

ANALISIS PREDIKSI PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DENGAN PENDEKATAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* DAN REGRESI LOGISTIK DI KOTA BALIKPAPAN

Maharany Shandra Ayu Hapsary^{*}, Sawitri Subiyanto, Hana Sugiastu Firdaus

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

ABSTRAK

Pertumbuhan dan perkembangan suatu kota menyebabkan terjadinya perubahan penggunaan lahan akibat dari meningkatnya kebutuhan lahan dan aktifitas penduduk dalam menjalankan kehidupan ekonomi, sosial, budaya, dan politik. Sistem Informasi Geografi (SIG) dapat digunakan untuk memonitor dan memprediksi perubahan penggunaan lahan dengan menghubungkan faktor-faktor perubahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan di Kota Balikpapan periode tahun 2009-2019, memprediksi penggunaan lahan dengan model *Artificial Neural Network* (ANN) dan Regresi Logistik, serta menentukan kesesuaian penggunaan lahan hasil prediksi tahun 2029 dengan peta Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Balikpapan tahun 2012-2032. Data primer yang digunakan untuk penelitian adalah peta penggunaan lahan hasil klasifikasi terbimbing (*supervised*) dari citra Landsat 7 tahun 2009, citra SPOT 5 tahun 2014, dan citra SPOT 7 tahun 2019. Pemodelan perubahan penggunaan lahan dilakukan dengan menggunakan sebuah *plugins* yaitu MOLUSCE (*Modules for Land Use Change Simulations*) pada perangkat lunak QGIS. Variabel faktor pendorong perubahan yang digunakan berupa jarak ke jalan, jarak ke sungai, jarak ke permukiman dan kepadatan penduduk. 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%). Pemodelan perubahan penggunaan lahan dengan metode ANN memiliki nilai akurasi model yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode regresi logistik melalui validasi model antara peta prediksi penggunaan lahan dengan peta eksisting yang menghasilkan nilai indeks *kappa* sebesar 0,620 untuk model ANN dan 0,588 untuk model regresi logistik. Tingkat kesesuaian setelah dilakukan *overlay* antara peta prediksi penggunaan lahan tahun 2029 dengan model ANN dan Regresi Logistik terhadap peta RTRW dinyatakan cukup baik yaitu sebesar 44,25% dan 43,49%.

Kata Kunci : ANN, Pemodelan, Perubahan Penggunaan Lahan, Regresi Logistik, RTRW

ABSTRACT

The growth and development of a city cause land changes as a result of land changes and the activities of the population in carrying out their economic, cultural, and political life. Geographic Information Systems (GIS) can be used to monitor and predict land-use change by linking the factors of change. This study aims to see changes in land use in the City of Balikpapan for the period 2009-2019, predict land use with Artificial Neural Network (ANN) and Logistic Regression models, and determine the suitability of land use predicted in 2029 with the Regional Spatial Plan (RTRW) map of Balikpapan City 2012-2032. The primary data used for the research were land use maps with supervised classification from Landsat 7 imagery 2009, SPOT 5 imagery 2014, and SPOT 7 imagery 2019. Land-use change modeling was carried out using a plugin, namely MOLUSCE (Modules for Simulation Land Use Change) in the QGIS software. The driving variables for land-use change are distance to the road, distance to the river, distance to settlements, and population density. The results showed that changes in land use in Balikpapan City in 2009-2019 experienced a decrease in the area of a mixed population garden of 3,499.69 hectares (6.85%) and mangroves increased by 2,515 hectares (4.92%). Modeling of land-use change using the ANN method has a higher value model compared to the logistic regression method through model validation between land use predictions and existing maps which results in a kappa index value of 0.620 for the ANN model and 0.588 for the logistic regression model. The level of suitability after overlaying the prediction map of land use in 2029 with the ANN model and the Logistic Regression on the RTRW map was stated to be quite good, namely 44.25% and 43.49%.

Keywords: ANN, Land Use Change, Logistic Regression, Modelling, RTRW

^{*}) Penulis Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Kebutuhan lahan berbanding lurus dengan meningkatnya perkembangan wilayah, pertumbuhan ekonomi dan penduduk yang merupakan bentuk aktivitas penduduk dalam pembangunan (C. A. Roy dkk, 2017). Lahan memiliki kapasitas atau jumlah yang terbatas sementara aktivitas manusia selalu berubah-ubah untuk memenuhi kebutuhan hidup. Hal ini menyebabkan permintaan lahan bertambah dan menimbulkan terjadinya perubahan penggunaan lahan atau beralihnya fungsi suatu lahan, khususnya dari lahan tidak terbangun menjadi lahan terbangun.

Pertumbuhan Kota Balikpapan yang pesat memberi keuntungan dari segi aspek ekonomi dan aspek sosial, namun untuk memenuhi kebutuhan tersebut diperlukan pembangunan sarana, prasarana, aksesibilitas serta infrastruktur yang memadai. Pembangunan infrastruktur berupa jalan tol Balikpapan – Samarinda yang menghubungkan dua kota besar dan daerah yang ada disekitarnya. Proyek jalan tol yang dimulai pada tahun 2011 ini melintasi kawasan Hutan Lindung Sungai Manggar di Balikpapan dan Taman Hutan Raya Bukit Soeharto di Kutai Kartanegara. Pada tahun 2011 pemerintah daerah Kota Balikpapan juga membangun perguruan tinggi yaitu Institut Teknologi Kalimantan (ITK) di Kelurahan Karang Joang dan Stadion Batakan di Kelurahan Manggar. Pembangunan infrastruktur tersebut akan memberi pengaruh terhadap laju perubahan penggunaan lahan.

