

PREDIKSI PERUBAHAN LAHAN HUTAN MANGROVE DENGAN METODE *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* (ANN) BERBASIS CITRA SATELIT LANDSAT (Studi Kasus: Teluk Ambon, Kota Ambon, Maluku)

RAMADHANY NURFAJAR LUKMAN, SONI DARMAWAN

Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Institut Teknologi Nasional Bandung, Jalan Penghulu Kyai Haji Mustopha, No. 23,
Bandung, Indonesia
Email: dhn1kmn@gmail.com

ABSTRAK

Hutan mangrove merupakan ekosistem yang sangat penting bagi kesejahteraan lingkungan dan ekonomi masyarakat lokal. Hutan mangrove di Teluk Ambon telah mengalami degradasi yang cukup signifikan dalam beberapa tahun. Prediksi perubahan lahan hutan mangrove dapat mengetahui perkembangan hutan mangrove. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan yang terjadi pada hutan mangrove di Teluk Ambon menggunakan metode *Artificial Neural Network* pada sebuah plugins MOLUSCE. Metode penelitian menggunakan data citra satelit landsat 5 tahun 2003, citra satelit landsat 8 tahun 2013 dan 2023, dan data jaringan jalan dan garis pantai yang digunakan sebagai faktor pendorong. Dalam MOLUSCE, panjang waktu prediksi (otomatis) adalah $t_1+(t_1-t_0)$, di mana t_1 adalah tahun akhir dan t_0 adalah tahun awal, maka tahun yang akan prediksi adalah $2013+(2013-2003)=2023$. Luasan dari tahun 2003 hingga tahun 2033 luasan hutan mangrove bertambah sekitar 7.38 ha. Perubahan hutan mangrove dapat terlihat pada bagian timur dia area hutan kedua. Indeks kappa yang dihasilkan dari model prediksi adalah 0,79. Kesesuaian perbandingan peta sebesar 86.3%. Pada tahun 2033, luas lahan bertambah di wilayah barat area studi kasus. luas lahan hutan mangrove bertambah sekitar 46.98 hektar dalam periode 10 tahun, yaitu dari tahun 2023 hingga prediksi tahun 2033. Indeks kappa pada data lapangan adalah 0,81.

Kata kunci: Mangrove, ANN, MOLUSCE, Perubahan Lahan, Citra Satelit.

ABSTRACT

The mangrove forest is a crucial ecosystem for environmental well-being and the local community's economy. The mangrove forest in Ambon Bay has experienced significant degradation over the past few years. Predicting changes in mangrove forest land can provide insights into its development. The aim of this study is to analyze land use changes in the mangrove forest of Ambon Bay using the Artificial Neural Network method within the MOLUSCE plugin. The research methodology involves Landsat 5 satellite imagery from 2003, Landsat 8 satellite imagery from 2013 and 2023, along with road network and coastline data used as driving factors. In MOLUSCE, the prediction time length (automatically) is $t_1+(t_1-t_0)$, where t_1 is the end year and t_0 is the start year, resulting in a prediction year of $2013+(2013-2003)=2023$. The mangrove forest area increased by approximately 7.38 hectares from 2003 to 2033. Changes in the mangrove forest are evident in the eastern part of the study area. The kappa index resulting from the prediction model is 0.79, with a matching accuracy of 86.3% for the comparison of maps. By 2033, there is an increase in land area in the western part of the case study area. The mangrove forest area expanded by about 46.98 hectares during a 10-year period, from 2023 to the predicted year 2033. The field data's kappa index is 0.81.

Keywords: *Mangrove, ANN, MOLUSCE, Land Change, Satellite Imagery.*

1. PENDAHULUAN

Teluk Ambon merupakan sebuah lokasi di Kota Ambon yang terletak di tengah pulau Maluku (Kakisina dkk., 2015). Mangrove memberikan manfaat penting bagi ekosistem pesisir, seperti melindungi pantai dari abrasi, menyediakan tempat berlindung dan habitat bagi berbagai spesies ikan, burung, dan hewan lainnya, serta berperan dalam siklus nutrisi dan penyaringan air. Hutan mangrove merupakan ekosistem yang sangat penting bagi kesejahteraan lingkungan dan ekonomi masyarakat local. Ekosistem mangrove merupakan sumber daya lahan basah wilayah pesisir dan sistem penyangga kehidupan dan kekayaan alam yang nilainya sangat tinggi (PERPRES, 2012). Hutan mangrove atau hutan bakau merupakan formasi dari tumbuhan yang spesifik, dan umumnya dijumpai tumbuh dan berkembang pada kawasan pesisir yang terlindung di daerah tropika dan subtropika (Papilaya, 2022). Hutan mangrove memiliki peran penting dalam melindungi daratan dari abrasi pantai, memfilter air dan menjaga kualitas air, dan sebagai habitat bagi berbagai jenis flora dan fauna. Deforestasi dan perubahan lahan yang terjadi secara signifikan mempengaruhi keberlangsungan hutan mangrove (Salampessy dkk., 2015).

