahan tak terbangun terbagi menjadi lahan tak terbangun untuk aktivitas kota (makam, rekreasi, transportasi, ruang terbuka) dan lahan tak terbangun untuk non aktivitas kota (pertanian, perkebunan, perairan, produksi dan penambangan sumber daya alam).

II.2 Pemodelan Penggunaan Lahan

II.2.1 Artificial Neural Network (ANN)

ANN merupakan sistem yang didasarkan pada pengoperasian jaringan saraf biologis, yang merupakan emulsi dari sistem saraf biologi (Suhartono, 2012). Ide mendasar dari ANN adalah mengadopsi mekanisme berpikir sebuah sistem yang menyerupai otak manusia. 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 (Tasha, 2012). Struktur ANN dapat dilihat pada Gambar 2.

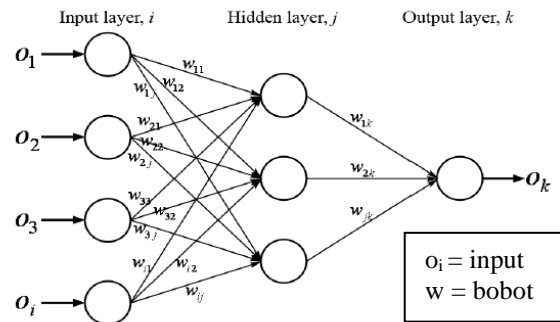


Gambar 2 Struktur ANN (Suhartono, 2012)

II.2.2 Multi Layer Perceptron

Multi-layer Perceptron (MLP) adalah salah satu bentuk arsitektur jaringan ANN yang paling banyak digunakan. MLP umumnya terdiri dari tiga jenis layer yaitu input layer, hidden layer dan output layer yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu hubungan non-linier di kehidupan nyata (Rumelhart,

Hinton, & Williams, 1987). Input layer berupa faktor pendorong pemodelan. Ilustrasi jaringan MLP ada pada Gambar 3.



Gambar 3 Ilustrasi Jaringan Multi Layer Perceptron (Marius-Constantin et al., 2009)

II.2.3 Cellular Automata

Cellular Automata (CA) adalah sistem dinamika diskrit dimana ruang dibagi kedalam bentuk spasial sel teratur dan waktu berproses pada setiap tahapan yang berbeda. Sedangkan menurut (S. Subiyanto & Amarrohman, 2019) CA adalah model sederhana dari proses distribusi spasial dalam GIS. Menurut (Liu, 2009) CA terdiri dari lima unsur yaitu sel, kondisi, ketetangaan, aturan transisi, dan waktu.

II.2.4 Uji Validasi Model

Validasi model dilakukan untuk mengetahui keakuratan dari peta prediksi penggunaan lahan yang dihasilkan. Salah satu metode umum yang digunakan adalah metode statistik kappa, dihitung dari tabel kontingensi antara dua set data. Rumus perhitungan Kappa dapat dilihat pada persamaan 1-6 (Hagenzanker, 2014).

$$Kappa = (P(A) - P(E)) / (1 - P(E)) \dots \dots \dots (1)$$

$$Kappa\ Loc = (P(A) - P(E)) / (P_{max} - P(E)) \dots \dots \dots (2)$$

$$Kappa\ Histo = (P_{max} - P(E)) / (1 - P(E)) \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

$$p_o = \sum_{i=1}^c p(a = i \wedge s = i) \dots \dots \dots (4)$$

$$p_e = \sum_{i=1}^c p(a = i) \cdot p(s = i) \dots \dots \dots (5)$$

$$p_{Max} = \sum_{i=1}^c \min(p(a = i), p(s = i)) \dots \dots \dots (6)$$

Kelas penggunaan lahan diindikasikan sebagai i=1,2,3..dst. Elemen p(a=i|s=i) adalah sel yang mempunyai penggunaan lahan yang sama di kedua peta, yaitu peta A dan peta S. Sedangkan p(a=i) dan p(s=i) mengindikasikan sel tersebut masing-masing mempunyai penggunaan lahan i di peta A dan peta S.

Metode validasi model yang lain adalah metode overlay, menggunakan selisih titik centorid dan luas antara kedua peta penggunaan lahan hingga mendapat RMS dan nilai pergerseran. Rumus menghitung RMS

selisih titik centorid pada persamaan 7 dan rumus toleransi luas terdapat pada persamaan 8.

$$RMS = \sqrt{((\Delta X - X_{rata})^2 + (\Delta Y - Y_{rata})^2) / (n-1)} \dots(7)$$

$$\text{Toleransi Kesalahan Luas} = \pm 0,5\sqrt{L} \dots\dots\dots(8)$$

Menurut (Landis & Koch, 2012) nilai *Kappa* 0,81-1,00 menunjukkan adanya kesepakatan yang sangat baik, 0,61-0,80 adalah baik, 0,41-0,60 adalah sedang, 0,21-0,40 adalah kurang dari sedang, dan nilai <0,21 dikatakan buruk.

II.3 Sistem Informasi Geografis (SIG)

SIG merupakan sistem komputer yang memiliki empat inti; masukan, manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan data), analisis dan manipulasi data, dan keluaran (Aronoff, 1989). Dalam SIG data spasial dibagi menjadi data vektor, yang direpresentasikan ke dalam sebuah kumpulan garis, area, titik dan *nodes*. Data raster yaitu data yang dihasilkan dari sistem penginderaan jauh, dimana objek geografis direpresentasikan sebagai suatu struktur sel grid atau *pixel*.