Menurut data Badan Pusat Statistik tercatat jumlah penduduk Kota Balikpapan tahun 2019 mencapai 655.178 jiwa. Seiring bertambahnya jumlah penduduk dan intensifnya aktivitas penduduk di suatu wilayah maka semakin meningkat pula kebutuhan untuk tempat tinggal dan aksesibilitas penduduk di waktu mendatang (Anitawati dkk, 2019).

Berdasarkan hal tersebut diperlukan pengawasan terhadap perubahan penggunaan lahan setiap tahunnya dengan cara memodelkan perubahan penggunaan lahan tersebut sehingga dapat diketahui perkembangan kota di tahun mendatang. Perkembangan teknologi komputer yaitu Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat digunakan dalam mengkaji pemodelan perubahan penggunaan lahan dengan menambahkan faktor-faktor pendorong terjadinya perubahan penggunaan lahan. *Cellular Automatan* (CA) merupakan salah satu model yang dapat diterapkan karena memiliki sifat yang dinamis dan dapat diintegrasikan dengan model lain seperti *Artificial Neural Network* (ANN) dan Regresi Logistik yang berbasis statistik.

Pada penelitian ini penulis menganalisis perubahan penggunaan lahan yang terjadi di Kota Balikpapan menggunakan metode *Artificial Neural Network* (ANN) dan regresi logistik serta memprediksi penggunaan lahan di tahun mendatang dengan simulasi *Cellular Automata-Markov* dengan menggunakan sebuah *plugin* yaitu MOLUSCE (*Modules for Land Use Change Simulations*) yang terdapat dalam

perangkat QGIS. Variabel faktor pendorong yang digunakan dalam pemodelan perubahan penggunaan lahan, yaitu jarak ke jalan, jarak ke sungai, jarak ke permukiman dan kepadatan penduduk serta menganalisis kesesuaian antara hasil prediksi penggunaan lahan Kota Balikpapan tahun 2029 dengan RTRW Kota Balikpapan tahun 2012-2032 menggunakan metode SIG.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut mengangkat beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan penggunaan lahan di Kota Balikpapan tahun 2009-2019?
2. Bagaimana hasil pemodelan penggunaan lahan Kota Balikpapan tahun 2019 menggunakan metode ANN dan regresi logistik?
3. Bagaimana kesesuaian hasil prediksi penggunaan lahan Kota Balikpapan tahun 2029 dengan metode ANN dan regresi logistik terhadap RTRW Kota Balikpapan?

I.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan akhir sebagai berikut:

1. Menganalisis perubahan penggunaan lahan di Kota Balikpapan tahun 2009-2019.
2. Membuat pemodelan penggunaan lahan Kota Balikpapan tahun 2019 menggunakan metode ANN dan regresi logistik.
3. Menentukan kesesuaian hasil prediksi penggunaan lahan Kota Balikpapan tahun 2029 dengan metode ANN dan regresi logistik terhadap RTRW Kota Balikpapan.

I.4 Batasan Penelitian

Batasan penelitian dalam penelitian ini adalah:

1. Lokasi penelitian berada di Kota Balikpapan, Kalimantan Timur.
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu citra Landsat 7 ETM+ tahun 2009, citra SPOT 5 tahun 2014, citra SPOT 7 terkoreksi tahun 2019, peta administrasi Kota Balikpapan, peta jaringan jalan, data kepadatan penduduk tahun 2019 serta peta RTRW Kota Balikpapan tahun 2012-2032.
3. Variabel faktor pendorong perubahan untuk pemodelan yaitu jarak ke jalan, jarak ke sungai, jarak ke permukiman, dan kepadatan penduduk.
4. Perangkat lunak yang digunakan adalah Quantum GIS 2.18.24 untuk pemodelan ANN dan regresi Logistik dengan *plugins* MOLUSCE, dan ArcGIS untuk analisis spasial.
5. Klasifikasi penggunaan lahan berdasarkan SNI klasifikasi penutup lahan tahun 2014 dan disesuaikan dengan peta pola ruang RTRW Kota Balikpapan tahun 2012-2032. Klasifikasi tersebut antara lain hutan, lahan terbangun, lahan terbuka, tubuh air, mangrove, kebun

campuran, pertanian hortikultura, dan semak belukar.

6. Metode yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:
 - a. Peta penggunaan lahan tahun 2009, 2014, dan 2019 didapatkan dengan metode klasifikasi terbimbing (*supervised*).
 - b. Analisis kesesuaian hasil prediksi penggunaan lahan tahun 2029 terhadap peta RTRW menggunakan metode *overlay*.
 - c. Pemodelan dan prediksi penggunaan lahan menggunakan metode ANN dan regresi logistik dengan *plugins* MOLUSCE QGIS.
 - d. Validasi model dilakukan dengan membandingkan peta hasil prediksi penggunaan lahan dengan peta eksisting menggunakan metode *kappa*.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Penggunaan Lahan dan Perubahan Penggunaan lahan

Penggunaan lahan dapat diartikan sebagai segala bentuk campur tangan manusia terhadap lahan untuk memenuhi kebutuhan hidup secara materil maupun spiritual (Arsyad, 2010). Penggunaan lahan terbagi menjadi dua yaitu lahan terbangun dan lahan tak terbangun. Lahan terbangun terdiri dari perdagangan, jasa, industri, perkantoran, dan perumahan, Sementara lahan tak terbangun terbagi menjadi dua yaitu lahan tak terbangun yang dimanfaatkan untuk aktivitas kota (transportasi, ruang terbuka, kuburan, rekreasi) dan non aktivitas kota (area perairan, perkebunan, pertanian dan penambangan sumber daya alam).