Hilangnya ekosistem pantai yang bervegetasi secara cepat melalui perubahan penggunaan lahan terjadi selama berabad-abad dan telah dipercepat dalam beberapa dekade terakhir. Penyebab konversi habitat bervariasi secara global dan termasuk konversi ke akuakultur, pertanian, eksploitasi hutan yang berlebihan, penggunaan industri, bendungan di hulu, pengerukan, eutrofikasi perairan di atasnya, pembangunan perkotaan, dan konversi ke perairan terbuka karena percepatan kenaikan dan penurunan permukaan laut (Salampessy dkk., 2015). Perubahan iklim, penebangan liar, dan perubahan tata guna lahan merupakan beberapa faktor yang menyebabkan perubahan lahan hutan mangrove di Teluk Ambon (Salampessy dkk., 2015).

Citra satelit merupakan salah satu sumber data yang dapat digunakan untuk mengetahui perubahan lahan pada hutan mangrove di Teluk Ambon (Darmawan dkk., 2022). Citra satelit dapat dimanfaatkan untuk analisis dalam perubahan lahan hutan mangrove. Citra satelit yang digunakan berupa citra satelit dari landsat 8 dan landsat 5. Citra satelit dapat menyediakan informasi tentang perubahan lahan hutan mangrove secara kontinu dan memungkinkan analisis perubahan lahan hutan mangrove (Darmawan dkk., 2022). *Artificial Neural Network* (ANN) adalah sebuah metode pembelajaran mesin yang memiliki kapasitas untuk memodelkan perilaku dan menemukan pola dalam data. Dalam penelitian ini, ANN dapat digunakan untuk memprediksi perubahan lahan hutan mangrove dengan memanfaatkan citra satelit penginderaan jauh sebagai inputnya (Baig dkk., 2022).

Pada penelitian ini, proses analisis perubahan penggunaan lahan yang terjadi pada hutan mangrove di Teluk Ambon menggunakan metode *Artificial Neural Network* (ANN). Pemodelan ANN menggunakan sebuah *plugins Modules for Land Use Change Simulations* (MOLUSCE) yang terdapat dalam perangkat QGIS (Hapsary, 2021). MOLUSCE adalah sebuah *plugin* pada *software* QGIS yang memungkinkan analisis perubahan lahan. Dalam penelitian ini, MOLUSCE dapat digunakan untuk memvisualisasikan dan memvalidasi hasil prediksi perubahan lahan yang diperoleh dari ANN (Baig dkk., 2022). Prediksi perubahan lahan ini menggunakan Citra Satelit Landsat sebagai data utama dalam melakukan prediksi perubahan lahan. Satelit Landsat 5 untuk tahun 2003 dan Satelit Landsat 8 Untuk tahun 2013 dan 2023. Adapun dalam

pelaksanaannya menggunakan *software* QGIS untuk memodelkan prediksi perubahan lahan dengan *plugin* MOLUSCE. Dalam molusce terdapat berbagai fungsi pemodelan yang dapat digunakan salah satunya *Artificial Neural-Network* (ANN). MOLUSCE juga menyediakan indeks kappa sebagai fungsi validitas untuk menunjukkan kesesuaian peta aktual dan peta prediksi.