II.4 Quantum GIS

Quantum GIS (QGIS) adalah sebuah aplikasi SIG yang bersifat *open source* dan menyediakan tampilan, penyuntingan dan analisis data. QGIS memungkinkan peta yang terdiri dari lapisan raster atau vektor. Fitur-fitur analisis spasial, baik untuk data vektor maupun raster, lebih banyak disediakan dalam bentuk *plugin* atau tambahan fitur eksternal. QGIS terintegrasi dengan PostGIS, GRASS GIS dan MapServer untuk memberikan pengguna fungsi yang luas (Nuryadin, 2019).

III. Data dan Metodologi

III.1 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Komputer dengan spesifikasi:
 - a. Sistem operasi: Microsoft Windows 10 ultimate
 - b. RAM: 4 Gb
 - c. *System Type*: 64-bit *Operating System*
2. *Software* ArcGIS 10.4.1.
 - a. QGIS Las Palmas 2.18.24 dengan tambahan *plugin* MOLUSCE.
 - b. Microsoft Office 2010.
 - c. *Mobile Topographer* ver. 9.3.2.
3. Kamera *handphone*.

III.2 Bahan

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Citra Quickbird terkoreksi Kota Semarang tahun 2010 dari Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Jawa Tengah.
2. Citra SPOT-6 terkoreksi tahun 2014 dan 2018 dari Pustekdata Penginderaan Jauh LAPAN.
3. Peta batas administrasi Kota Semarang tahun 2017 dari BAPPEDA Semarang.
4. Peta RTRW Kota Semarang tahun 2011-2031 dari BAPPEDA Semarang.

5. Peta jaringan jalan dan sungai dari BAPPEDA Semarang.
6. Peta kepadatan penduduk dari BPS Kota Semarang Tahun 2018.

III.3 Metodologi Penelitian

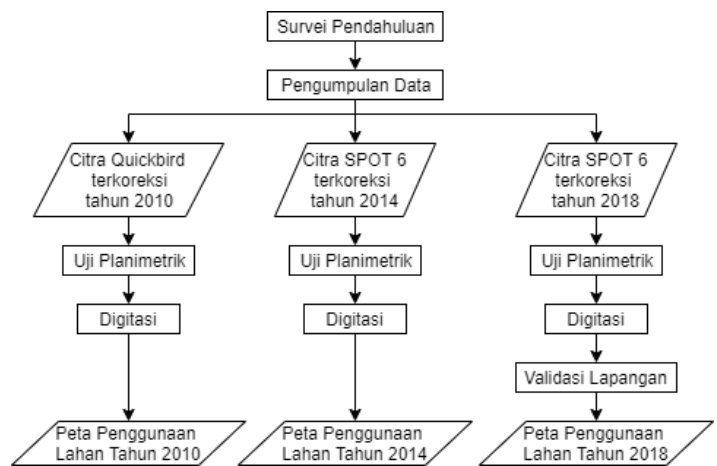
Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu tahap persiapan, tahap pengolahan citra, tahap pengolahan faktor pendorong, serta tahap pemodelan dan prediksi.

III.4 Tahap Persiapan

Persiapan yang dilakukan yaitu studi literatur sebagai referensi dan pengumpulan data penelitian. Pengumpulan data baik primer dan sekunder dari instansi terkait seperti LAPAN dan BAPPEDA. Kemudian mempelajari model ANN dengan *software* QGIS 2.18.24 supaya memahami proses pengerjaan dengan metode tersebut.

III.5 Tahap Pengolahan Citra

Tahap pertama yaitu melakukan uji ketelitian planimetrik jarak dan luas pada citra Quickbird dan SPOT 6. Kemudian interpretasi citra untuk menghasilkan peta penggunaan lahan tahun 2010, 2014 dan 2018 dengan klasifikasi 14 kelas berdasarkan peta RTRW Kota Semarang. Interpretasi menggunakan metode *digitasi on screen* pada *software* ArcGIS 10.4. Untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan dilakukan proses *overlay intersect* pada peta penggunaan lahan tahun 2010, 2014 dan 2018. Tahapan ini dapat dilihat pada **Gambar 4**.

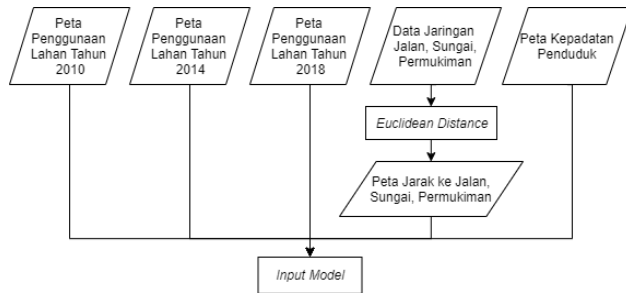


Gambar 4 Tahap Pengolahan Citra

III.6 Tahap Pengolahan Faktor Pendorong

Dalam proses pemodelan diperlukan beberapa faktor pendorong yang dapat mempengaruhi perubahan tersebut. Penelitian ini menggunakan jarak ke jalan, jarak ke sungai, jarak ke permukiman dan kepadatan penduduk, dengan fitur *Euclidean distance* pada ArcGIS. Jarak dihitung berdasarkan *euclidean*, yaitu jarak dari satu objek ke objek yang lainnya. Menurut UU RI No. 56 Tahun 1960 kepadatan penduduk dibagi menjadi 4 kelas yaitu tidak padat, kurang padat, cukup padat dan sangat padat. Keempat faktor pendorong ini