Menurut Murcharke (1990) dalam Ruslisan (2015) perubahan penggunaan lahan dapat terjadi secara sistematis dan non-sistematis. Perubahan sistematis merupakan perubahan penggunaan lahan yang terjadi di lokasi yang sama dan adanya fenomena yang berulang sedangkan perubahan non-sistematis merupakan perubahan yang umumnya tidak linear karena kenampakan tutupan lahan dan lokasinya terus berubah-ubah serta luasan lahan memungkinkan untuk berkurang, bertambah, ataupun tetap.

II.2 Pemodelan Penggunaan Lahan

II.2.1 Artificial Neural Network (ANN)

Metode *Artificial Neural Network* (ANN) atau jaringan syaraf tiruan merupakan metode *learning machine* (pembelajaran mesin) yang termasuk dalam *supervised learning* yang mampu mengenali berbagai pola dari contoh atau data masukan yang diberikan. Kelebihan dari jaringan syaraf tiruan ini yaitu mampu mengenali data yang belum dilatihkan (*generalisasi*), dapat menggabungkan data spektral dan data non spektral, serta kemampuan mengingat data yang dilatihkan dalam jumlah yang banyak (*memorisasi*) (Arif, 2011).

II.2.2 Mult Layer Perceptron (MLP)

Mult Layer Perceptron (MLP) adalah salah satu bentuk arsitektur jaringan ANN yang paling umum digunakan. Menurut Rumelhart dalam Tasha (2012), MLP terdiri dari tiga jenis *layer*, yaitu lapisan masukan (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*), dan lapisan keluaran (*output layer*) yang dapat mengidentifikasi hubungan non linear di kehidupan nyata. Lapisan tersembunyi merupakan lapisan yang melanjutkan respon bobot dari lapisan masukan ke lapisan keluaran.

II.2.3 Regresi Logistik

Regresi logistik merupakan sebuah regresi dengan variabel dependen yang bersifat biner untuk memodelkan prediksi peluang terjadinya perubahan penggunaan lahan suatu wilayah dalam bentuk sebuah persamaan matematika. Menurut Weisberg dalam Roseana (2019), struktur regresi logistik terdiri dari tiga bagian penting, yaitu peubah respon terdiri dari binomial besar yang menampilkan perubahan, fungsi beberapa *logit transform* linear dengan variabel bebas untuk memperkirakan nilai binomial, dan peluang perubahan tergantung pada peubah bebas yang linear.

II.2.4 Cellular Automata Markov

Cellular Automata (CA) merupakan suatu metode komputasi yang bergantung terhadap aturan sederhana dan berkembang menurut aturan tersebut dari waktu ke waktu yang dapat memprediksi sebuah perubahan sistem dinamik. Metode *Cellular Automata* ini memiliki kekurangan yaitu hanya 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 (Wardani dkk, 2016).

II.2.5 Uji Validasi Model

Uji validasi model bertujuan untuk melihat keakuratan dari hasil pemodelan prediksi penggunaan lahan sehingga 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.

II.3 Klasifikasi Terbimbing (*Supervised*)

Klasifikasi terbimbing merupakan klasifikasi digital berbasis piksel berdasarkan pada pemasukan daerah contoh (*training area*) oleh operator. Untuk itu, analis atau operator harus mempersiapkan skema klasifikasi (kelas penutup penggunaan lahan) dan menetapkan beberapa *training area* setiap kelas pada citra penginderaan jauh. *Maximum likelihood* merupakan salah satu algoritma *supervised*.

II.4 Matriks Konfusi

Tingkat akurasi suatu klasifikasi dilakukan untuk mengukur derajat kepercayaan antara data

referensi dengan hasil klasifikasi serta mengetahui tingkat ketepatan klasifikasi yang dibuat. Uji akurasi dilakukan dengan sebuah matriks kontingensi bujur sangkar yang disebut matriks konfusi (*error matrix*) yang memuat jumlah sampel terklasifikasi. Tingkat akurasi menunjukkan perbedaan aktual antara interpretasi klasifikasi penggunaan lahan dengan data referensi atau kondisi sebenarnya di lapangan.

Penentuan jumlah sampel untuk mengambil data lapangan ditentukan dengan menggunakan formula Anderson (Lo, 1996) pada persamaan (1).

$$N = \frac{4pq}{E^2} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

N = Jumlah sampel

p = Nilai ketelitian yang diharapkan

q = Selisih antara 100 dan p

E = Nilai kesalahan yang diterima

II.5 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografi (SIG) merupakan sistem informasi berbasis komputer yang mempunyai kemampuan dalam penanganan data bereferensi spasial yang mencakup membangun, mengelola, manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan data), memanipulasi serta menganalisis. Menurut Aronoff (1989) dalam Amani (2017) SIG memiliki beberapa fungsi yaitu pengukuran, pemetaan, pemodelan, dan pemantauan. Salah satu manfaat SIG berdasarkan empat fungsi tersebut yaitu mengkaji perkembangan fisik perkotaan melalui pemodelan terhadap fenomena penyebab terjadinya perubahan penggunaan lahan.

II.6 Quantum GIS

Quantum GIS merupakan salah satu perangkat lunak Sistem Informasi Geografi yang bersifat *open source* dan *free* (gratis) yang digunakan untuk pengolahan data spasial.

QGIS dapat menyediakan, menampilkan, menyunting, dan menganalisis data serta mendukung banyak format dan fungsionalitas data vektor, raster, dan basisdata. MOLUSCE (*Modules for Land Use Change Simulations*) merupakan salah satu *plugin* pemodelan penggunaan lahan yang menggunakan data raster multitemporal. Tahapan pemodelan dalam MOLUSCE terdiri dari *input*, *evaluating correlation*, *area change*, *transition potential modeling*, *cellular automata simulation*, dan *validation*.