Pemodelan dengan menggunakan metode *Artificial Neural-Network* (ANN) sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh Hapsary; Subiyanto; Firdaus (2021) dengan menggunakan metode *Artificial Neural-Network* (ANN) dan Regresi Logistik dan didapati bahwa pemodelan ANN memiliki nilai lebih tinggi dibanding metode regresi logistik. Penelitian dengan metode *Artificial Neural-Network* juga dilakukan oleh Kusniawati; Subiyanto; Amarrohman (2019) pada penggunaan lahan di Kota Salatiga dimana hasil dari penelitian ini menunjukkan perubahan penggunaan lahan didominasi oleh lahan pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tren perubahan hutan mangrove dengan menggunakan *Artificial Neural Network* dan berbasis citra satelit penginderaan jauh.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Area hutan mangrove pada Teluk Ambon, Kota Ambon, Maluku seperti terlihat pada Gambar 1. Area hutan mangrove Teluk Ambon terbagi menjadi dua bagian dimana area barat dan timur. Dari kedua area hutan tersebut pengambilan titik sampel dilakukan di setiap area hutan dengan total masing-masing adalah 5 titik per hutan mangrove.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

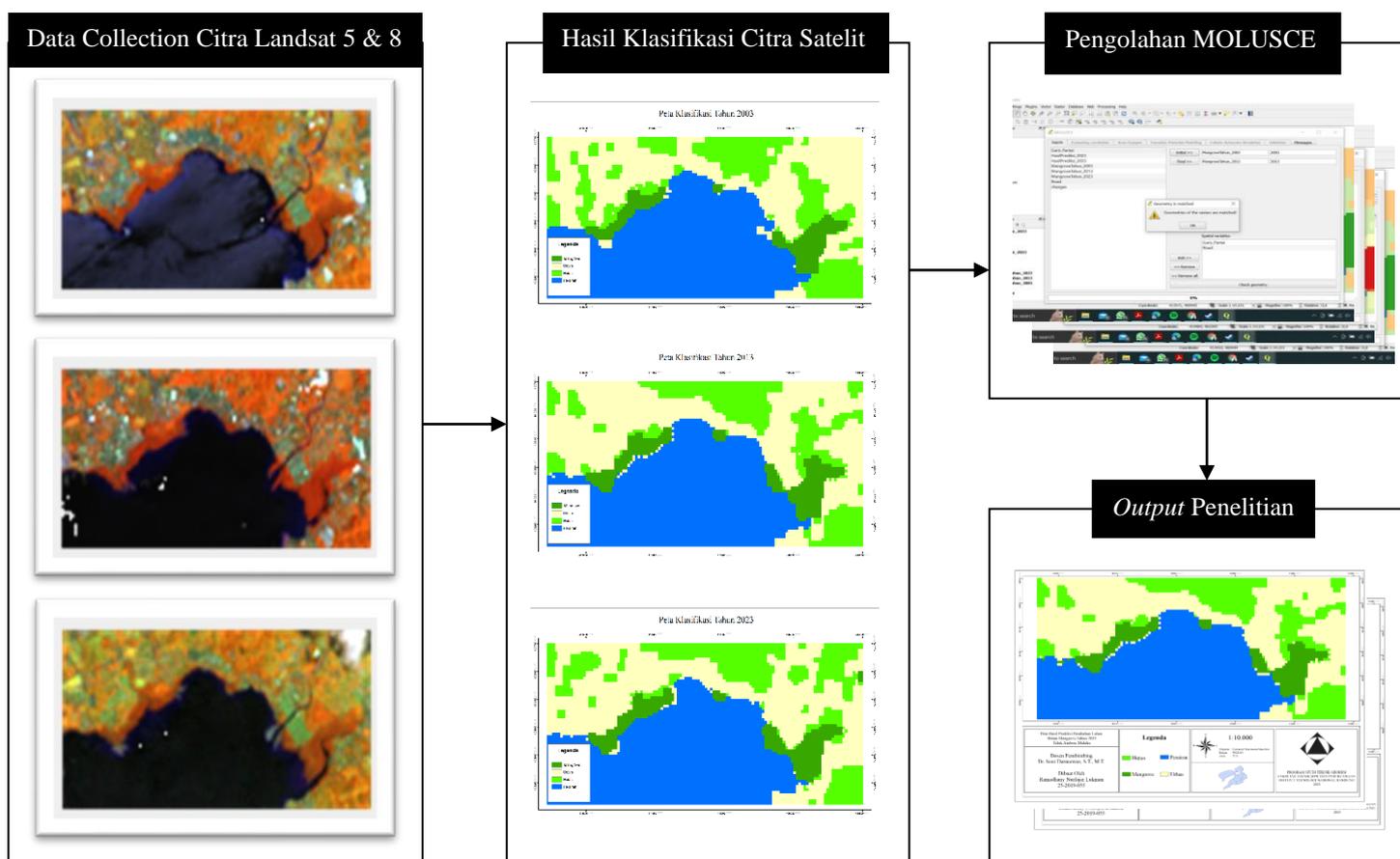
2.2 Data dan Software

Pada penelitian ini menggunakan data Citra Satelit Landsat 5 tahun 2003, Landsat 8 tahun 2013 dan 2023, yang didapat dari situs *open source* USGS. Adapun data seperti jaringan jalan dan garis pantai untuk faktor pendukung didapat dari situs InaGeoPortal. Pengolahan data