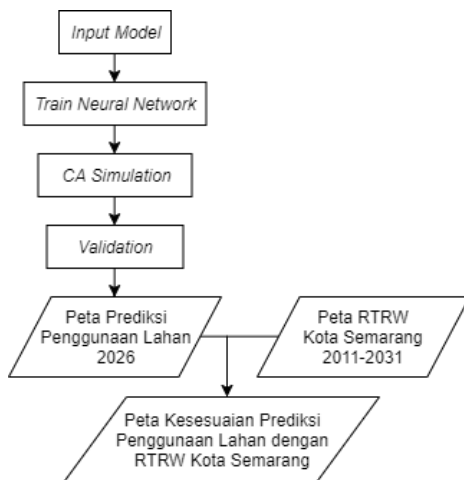
dikonversi menjadi data raster. Tahap pengolahan faktor pendorong dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5 Tahap Pembuatan Pemodelan

III.7 Tahap Pemodelan dan Prediksi

Pemodelan ANN dilakukan dengan *software* QGIS 2.18.24 menggunakan *plugin* MOLUSCE. Peta penggunaan lahan yang digunakan yaitu peta penggunaan lahan tahun 2010 dan 2014. Tahapan pemodelan dan prediksi dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6 Tahapan Pembuatan Peta Prediksi Penggunaan Lahan

1. Inputs

Memasukkan peta penggunaan lahan dan faktor pendorong untuk proses pemodelan. Kemudian mengecek kecocokan geometri antar data raster supaya dapat lanjut ke tahap berikutnya.

2. Evaluating Correlation Pearson

Tahap selanjutnya yaitu *evaluating correlation* menggunakan metode *Pearson's correlation* untuk melihat keterkaitan antar keempat faktor pendorong atau variabel. Korelasi pearson akan menghasilkan nilai -1 sampai +1.

3. Area Changes

Pada tahap ini dihasilkan suatu tabel perubahan luas dan persentase tiap penggunaan lahan. Selain itu dihasilkan juga matriks transisi yang menunjukkan peluang perubahan tiap kelas penggunaan lahan.

4. Transition Potensial Modelling

Penelitian ini menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN) model dan jaringan *Multi Layer Perceptron* (MLP). Model ANN tidak menggunakan semua data, tetapi mengambil sampel acak dalam melatih jaringan untuk diolah pada tahap selanjutnya. Untuk melatih jaringan diperlukan parameter agar

mendapat hasil RMS terbaik. Parameter yang digunakan dalam simulasi yaitu *neighbourhood* 1 px, *learning rate* 0.010, *maximum iterations* 100, *hidden layer* 3 dan *momentum* 0,05. Model akan berhenti apabila telah mencapai kondisi yang ditentukan.

5. Cellular Automata Simulations

Tahun prediksi didapat dari tahun sebelum + rentan tahun, dimana rentan tahun = tahun akhir – tahun awal. Sehingga prediksi yang dihasilkan pada tahap ini adalah $2014 + 4 = 2018$, dengan jumlah iterasi 1. Jika ingin memprediksi beberapa tahun kedepan seperti 2022 maka jumlah iterasi menjadi 2, prediksi tahun 2026 iterasi menjadi 3 begitu seterusnya.

6. Validations

Validasi menentukan baik tidaknya model yang dihasilkan untuk memprediksi tahun selanjutnya. Validasi model dilakukan dengan dua metode yaitu metode *Kappa* dan *overlay*. Berdasarkan (Landis & Koch, 2012) nilai *Kappa* dikatakan baik apabila nilai *Kappa* > 0,80.

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Penggunaan Lahan Kota Semarang

Klasifikasi dan luas penggunaan lahan di Kota Semarang pada tahun 2010, 2014 dan 2018 terdapat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Penggunaan Lahan Kota Semarang (Ha)

Penggunaan Lahan	2010	2014	2018
Bandar udara	189,99	207,82	245,54
Hutan	2372,50	2147,34	2072,92
Industri	1676,85	1830,26	1991,27
Jasa	609,66	699,34	759,43
Kuburan	119,81	119,81	119,81
Lahan kosong	620,53	2989,21	2972,27
Pelabuhan	310,17	310,22	310,22
Perkantoran dan perdagangan	485,44	490,99	508,71
Perkebunan	8439,00	5685,79	5545,70
Permukiman teratur	2144,94	2349,02	2587,05
Permukiman tidak teratur	14578,43	14883,04	15117,03
Sawah	4250,05	4423,31	4106,53
Stasiun KA	19,45	19,40	19,40
Tambak	3275,41	2936,69	2736,35
Jumlah	39092,23	39092,23	39092,23

Berdasarkan **Tabel 1** penggunaan lahan paling dominan pada tahun 2010 adalah lahan terbangun seluas 20014,93 Ha (51%), didominasi oleh permukiman tidak teratur seluas 14578,43 Ha. Sedangkan untuk lahan tak terbangun sebesar 19077,30 Ha (49%). Pada tahun 2014 penggunaan lahan terbangun mengalami penambahan luas dengan luas 20790,09 Ha (53%), sedangkan lahan tak terbangun seluas 18302,15 Ha (47%). Pada tahun 2018 penggunaan lahan terbangun kian bertambah dengan total luas 21538,65 Ha (55%). Sebaliknya penggunaan lahan tak terbangun mengalami penurunan sehingga luas lahan hanya sebesar 17553,58 Ha (45%) dari luas keseluruhan. Dalam kurung waktu 8 tahun lahan

perkebunan mengalami penurunan paling besar, sedangkan pada lahan kosong mengalami peningkatan.