II.7 Citra Landsat

Landsat merupakan sebuah citra satelit yang digunakan untuk memantau bumi sejak tahun 1972. Landsat 7 ETM+ diluncurkan pada 15 April 1999 dengan membawa sebuah sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*). Sensor ini memiliki lebar sapuan yaitu 185 km dengan resolusi temporal adalah setiap 16 hari. Citra landsat 7 ETM+ memiliki kemampuan spektral yang cukup baik dalam membedakan dan mengenali berbagai objek sehingga banyak dimanfaatkan untuk memperoleh informasi

permukaan bumi berupa informasi penutup/penggunaan lahan, reflektansi permukaan, indeks vegetasi, dan sebagainya.

II.8 Citra SPOT

Satelit SPOT (*Satellites Pour l’Observation de la Terre*) merupakan satelit resolusi tinggi untuk observasi bumi yang dioperasikan di luar angkasa. SPOT 5 diluncurkan pada tanggal 3-4 Mei 2002 di Pusat Antariksa Guiana, Kourou, SPOT 6 diluncurkan di Pusat Antariksa Satish Dhawan, India pada tanggal 9 September 2012, dan SPOT 7 diluncurkan pada 30 Juni 2014. Citra satelit ini dapat diaplikasikan di bidang pertanian, pemantauan tutupan lahan dan hutan, pertahanan, minyak, gas, industri, pertambangan dan pantai.

III. Metodologi Penelitian

III.1 Data-Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sebagai berikut:

1. Citra Landsat 7 ETM+ Level 1 Kota Balikpapan tahun 2009 dari USGS Earth Explorer
2. Citra SPOT 5 tahun 2014 dan citra SPOT 7 tahun 2019 dari Pustekdata Penginderaan Jauh LAPAN
3. Peta batas administrasi dan jaringan jalan Kota Balikpapan tahun 2016 dari Dinas Pertanahan dan Penataan Ruang
4. Peta RTRW Kota Balikpapan tahun 2012-2032 dari BAPPEDA Kota Balikpapan
5. Data kepadatan penduduk tahun 2019 dari BPS Kota Balikpapan

III.2 Alat-Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Laptop ASUS X541U, Ram 4 GB, Intel Core i3-6006U
2. *Software* ArcGIS 10.6
3. *Software* ENVI Classic 5.3
4. *Software* QGIS 2.18.24 dengan *plugins* MOLUSCE
5. Microsoft Office 2010

III.3 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian secara umum dapat dilihat pada **Gambar 1**.

iteration 100, neighbourhood 1 px, dan sampel secara acak sebanyak 1000 sampel.

5. **Cellular Automata Simulation**
Tahap *Cellular Automata Simulation* merupakan tahap pembuatan model penggunaan lahan dimana tahun prediksi = tahun sebelum + rentang tahun. Dalam penelitian ini, 2009 merupakan tahun awal, 2014 tahun akhir dan rentangan tahunnya adalah 5 tahun, maka tahun prediksi yang dihasilkan yaitu $2014 + 5 = 2019$, dengan iterasi sebanyak 1 kali. Apabila ingin memprediksi beberapa tahun ke depan seperti tahun 2029 maka jumlah iterasi bertambah menjadi 3 kali.
6. **Validation**
Validasi model perlu dilakukan untuk mengetahui keakuratan dari model prediksi yang dihasilkan. Menurut Altman (1991) dalam Subiyanto & Suprayogi (2019) nilai akurasi $kappa$ 0,81 – 1,00 menunjukkan adanya kesepakatan yang 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.

III.8 Tahap Pengolahan Kesesuaian Peta Prediksi dengan RTRW

Data yang diperlukan untuk menganalisis kesesuaian yaitu data vektor penggunaan lahan hasil prediksi tahun 2029 dan RTRW Kota Balikpapan. Pengolahan dilakukan dengan metode *overlay intersect* yaitu proses penggabungan fitur yang berpotongan atau bertumpang tindih baik berupa titik, garis atau poligon dan tersimpan dalam hasil keluaran.

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Uji Akurasi Klasifikasi Penggunaan Lahan

Uji akurasi klasifikasi dilakukan dengan dua cara yaitu akurasi internal yang didapatkan dari perangkat lunak ENVI melalui matriks kesalahan dan validasi lapangan. Pada penelitian ini pengambilan sampel untuk validasi lapangan dilakukan dengan metode *simple random sampling*. Penentuan jumlah sampel dihitung menggunakan formula Anderson dengan nilai ketelitian yang diharapkan sebesar 80%. Adapun jumlah sampel yang digunakan sebanyak 120 sampel dengan masing-masing penggunaan lahan adalah 15 sampel. Melalui matriks konfusi didapatkan nilai *producer accuracy*, *user accuracy*, *overall accuracy* dan *kappa coefficient* yang terdapat dalam **Tabel 2**.

Tabel 2 Nilai *Overall Accuracy* dan *Kappa Coefficient*

Supervised Citra	Overall Accuracy	Kappa Coefficient
Landsat 7 tahun 2009	88,79%	0,8543
SPOT 5 tahun 2014	89,71%	0,8569
SPOT 7 tahun 2019	85,85%	0,8381

Perhitungan matriks konfusi $\geq 80\%$ maka klasifikasi citra dianggap benar dan dapat mewakili apa yang ada di lapangan serta hasil klasifikasi ini dapat digunakan sebagai pembandingan pada validasi model.