IV.2 Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

Perubahan penggunaan lahan Kota Semarang diperoleh menggunakan *overlay intersect* pada ArcGIS.

IV.2.1 Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2010-2014

Perubahan penggunaan lahan Kota Semarang tahun 2010-2014 dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Perubahan Luas Penggunaan Lahan (Ha)

Penggunaan Lahan		Luas	Persentase (%)
Tahun 2010	Tahun 2014		
Hutan	Lahan Kosong	38,38	1,08%
Hutan	Permukiman tidak teratur	34,09	0,96%
Lahan Kosong	Industri	74,60	2,11%
Lahan Kosong	Perkantoran dan Perdagangan	5,60	0,16%
Lahan Kosong	Permukiman teratur	60,44	1,71%
Lahan Kosong	Permukiman tidak teratur	58,89	1,66%
Perkebunan	Industri	45,90	1,30%
Perkebunan	Jasa	87,84	2,48%
Perkebunan	Lahan Kosong	1998,54	56,48%
Perkebunan	Permukiman teratur	134,93	3,81%
Perkebunan	Permukiman tidak teratur	152,22	4,30%
Perkebunan	Sawah	333,80	9,43%
Permukiman tidak teratur	Jasa	1,82	0,05%
Sawah	Lahan Kosong	168,83	4,77%
Sawah	Permukiman teratur	4,97	0,14%
Tambak	Bandar Udara	17,83	0,50%
Tambak	Industri	25,45	0,72%
Tambak	Lahan Kosong	233,83	6,61%
Tambak	Sawah	60,27	1,70%
Jumlah		3538,37	

Dalam kurun waktu empat tahun dari 2010 hingga 2014. Kota Semarang mengalami perubahan seluas 3538,372 Ha. Penggunaan lahan yang paling besar perubahannya adalah adalah lahan kosong dimana luasnya bertambah 69%, terjadi akibat hasil konversi hutan, perkebunan, sawah dan tambak. Pertumbuhan permukiman sebesar 13% dan luas lahan industri bertambah sebesar 4%. Sedangkan penurunan luas yang paling besar terjadi pada lahan perkebunan sebesar 78% atau seluas 2753,237 Ha. Perkebunan beralih fungsi menjadi lahan industri, lahan kosong, sawah, permukiman dan jasa. Penggunaan lahan tambak juga mengalami penurunan luas sebesar 10% untuk pembangunan industri, lahan kosong, sawah dan pengembangan Bandar Udara Internasional Ahmad Yani. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan luas

lahan tidak terbangun menjadi lahan terbangun sebesar 19,86% atau seluas 702,886 Ha.

IV.2.2 Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2014-2018

Perubahan penggunaan lahan Kota Semarang tahun 2014-2018 dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3 Perubahan Luas Penggunaan Lahan (Ha)

Penggunaan Lahan		Luas	Persentasi (%)
Tahun 2014	Tahun 2018		
Hutan	Lahan Kosong	55,08	5,41%
Hutan	Permukiman tidak teratur	18,67	1,83%
Lahan Kosong	Industri	161,92	15,91%
Lahan Kosong	Jasa	14,89	1,46%
Lahan Kosong	Permukiman teratur	203,57	20,00%
Perkebunan	Jasa	45,20	4,44%
Perkebunan	Lahan Kosong	29,64	2,91%
Perkebunan	Permukiman teratur	8,57	0,84%
Permukiman teratur	Perkantoran dan Perdagangan	1,51	0,15%
Sawah	Industri	9,55	0,94%
Sawah	Lahan Kosong	242,37	23,81%
Sawah	Permukiman teratur	26,73	2,63%
Tambak	Bandar Udara	37,72	3,71%
Tambak	Lahan Kosong	162,56	15,97%
Jumlah		1017,97	

Tabel 3 menunjukkan perubahan penggunaan lahan seluas 1017,967 Ha. Lahan kosong mengalami penurunan sebesar 37,37% dan sawah juga mengalami penurunan sebesar 27,37%. Hal ini terjadi akibat pembangunan jalan tol Semarang-Batang yang berdampak pada pertumbuhan industri dilihat dari pertambahan luas lahan industri sebesar 16,84% dan pada permukiman seluas 24,46% Pertumbuhan permukiman terjadi di BSC City, Kecamatan Mijen. Pada lahan jasa terjadi penambahan luas waduk jatibarang serta penambahan luas Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jatibarang. Bandar Udara Ahmad Yani juga terus mengalami pengembangan yaitu penambahan luas terminal bandara sebesar 37,719 Ha atau sebesar 3,71%.

IV.2.3 Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2010-2018

Adapun perubahan penggunaan lahan Kota Semarang dalam kurun waktu 8 tahun yaitu tahun 2010-2018 dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4 Perubahan Luas Penggunaan Lahan (Ha)

Penggunaan Lahan		Luas	Persentase (%)
Tahun 2010	Tahun 2018		
Hutan	Industri	68,14	1,68%
Hutan	Lahan kosong	144,25	3,56%
Hutan	Permukiman tidak teratur	9,81	0,24%

Penggunaan Lahan		Luas	Persentase (%)
Tahun 2010	Tahun 2018		
Hutan	Permukiman tidak teratur	77,39	1,91%
Lahan kosong	Industri	122,09	3,01%
Lahan kosong	Perkantoran dan perdagangan	5,60	0,14%
Lahan kosong	Permukiman teratur	83,24	2,05%
Perkebunan	Industri	64,05	1,58%
Perkebunan	Jasa	138,50	3,42%
Perkebunan	Lahan kosong	1790,80	44,20%
Perkebunan	Permukiman teratur	322,83	7,97%
Perkebunan	Sawah	294,70	7,27%
permukiman teratur	Perkantoran dan perdagangan	1,51	0,04%
Permukiman tidak teratur	Jasa	1,82	0,05%
Sawah	Lahan kosong	372,03	9,18%
Sawah	Permukiman teratur	16,79	0,41%
Tambak	Bandar Udara	55,55	1,37%
Tambak	Industri	54,90	1,36%
Tambak	Jasa	9,43	0,23%
Tambak	Lahan kosong	346,54	8,55%
Tambak	Permukiman teratur	10,97	0,27%
Tambak	Sawah	60,27	1,49%
Jumlah		4051,22	

Perubahan luas penggunaan lahan dari tahun 2010-2018 signifikan yaitu seluas 4051,221 Ha. Penggunaan lahan yang mengalami perubahan paling tinggi adalah lahan kosong dimana luasnya bertambah 65,50% dari luas keseluruhan. Perubahan lahan kosong terjadi akibat konversi dari hutan, industri, perkebunan, sawah dan tambak. Berdasarkan data BPS jumlah penduduk Kota Semarang meningkat sebesar 258.681 jiwa. Hal ini mengakibatkan kebutuhan lahan permukiman, jasa dan industri kian meningkat. Permukiman teratur mengalami pertambahan luas sebesar 10,95%, dan permukiman tidak teratur bertambah 1,91% di Kecamatan Banyumanik, Mijen dan Ngaliyan. Lahan industri bertambah sebesar 7,63% di Kecamatan Ngaliyan, Tugu, Mijen dan Genuk. Penggunaan lahan jasa bertambah 3,70% disebabkan adanya pembangunan waduk Jatibarang. Akibat terjadinya alih fungsi lahan dari lahan tidak terbangun menjadi lahan terbangun menyebabkan penggunaan lahan hutan, perkebunan, sawah maupun tambak mengalami penurunan. Luas hutan berkurang sebesar 7,39%, lahan perkebunan berkurang 64,45% dan sawah sebesar 9,60%. Tambak mengalami penurunan seluas 13,29% akibat konversi dari lahan kosong, sawah, bandar udara, dan industri. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan luas perubahan lahan tak terbangun menjadi lahan terbangun sebesar 25,65% atau seluas 1039,292 Ha.

IV.3 Analisis Pemodelan Perubahan Penggunaan Lahan Menggunakan ANN

IV.3.1 Input Model

Peta penggunaan lahan tahun 2010 dijadikan sebagai *initial* dan peta penggunaan lahan tahun 2014 dijadikan sebagai *final*. Faktor pendorong yang dipakai adalah jarak ke jalan, jarak ke sungai, jarak ke permukiman dan kepadatan penduduk.

IV.3.2 Evaluating Correlation

Uji korelasi Pearson dilakukan untuk mengukur kekuatan hubungan antar faktor, hasil pada **Tabel 5**.

Tabel 5 Uji Korelasi.

	Sungai	Permukiman	Jalan	Kepadatan
Sungai	-	0,844	0,803	-0,053
Permukiman	-	-	0,899	-0,337
Jalan	-	-	-	-0,246
Kepadatan	-	-	-	-

Berdasarkan **Tabel 5** menunjukkan korelasi antara jalan dengan permukiman sangat kuat karena mendekati 1, yaitu 0,899. Hal ini dapat diartikan bahwa semakin dekat penggunaan lahan terhadap permukiman dan jalan, maka semakin cepat perubahannya. Diakibatkan faktor jalan yang memiliki aksesibilitas atau kemudahan dalam menjangkau suatu area, maka area tersebut akan berkembang lebih cepat. Variabel atau faktor kepadatan penduduk dengan variabel yang lain bernilai negatif. Hal ini menunjukkan semakin tinggi kepadatan penduduk maka kebutuhan akan lahan juga meningkat tetapi perubahan penggunaan lahan di daerah padat permukiman kecil terjadi, begitupula pada pinggiran sungai dan jalan.

IV.3.3 Area Changes

Pada tahap ini, perubahan penggunaan lahan hasil pengolahan dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6 Perubahan Penggunaan Lahan (Ha)

Penggunaan Lahan	2010	2014	Perubahan
Bandar Udara	189,27	207,27	18
Hutan	2372,58	2147,85	-224,73
Industri	1674,72	1827,9	153,18
Jasa	609,3	699,75	90,45
Kuburan	120,42	120,42	0
Lahan Kosong	621,72	2988,99	2367,27
Pelabuhan	310,32	310,32	0
Perkantoran dan perdagangan	485,19	490,86	5,67
Perkebunan	8440,02	5688,63	-2751,39
Permukiman teratur	2143,17	2347,65	204,48
Permukiman tidak teratur	14578,38	14883,66	305,28
Sawah	4249,89	4421,88	171,99
Stasiun KA	19,44	19,17	-0,27
Tambak	3278,52	2938,59	-339,93

Pada **Tabel 6** menunjukkan bahwa lahan perkebunan mengalami penurunan sebesar 2751,39 Ha. Sedangkan penggunaan lahan yang mengalami

penambahan paling besar adalah lahan kosong sebesar 2367,27 Ha.