IV.2 Penggunaan Lahan Kota Balikpapan

Penggunaan lahan di Kota Balikpapan didapatkan dari pengolahan klasifikasi terbimbing dengan citra Landsat 7 ETM+, SPOT 5, dan SPOT 7. Luas setiap penggunaan lahan di Kota Balikpapan tahun 2009, 2014, dan 2019 ditampilkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3 Penggunaan Lahan Kota Balikpapan

Penggunaan Lahan	2009 (Ha)	2014 (Ha)	2019 (Ha)
Hutan	19.202,09	22.856,95	18.418,76
Lahan Terbangun	4.348,39	4.987,69	5.578,97
Lahan Terbuka	4.421,80	2.500,09	1.553,91
Tubuh Air	1.453,77	1.627,63	1.814,57
Mangrove	2.677,07	3.048,30	5.192,34
Kebun Campuran	8.929,87	6.393,85	5.430,17
Pertanian Hortikultura	2.424,44	3.420,56	4.934,73
Semak Belukar	7.622,66	6.245,02	8.156,64
Jumlah	51.080,09	51.080,09	51.080,09

Berdasarkan **Tabel 3** penggunaan lahan di Kota Balikpapan baik tahun 2009, 2014, dan 2019 didominasi oleh lahan tidak terbangun. Lahan tidak terbangun ini termasuk dalam jenis lahan tak terbangun non aktifitas kota meliputi hutan, lahan, terbuka, tubuh air, mangrove, kebun campuran, pertanian hortikultura dan semak belukar.

Lahan tidak terbangun pada tahun 2009 dengan luas terbesar yaitu penggunaan lahan hutan sebesar 19.202,09 Ha dan luas terkecil yaitu tubuh air sebesar 1.453,77 Ha sedangkan luas lahan terbangun sebesar 4.348,39 Ha. Pada tahun 2014 penggunaan lahan hutan dan lahan terbangun mengalami penambahan luas menjadi 22.856,95 Ha dan 4.987,69 Ha. Sementara pada tahun 2019 penggunaan lahan hutan mengalami penurunan luas menjadi 18.418,76 H dan sebaliknya lahan terbangun mengalami kenaikan menjadi 5.578,97 Ha.

IV.3 Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

IV.3.1 Perubahan Penggunaan Lahan 2009-2014

Perubahan penggunaan lahan di Kota Balikpapan tahun 2009-2014 ditampilkan dalam **Tabel 4**.

Tabel 4 Perubahan Luas Penggunaan Lahan

Penggunaan Lahan	Luas (Ha)		Perubahan
	2009	2014	
Hutan	19.202,09	22.856,95	3.654,85
Lahan Terbangun	4.348,39	4.987,69	639,30
Lahan Terbuka	4.421,80	2.500,09	-1.921,71
Tubuh Air	1.453,77	1.627,63	173,86

Mangrove	2.677,07	3.048,30	371,23
Kebun Campuran	8.929,87	6.393,85	-2.536,01
Pertanian Hortikultura	2.424,44	3.420,56	996,12
Semak Belukar	7.622,66	6.245,02	-1.377,64
Jumlah	51.080,09	51.080,09	

Perubahan luas penggunaan lahan dalam 5 tahun mengalami peningkatan dan penurunan. Hutan menunjukkan perubahan berupa penambahan luas paling besar yaitu sebesar 3.654,85 Ha dan kebun campuran mengalami penurunan luas paling besar yaitu sebesar 2.536,01 Ha.

Peningkatan luas pada hutan dapat terjadi karena salah satu kebijakan Pemerintah Kota Balikpapan adalah menggalakkan kegiatan penghijauan yang dilakukan tiap tahun melalui penanaman bibit tanaman keras di beberapa lokasi di Balikpapan. Penggunaan lahan kebun campuran dapat berubah menjadi hutan.

IV.3.2 Perubahan Penggunaan Lahan 2014-2019

Perubahan penggunaan lahan di Kota Balikpapan tahun 2014-2019 ditampilkan dalam **Tabel 5**.

Tabel 5 Perubahan Luas Penggunaan Lahan

Penggunaan Lahan	Luas (Ha)		Perubahan
	2014	2019	
Hutan	22.856,95	18.418,76	-4.438,19
Lahan Terbangun	4.987,69	5.578,97	591,29
Lahan Terbuka	2.500,09	1.553,91	-946,18
Tubuh Air	1.627,63	1.814,57	186,94
Mangrove	3.048,30	5.192,34	2.144,04
Kebun Campuran	6.393,85	5.430,17	-963,68
Pertanian Hortikultura	3.420,56	4.934,73	1.514,17
Semak Belukar	6.245,02	8.156,64	1.911,62
Jumlah	51.080,09	51.080,09	

Luas penggunaan lahan yang mengalami peningkatan luas paling besar adalah mangrove yang luasnya bertambah 2.144,04 Ha dan penggunaan lahan hutan mengalami penurunan luas paling besar yaitu sebesar 4.438,19 Ha. Perubahan yang banyak terjadi yaitu penggunaan lahan hutan berubah menjadi lahan terbuka atau lahan terbangun, hutan berubah menjadi tubuh air yaitu dibangunnya waduk di Teritip.

IV.3.3 Perubahan Penggunaan Lahan 2009-2019

Adapun perubahan penggunaan lahan Kota Balikpapan tahun 2009-2019 dapat dilihat dalam **Tabel 6**.

Tabel 6 Perubahan Luas Penggunaan Lahan

Penggunaan Lahan	Luas (Ha)		Perubahan
	2009	2019	
Hutan	19.202,09	18.418,76	-783,33
Lahan Terbangun	4.348,39	5.578,97	1.230,58
Lahan Terbuka	4.421,80	1.553,91	-2.867,89
Tubuh Air	1.453,77	1.814,57	360,80
Mangrove	2.677,07	5.192,34	2.515,27
Kebun Campuran	8.929,87	5.430,17	-3.499,69
Pertanian Hortikultura	2.424,44	4.934,73	2.510,29
Semak Belukar	7.622,66	8.156,64	533,98
Jumlah	51.080,09	51.080,09	

Luas penggunaan lahan yang mengalami peningkatan luas paling besar adalah mangrove luasnya bertambah 2.515,27 Ha dan penggunaan lahan kebun campuran mengalami penurunan luas paling besar yaitu sebesar 3.499,69 Ha. Penggunaan lahan terbuka mengalami penurunan luas, namun lahan terbuka mengalami peningkatan. Dalam kurun waktu 10 tahun pemerintah daerah Kota Balikpapan melakukan pembangunan infrastruktur seperti jalan tol Balikpapan – Samarinda, pembangunan perguruan tinggi yaitu ITK, dan pembangunan daerah perumahan.