Hasil matrik transisi menunjukkan besarnya peluang penggunaan lahan satu berubah menjadi penggunaan lahan yang lain. Lahan perkebunan memiliki nilai paling kecil yaitu 0,67 berarti memiliki peluang perubahan cukup besar untuk berubah menjadi lahan lain seperti lahan kosong (0,237), permukiman (0,34) dan industri (0,005). Sedangkan untuk penggunaan lahan yang lain seperti permukiman, jasa, kuburan, perkantoran dan perdagangan serta pelabuhan tidak berpeluang signifikan untuk berubah.

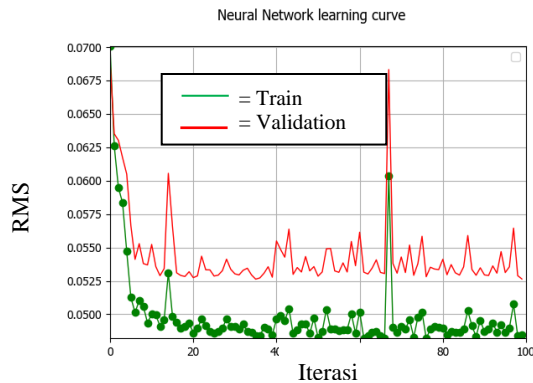
IV.3.4 Transition Potensial Modelling

Topologi jaringan yang dipakai adalah *Multi Layer Perception* (MLP) dengan struktur 4-3-2, yaitu 4 nodes pada *input layer*, 3 nodes pada *hidden layer* dan 2 nodes pada *output layer*. Setiap nodes pada layer akan berhubungan dengan nodes yang lain, dimana hubungan atau jalur koneksi tersebut mengandung bobot (W) berupa matriks yang ukurannya tergantung dari jumlah *input nodes*, *hidden nodes* dan *output nodes*. Hasil pemodelan dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7 Hasil Training Model.

Neighbourhood	1 px
Learning rate	0,010
Maximum iterations	100
Hidden layer	3
Momentum	0,050
Δ Overall accuracy	-0,00002
Min validation overall accuracy	0,05263
Current validation kappa	0,34093

Hasil dari *training* atau pembelajaran model yang dilakukan seperti **Tabel 7**. Besarnya nilai dari tiap parameter berpengaruh pada hasil *Min Validation Overall Accuracy*. Proses ini bisa dilakukan berkali-kali hingga mendapat nilai error terkecil. Parameter untuk penelitian ini dengan hasil error 0,0526 dianggap memiliki performa yang baik untuk lanjut tahap berikutnya. Kurva hasil pemodelan ANN disajikan dalam **Gambar 7**.

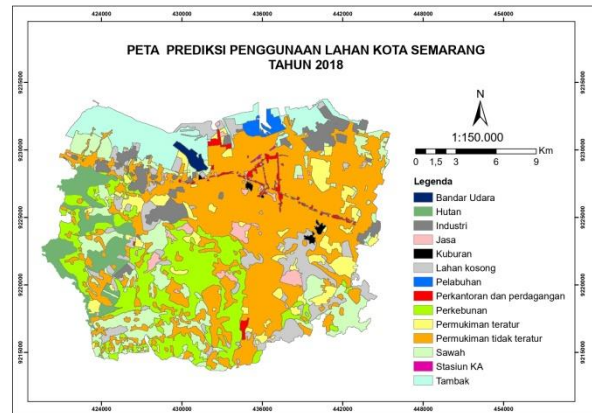


Gambar 7 Kurva Hasil Pemodelan

Hasil *train* berupa grafik ANN yang menunjukkan perbandingan antara RMS dan iterasi hasil pemodelan ANN dengan nilai parameter yang

terbaik. Dari hasil beberapa simulasi jaringan yang dilakukan, menunjukkan bahwa variasi parameter yang berbeda sangatlah berpengaruh, khususnya *learning rate*, *hidden layer*, momentum, dan iterasi.

IV.3.5 Cellular Automata Simulations



Gambar 8 Peta Prediksi Penggunaan Lahan Tahun 2018

Gambar 8 merupakan peta prediksi penggunaan lahan tahun 2018 yang dibentuk berdasarkan perubahan pada tahun sebelumnya. Kemudian di validasi dengan peta eksisting 2018. Hasil prediksi menunjukkan bahwa penggunaan lahan yang paling dominan di Kota Semarang adalah permukiman tidak teratur dengan luas 14883,66 Ha dan lahan kosong sebesar 2988,99 Ha. Secara keseluruhan lahan terbangun masih mendominasi penggunaan lahan di Kota Semarang. Luasan tersebut diprediksikan akan mengalami pertumbuhan. Adapun luas penggunaan lahan kedua peta pada **Tabel 8**.

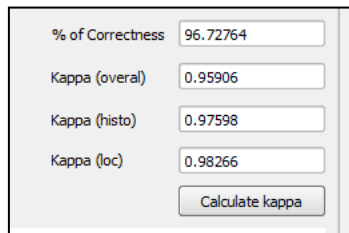
Tabel 8 Luas Penggunaan Lahan Eksisting dan Hasil Prediksi (Ha).

Klasifikasi	Penggunaan Lahan Eksisting 2018	Penggunaan Lahan Hasil Pemodelan 2018
Bandar Udara	245,54	207,27
Hutan	2072,92	2147,85
Industri	1991,27	1827,9
Jasa	759,43	699,75
Kuburan	119,81	120,42
Lahan kosong	2972,27	2988,99
Pelabuhan	310,22	310,32
Perkantoran dan perdagangan	508,71	490,86
Perkebunan	5545,70	5688,63
Permukiman teratur	2587,05	2347,65
Permukiman tidak teratur	15117,03	14883,66
Sawah	4106,53	4421,88
Stasiun KA	19,40	19,17
Tambak	2736,35	2938,59
Jumlah	39092,23	39092,94

Perbedaan luas antara kedua peta karena bentuk poligon penggunaan lahan eksisting berbentuk data vektor sedangkan penggunaan lahan hasil prediksi berbentuk data raster (piksel).