IV.4 Pemodelan Perubahan Penggunaan Lahan dengan ANN dan Regresi Logistik

IV.4.1 Input Model

Data masukan dalam proses pemodelan adalah peta penggunaan lahan tahun 2009 sebagai *intial* dan peta penggunaan lahan tahun 2014 sebagai *final*. Variabel faktor pendorong yang digunakan yaitu jarak ke jalan, jarak ke sungai, jarak ke permukiman, dan kepadatan penduduk.

IV.4.2 Evaluating Correlation

Variabel faktor pendorong dilakukan uji statistik dengan metode *pearson's correlation*. Hasil uji *pearson's correlation* terdapat pada **Tabel 7**.

Tabel 7 Hasil Uji Korelasi

	Jalan	Kepadatan	Sungai	Permukiman
Jalan	1	-0,213	0,531	0,778
Kepadatan	-0,213	1	0,039	-0,234
Sungai	0,531	0,039	1	0,870
Permukiman	0,778	-0,234	0,870	1

Nilai uji korelasi semakin mendekati 1 maka menunjukkan keterkaitan atau hubungan yang erat. Berdasarkan **Tabel 7** menunjukkan korelasi antara jalan dengan permukiman dan sungai dengan permukiman sangat erat karena mendekati 1 yaitu, 0,778 dan 0,870. Hal ini menunjukkan bahwa semakin dekat suatu penggunaan lahan terhadap permukiman,

jalan, dan sungai maka semakin cepat terjadinya perubahan penggunaan lahan. Sementara variabel faktor pendorong kepadatan penduduk terhadap jalan dan permukiman bernilai negatif menunjukkan bahwa terjadinya perubahan penggunaan lahan di kawasan padat permukiman dan pinggiran jalan kecil kemungkinan untuk terjadi walaupun kebutuhan akan lahan meningkat.

IV.4.3 Area Changes

Tahap ini menghasilkan tabel perubahan penggunaan lahan hasil pengolahan MOLUSCE ditampilkan pada **Tabel 8**.

Tabel 8 Perubahan Penggunaan Lahan

Penggunaan Lahan	2009 (Ha)	2014 (Ha)	Selisih
Hutan	17675,91	22801,68	5125,77
Lahan Terbangun	4324,23	4978,71	654,48
Lahan Terbuka	4357,53	2501,64	-1855,89
Tubuh Air	1389,24	1612,98	223,74
Mangrove	2675,97	3045,06	369,09
Kebun Campuran	9976,50	6388,65	-3587,85
Pertanian Hortikultura	2385,72	3412,44	1026,72
Semak Belukar	8172,72	6215,94	-1956,78

Berdasarkan **Tabel 8** penggunaan lahan yang mengalami penambahan luas terbesar adalah penggunaan lahan hutan sebesar 5.25,77 Ha sedangkan yang mengalami penurunan adalah penggunaan lahan kebun campuran yang berkurang 3.587,85 Ha.

Tahap ini juga menghasilkan matriks transisi yang menunjukkan besaran peluang perubahan suatu penggunaan lahan menjadi penggunaan lahan lain. Matriks transisi memiliki nilai 0-1, yakni jika nilainya berkisar antara 0,01-0,99 maka berpeluang untuk berubah menjadi penggunaan lahan lain dan apabila nilai 0 atau 1 berarti lahan tersebut tidak berubah (tetap). Pada komponen diagonal matriks hutan memiliki nilai paling besar yaitu 0,81 berarti penggunaan lahan hutan tidak berubah atau tetap menjadi lahan hutan, namun penggunaan lahan hutan memiliki nilai peluang tertinggi 0,06 untuk berubah menjadi penggunaan lahan lain yaitu kebun campuran. Sementara pertanian hortikultura mempunyai kecenderungan untuk tetap menjadi pertanian hortikultura hanya sebesar 0,07 dan memiliki kecenderungan berubah menjadi penggunaan lahan hutan (0,5) dan kebun campuran (0,29).

IV.4.4 Transition Potential Modeling

Topologi jaringan yang digunakan dalam pemodelan ANN adalah 4-3-2, yaitu 4 *nodes* pada lapisan masukan, 3 *nodes* pada lapisan tersembunyi, dan 2 *nodes* pada lapisan keluaran. Hubungan setiap *nodes* pada *layer* atau jalur koneksi mengandung bobot (W) dalam bentuk matriks dengan ukuran berdasarkan dari jumlah *input nodes*, *hidden nodes*, dan *output*

nodes. Hasil pemodelan menggunakan ANN dapat dilihat pada **Tabel 9**.

Tabel 9 Hasil Pemodelan ANN

Neighbourhood	1 px
Learning rate	0,010
Maximum iterations	100
Hidden Layers	3
Momentum	0,050
ΔOverall Accuracy	-0,00002
Min Validation Overall Erro	0,03568
Current Validation Kappa	0,26823

Proses pelatihan dan pembelajaran jaringan dari suatu data masukan dilakukan berulang-ulang dengan mengatur besaran tiap parameter yang akan berpengaruh pada nilai eror atau *Min Validation Overall Error*. Nilai eror yang diperoleh sebesar 0,03568 dan dianggap telah memenuhi untuk dilanjutkan ke tahap selanjutnya. Nilai *learning rate* dan nilai iterasi yang besar tidak menjamin akan memberikan hasil dan akurasi yang baik, artinya parameter lainnya seperti momentum mempunyai pengaruh dalam memberikan hasil yang baik. Parameter momentum menentukan besar perubahan bobot suatu pelatihan.

Tabel 10 Hasil Pemodelan Regresi Logistik

Momentum iteration	100
Neighbourhood	1 px
Pseudo R-squared	0,727

Berdasarkan **Tabel 10** hasil pengolahan regresi logistik yang dilakukan didapatkan model regresi dengan nilai *pseudo-R²* sebesar 0,727. Nilai *pseudo-R²* ini menunjukkan tingkat kepercayaan variabel bebas (variabel faktor pendorong) dalam menjelaskan variabel terikat (penggunaan lahan). Nilai *pseudo-R²* yang diperoleh juga sudah masuk dalam kategori kuat dimana dalam teori Clark dan Hosting menyatakan nilai *pseudo-R²* dikatakan relatif kuat apabila nilainya lebih besar dari 0,2.

IV.4.5 Cellular Automata Simulation

Tahap *cellular automata simulation* menghasilkan peta prediksi penggunaan lahan tahun 2019 berdasarkan data tahun 2009 dan 2014 yang dapat dilihat pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



Gambar 2 Peta prediksi penggunaan lahan tahun 2019 dengan ANN



Gambar 3 Peta prediksi penggunaan lahan tahun 2019 dengan Regresi Logistik

Hasil prediksi pemodelan penggunaan lahan tahun 2019 metode ANN dan regresi logistik menunjukkan penggunaan lahan yang paling dominan di Kota Balikpapan adalah hutan dengan masing-masing luas yaitu 23.358,08 Ha dan 24.800,32 Ha. Secara keseluruhan lahan tidak terbangun non aktivitas kota masih mendominasi penggunaan lahan di Kota Balikpapan. Lahan kosong dan kebun campuran diprediksi mengalami penambahan luas baik pada hasil pemodelan dengan ANN maupun regresi logistik. Sementara untuk penggunaan lahan hasil pemodelan seperti lahan terbangun, tubuh air, mangrove, pertanian hortikultura dan semak belukar mengalami penurunan dibandingkan dengan peta penggunaan lahan eksisting 2019. Luas penggunaan lahan hasil prediksi pemodelan dapat dilihat dalam **Tabel 11**.

Tabel 11 Luas Penggunaan Lahan Eksisting dan Hasil Prediksi Tahun 2019 (Ha)

Klasifikasi	Penggunaan Lahan Eksisting (Ha)	Hasil Pemodelan ANN (Ha)	Hasil Pemodelan Regresi Logistik (Ha)
Hutan	18.418,76	23.358,08	24.800,32
Lahan Terbangun	5.578,97	5.487,24	5.201,49
Lahan Terbuka	1.553,91	2.334,08	2.584,04
Tubuh Air	1.814,57	1.584,48	1.785,08
Mangrove	5.192,34	3.087,89	3.740,72
Kebun Campuran	5.430,17	7.091,25	7.123,33
Pertanian Holtikultura	4.934,73	3.771,891	2.919,132
Semak Belukar	8.156,64	4.365,189	2.925,988

IV.4.6 Validation

Hasil prediksi pemodelan penggunaan lahan tahun 2019 divalidasi dengan peta eksisting untuk mengetahui akurasi pemodelan. Hasil validasi model untuk metode ANN dan regresi logistik menunjukkan nilai *kappa (overall)* sebesar 0,62 dan 0,59. Nilai *kappa* tersebut menunjukkan bahwa pemodelan

mempunyai kesepakatan atau kesesuaian yang cukup baik. Hasil validasi model dapat dilihat dalam **Tabel 12**.

Tabel 12 Validasi Model dengan *Kappa*

	Metode ANN	Metode Regresi Logistik
% of Correctness	72,81247	70,57333
<i>Kappa (Overal)</i>	0,61994	0,58750
<i>Kappa (histo)</i>	0,89606	0,8664
<i>Kappa (loc)</i>	0,69184	0,67806

IV.5 Analisis Kesesuaian Hasil Prediksi Penggunaan Lahan Tahun 2029 dengan RTRW Kota Balikpapan

Kesesuaian hasil prediksi penggunaan lahan Kota Balikpapan tahun 2029 dengan peta RTRW Kota Balikpapan tahun 2012 – 2032 dilakukan dengan cara analisis *overlay intersect*. Kesesuaian penggunaan lahan dikatakan sesuai apabila hasil prediksi pemodelan dengan RTRW terdapat kesamaan kelas penggunaan lahan/luas/letak.

Hasil prediksi tahun 2029 terdapat pada **Gambar 5** dan **Gambar 6**. Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat bahwa lahan terbangun banyak dijumpai di daerah selatan Kota Balikpapan sedangkan daerah utara dan timur Kota Balikpapan didominasi dengan hutan dan kebun campuran.