IV.3.6 Validations

Model prediksi yang telah dibuat selanjutnya divalidasi. Hasil validasi dengan metode *Kappa* adalah 0,959. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pemodelan ini mempunyai kesepakatan yang sangat baik terhadap penggunaan lahan hasil digitasi tahun 2018. Hasil validasi dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9 Hasil Kappa

Selain menggunakan metode *Kappa*, untuk memperkuat validitas model digunakan metode *overlay* antara peta eksisting dengan prediksi, sehingga didapat nilai RMS dari selisih titik centroid dan luas antara kedua peta penggunaan lahan. Contoh hasil validasi model dengan metode *overlay* pada centroid terdapat pada **Tabel 9**

Tabel 9 Contoh Hasil Centroid (m).

Landuse	Digitasi		Prediksi		dX	dY
	X Centroid	Y Centroid	X Centroid	Y Centroid		
Bandara	430797,8	9229519,9	430796,8	9229518,1	1,0	1,8
Hutan	422765,9	9227459,7	422769,3	9227459,3	-3,4	0,4
Industri	421277,2	9229363,4	421279,0	9229363,7	-1,8	-0,3
Jasa	421572,9	9229651,8	421573,6	9229651,8	-0,7	0,1
RATA-RATA					-0,03	-0,15
RMS					2,58	

Contoh perhitungan hasil selisih luas antara peta eksisting dan hasil prediksi ditampilkan pada **Tabel 10**.

Tabel 10 Contoh Hasil Selisih Luas (Ha).

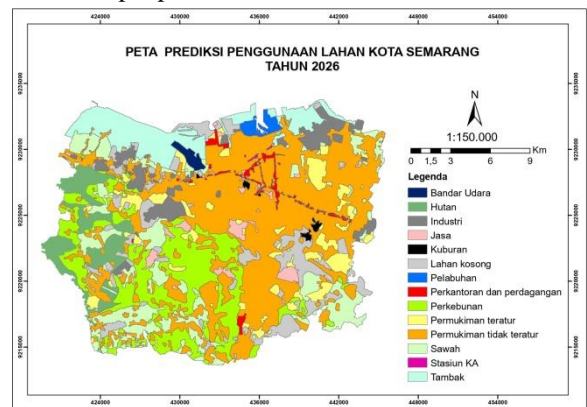
LAND USE	LUAS DIGITASI	LUAS PREDIKSI	TOLERANSI LUAS	SELISIH LUAS	KET
Bandar Udara	245,54	245,54	7,83	0,00	Sesuai
Hutan	560,01	558,16	11,83	1,84	Sesuai
Hutan	84,28	82,17	4,59	2,11	Sesuai
Hutan	9,99	7,07	1,58	2,92	Tidak Sesuai
Industri	13,77	13,26	1,86	0,51	Sesuai
Industri	2,18	1,79	0,74	0,38	Sesuai
Jasa	5,24	4,87	1,14	0,36	Sesuai
Kuburan	7,16	6,84	1,34	0,33	Sesuai
Lahan kosong	9,51	6,81	1,54	2,70	Tidak Sesuai

Metode *overlay* didapatkan nilai RMS sebesar 2,58 m, dan 85% luas antara peta prediksi dengan peta hasil digitasi dikatakan sesuai. Nilai ini menunjukkan bahwa pemodelan ini tergolong mempunyai kemiripan

yang sangat baik terhadap kondisi eksisting penggunaan lahan tahun 2018.

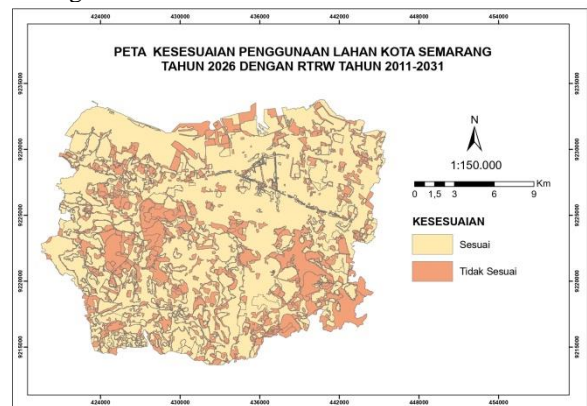
IV.4 Analisis Kesesuaian Hasil Prediksi Penggunaan Lahan Tahun 2026 dengan RTRW Kota Semarang

Analisis kesesuaian hasil prediksi terhadap RTRW dilakukan dengan metode *overlay intersect*. Dinyatakan sesuai apabila terdapat kesamaan kelas, luas dan letak antara hasil prediksi pemodelan dengan peta RTRW Kota Semarang. Prediksi penggunaan lahan 2026 dibuat berdasarkan perubahan yang terjadi pada tahun 2010-2014 dan prediksi 2018 menggunakan *Cellular Automata Simulation*. Hasil prediksi tahun 2026 terdapat pada **Gambar 10**.



Gambar 10 Peta Prediksi Penggunaan Lahan Tahun 2026

Hasil prediksi mengindikasikan kemungkinan pertumbuhan Kota Semarang akan ditutupi oleh lahan permukiman baik permukiman tidak teratur dan permukiman teratur, perkebunan, industri dan lahan kosong.