Gambar 4 Peta prediksi penggunaan lahan tahun 2029 dengan ANN



Gambar 5 Peta prediksi penggunaan lahan tahun 2029 dengan Regresi Logistik

Hasil *overlay intersect* antara peta prediksi penggunaan lahan tahun 2029 dengan ANN terhadap RTRW Kota Balikpapan tahun 2012-2032 menunjukkan luas yang sesuai sebesar 22.616,63 Ha atau 44,25% (0,44) dan tidak sesuai sebesar 20.846,79

Ha atau 40,78% dari total luas keseluruhan RTRW. Sementara untuk peta prediksi penggunaan lahan tahun 2029 dengan regresi logistik terhadap RTRW Kota Balikpapan tahun 2012-2032 menunjukkan luas yang sesuai sebesar 22.231,78 Ha atau 43,49% (0,43) dan tidak sesuai sebesar 22.751,54 Ha atau 44,51%. Nilai $kappa$ 0,41-0,6 menunjukkan bahwa hasil analisis kesesuaian hasil prediksi ANN dan regresi logistik terhadap RTRW masuk dalam kategori sedang atau cukup baik.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Perubahan penggunaan lahan di Kota Balikpapan tahun 2009 – 2019 hasil dari klasifikasi terbimbing menunjukkan penurunan luasan yang signifikan pada penggunaan lahan kebun campuran berkurang sebesar 3.499,69 Ha (6,85%) dan mangrove yang luasnya bertambah 2.515,27 Ha (4,92%). Sementara pertanian hortikultura bertambah sebesar 2.510,26 Ha (4,91%), lahan terbangun bertambah 1.230,58 Ha (2,41%), semak belukar bertambah 533,98 Ha (1,05%), tubuh air bertambah 360,80 Ha (0,71%), lahan terbuka berkurang sebesar 2.867,89 Ha (5,61%) dan hutan berkurang 783,33 Ha (1,53%).
2. Hasil pemodelan penggunaan lahan tahun 2019 dengan metode ANN memiliki nilai akurasi model yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode regresi logistik melalui validasi model antara peta prediksi penggunaan lahan tahun 2019 dengan peta eksisting 2019 yang menghasilkan nilai indeks $kappa$ sebesar 0,62 untuk metode ANN dan 0,59 untuk metode regresi logistik.
3. Berdasarkan analisis kesesuaian antara peta prediksi penggunaan lahan Kota Balikpapan tahun 2029 metode ANN dan regresi logistik terhadap RTRW Kota Balikpapan tahun 2012-2032 didapatkan tingkat kesesuaian sebesar 44,25% dan 43,49% dengan tingkat kepercayaan > 40% atau 0,41 maka hasil kesesuaian dinyatakan cukup baik.

V.2 Saran

Terdapat beberapa saran untuk penelitian berikutnya, berikut adalah saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya:

1. Citra satelit yang digunakan sebaiknya memiliki resolusi spasial yang sama dan lebih teliti sehingga memudahkan dalam pengklasifikasian dan mendapatkan hasil pemodelan prediksi yang baik.
2. Penelitian berikutnya dapat menggunakan metode klasifikasi lainnya untuk mendapatkan penggunaan lahan yang lebih baik.
3. Menggunakan faktor pendorong perubahan penggunaan lahan yang lain, seperti jarak ke

pusat kota/kegiatan, jarak ke fasilitas umum, kemiringan lereng, pendapatan daerah, zona nilai tanah dan faktor lainnya.

4. Tahun penelitian sebaiknya dilakukan dengan rentang waktu yang panjang agar mendapatkan perubahan lahan yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amani, M. (2017). *Dinamika Perubahan Penggunaan Lahan Di Coastal Area Kota Makassar Berbasis Cellular Automata-Markov (CA-M)*. Universitas Hasanuddin.
- Anitawati, Jaya, L. M. G., Saleh, F., & Hidayat, A. (2019). Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan Menggunakan Citra Landsat Multiwaktu dengan Metode Land Change Modeler. *Jurnal Geografi Aplikasi Dan Teknologi*, 3(2), 41–48.
- Arif, N. (2011). Kajian Kemampuan Jaringan Syaraf Tiruan Berbasis Citra ALOS dalam Identifikasi Lahan Kritis. Tesis. Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Arsyad, S. (2010). *Konservasi Tanah dan Air*. Edisi Ke-2. IPB Press. Bogor
- C. A. Roy, Rusdiana, O., & Ichwandi, I. (2017). Dinamika Perubahan dan Kebijakan Pemanfaatan Ruang di Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. *Journal of Enviromental Engineering & Waste Management*, 2(2), 60–68.
- Lo, CP. (1996). *Penginderaan Jauh Terapan*. Terjemahan Bambang Purbowaseso. Judul Asli: *Applied Remote Sensing*. Jakarta: UI Press.
- Roseana, B., Subiyanto, S., & Sudarsono, B. (2019). Analisis Spasial Perkembangan Fisik Wilayah Kabupaten Klaten Menggunakan Sistem Informasi Geografis Dan Prediksinya Tahun 2025 Dengan CA Markov Model. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(4), 59–68.
- Ruslisan, Zahira, F. S., & Dharmasanti, R. (2015). Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan Terbangun Terhadap Kesesuaian Rancangan Tata Ruang Wilayah Menggunakan Regresi Logistic Binner Berdasar Data Spasial dan Penginderaan Jauh di Kota Semarang. *Pembangunan Inklusif: Menuju Ruang Dan Lahan Perkotaan Yang Berkeadilan*. Retrieved from <http://proceeding.cousd.org>
- Subiyanto, S & Suprayogi, Andri. (2019). Modeling And Spatial Analysis Of Change Settlement And Fair Market Land Price Using Markov Chain Model In Banyumanik District. *KnE Engineering*. 10.18502/keg.v4i3.5866.
- Tasha, K. (2012). *Pemodelan Perubahan Penggunaan Lahan Dengan Pendekatan Artificial Neural Network (Studi Kasus: Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau)*. Institut Pertanian Bogor.
- Wardani, D. W., Danoedoro, P., & Susilo, B. (2016). Kajian Perubahan Penggunaan Lahan Berbasis Citra Satelit Penginderaan Jauh Resolusi Menengah Dengan Metode Multi Layer Perceptron dan Markov Chain. *Majalah Geografi Indonesia*, 30(1), 9–18. <https://doi.org/0215-1790>