Gambar 11 Peta Kesesuaian Penggunaan Lahan Tahun 2026 dengan RTRW

Berdasarkan **Gambar 11** jumlah keseluruhan penggunaan lahan hasil prediksi tahun 2026 yang sesuai dengan RTRW Kota Semarang sebesar 69,30% (0,693) dan tidak sesuai sebesar 30,70%. Nilai *Kappa* antara 0,61-0,80 menandakan bahwa hasil dari analisis kesesuaian dinyatakan baik. Penggunaan lahan bandar udara, kuburan, permukiman, perkantoran dan perdagangan, industri, hutan dan tambak merupakan kelas penggunaan lahan yang memiliki kesesuaian di atas 80% terhadap RTRW Kota Semarang Tahun 2011-

2031. Sedangkan stasiun KA dan lahan kosong memiliki kesesuaian sebesar 26,03% dan 22,47%. Peruntukan ruang yang seharusnya untuk kawasan Stasiun KA diperuntukkan sebagai lahan permukiman dan tambak. Untuk lahan kosong diperuntukkan sebagai lahan permukiman dengan luas sebesar 250,40 Ha, jasa, industri, pelabuhan dan sawah.

V. Penutup

V.1 Kesimpulan

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

1. Perubahan penggunaan lahan di Kota Semarang tahun 2010-2018 didominasi oleh berkurangnya luasan hutan, perkebunan, sawah dan tambak, serta bertambahnya luasan lahan kosong, industri, jasa, permukiman teratur, permukiman tidak teratur dan bandar udara. Penurunan luas paling besar terjadi pada perkebunan sebesar 64,45% atau 2546,839 Ha, dengan pertumbuhan lahan terbangun sebesar 25,65% atau 1039,292 Ha.
2. Pemodelan perubahan penggunaan lahan menggunakan ANN pada tahun 2010 dan 2014 dengan variabel jarak ke jalan, jarak ke sungai, jarak ke permukiman dan kepadatan penduduk menunjukkan hasil akurasi model yang sangat baik (nilai kappa sebesar 0,95). Validasi model dari peta prediksi penggunaan lahan 2018 dengan peta eksisting menghasilkan nilai RMS sebesar 2,58 m dan 85% luas antara kedua peta sesuai. Kelas penggunaan lahan perkebunan berpotensi besar untuk berubah menjadi penggunaan lahan lain dengan nilai (0,67).
3. Berdasarkan analisis hasil kesesuaian prediksi penggunaan lahan Kota Semarang tahun 2026 terhadap RTRW Kota Semarang Tahun 2011-2031, secara keseluruhan hasil prediksi menunjukkan kesesuaian lahan sebesar 69,30% sesuai dan 30,70% tidak sesuai. Dengan tingkat kepercayaan > 60% atau 0,61 hasil kesesuaian dinyatakan baik dan sesuai.

V.2 Saran

Saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Citra satelit yang digunakan sebaiknya memiliki ketelitian spasial yang lebih baik sehingga dapat memudahkan untuk pengklasifikasian kelas penggunaan lahan.
2. Sebaiknya tahun untuk penelitian perubahan penggunaan lahan dilakukan dengan rentang waktu yang panjang supaya mendapatkan hasil perubahan yang signifikan.
3. Menggunakan lebih banyak faktor pendorong seperti harga tanah, keterangan, jarak ke fasilitas umum, pendapatan daerah, dan faktor lain yang mendukung perkembangan dan perubahan penggunaan lahan.

Daftar Pustaka

Aronoff, S. (1989). *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. Canada: WDL

Publication.

- BPS. (2018). *Profil Kependudukan Kota Semarang 2018*.
- Fadilla, L., Subiyanto, S., & Suprayogi, A. (2017). Analisis Arah Dan Prediksi Persebaran Fisik Wilayah Kota Semarang Tahun 2029 Menggunakan Sistem Informasi Geografis Dan CA Markov Model. *Jurnal Geodesi Undip Oktober 2017*, 6, 517–525.
- Hagen-zanker, A. (2014). *Multi-method assessment of map similarity Advanced use of Kappa statistics*. (June).
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (2012). *The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data Data for Categorical of Observer Agreement The Measurement*. 33(1), 159–174.
- Liu, Y. (2009). *Modelling Urban Development with Geographical Information Systems and Cellular Automata*. Florida: CRC Press.
- Marius-Constantin, P., Balas, V. E., Perescu-Popescu, L., & Mastorakis, N. (2009). *Multilayer Perceptron and Neural Networks*, 8(7), 579–588.
- Nuryadin, R. (2019). *Sekilas Quantum GIS*.
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J. (1987). Output Patterns. *Learning Internal Representations by Error Propagation*, 567.
- Subiyanto, S., & Amarrohman, F. J. (2019). *Analysis of Changes Settlement and Fair Market Land Prices to Predict Physical Development Area Using Cellular Automata Markov Model and SIG in East Ungaran Distric. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 313(1).
- Subiyanto, Sawitri, & Janu Amarrohman, F. (2018). *Spatial Studies and juridical utilization of vacant land and abandoned land control in efforts of regional authority in semarang city. MATEC Web of Conferences*, 159.
- Suhartono, D. (2012). *Konsep Neural Network*. Jakarta: Universitas Bina Nusantara.
- Tasha, K. (2012). *Pemodelan Perubahan Penggunaan Lahan Dengan Pendekatan Artificial Neural Network (Studi Kasus: Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau)*. Institut Pertanian Bogor.