menggunakan *software* QGIS dengan *plugin* MOLUSCE untuk memodelkan prediksi perubahan lahan dengan metode *Artificial Neural-Network* (ANN). ArcMap 10.8 juga digunakan untuk persiapan ke-empat data tersebut, seperti melakukan klasifikasi, memperhitungkan jaringan jalan dan garis pantai sebagai faktor pendorong, dan untuk melakukan *layout* dari hasil prediksi yang didapatkan.

2.3 Metodologi Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data citra (Landsat 5 tahun 2003, Landsat 8 tahun 2013, dan Landsat 8 tahun 2023). Dalam penelitian ini juga dilakukan studi literatur untuk mendapatkan informasi-informasi dari penelitian terkait lainnya. Pengolahan untuk mendapatkan *output* yang diinginkan sesuai pada Gambar 2.



Gambar 2. Metodologi penelitian

1. Klasifikasi Tutupan Lahan

Klasifikasi adalah suatu tahapan untuk memprediksi suatu kelas yang belum diketahui sebelumnya dengan memanfaatkan kelompok kelas yang sudah ada. Klasifikasi tutupan lahan salah satunya bertujuan untuk menghasilkan peta tematik, dimana setiap nilai piksel pada citra mewakili sebuah objek. Metode klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah klasifikasi *Maximum Likelihood*. Klasifikasi tutupan lahan dalam penelitian ini terdiri dari 4 kelas yaitu perairan, *mangrove*, hutan, dan *urban*. Klasifikasi ini dilakukan pada masing-masing citra Landsat 5 tahun 2003, Landsat 8 tahun 2013, dan Landsat 8 tahun 2023. Kelas tutupan lahan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi kelas tutupan lahan

Kelas	Keterangan
<i>Mangrove</i>	Hutan yang berada di lingkungan perairan payau dan dipengaruhi pasang surut.
<i>Urban</i>	Pemukiman, jalan, lahan terbangun, di luar lingkungan <i>mangrove</i>
Hutan	Kumpulan tumbuhan <i>non-mangrove</i> di sekitar daerah studi kasus.
Perairan	Wilayah air yang bersifat statis dan dinamis seperti laut, sungai, dan danau.

2. MOLUSCE

MOLUSCE (*Modules for Land Use Change Simulations*) merupakan suatu *plugin* pada *software* QGIS yang memungkinkan analisis perubahan lahan. Dalam penelitian ini, MOLUSCE dapat digunakan untuk memvisualisasikan dan memvalidasi hasil prediksi perubahan lahan yang diperoleh dari ANN. Beberapa tahapan pada MOLUSCE, antara lain:

- Input Model*, data masukkan yang digunakan sebagai perhitungan tahun awal dan tahun akhir prediksi dimana tahun 2003 sebagai tahun awal (*initial*), dan tahun 2013 sebagai tahun akhir (*final*). Faktor pendorong jarak ke jalan dan garis pantai juga merupakan data masukkan yang di *input* dalam proses ini.
- Evaluating Corellation*, MOLUSCE memiliki fitur untuk menghitung korelasi antara suatu faktor terhadap data tahun awal dan akhir yang dimasukkan yakni faktor pendorong pada tahapan *evaluating corellation*. Faktor pendorong ini merupakan hasil dari perhitungan jarak Euclidean (jarak linier) antara setiap piksel atau area di dalam wilayah tertentu dengan fitur jalan dan garis pantai yang ada di sekitarnya.
- Area Changes*, Pada tahapan perubahan area di MOLUSCE, matriks transisi digunakan untuk menggambarkan probabilitas perubahan piksel dari kelas penggunaan lahan/*land cover* (LULC) awal ke kelas LULC akhir selama periode waktu tertentu. Matriks transisi ini berisi nilai-nilai dalam rentang 0 hingga 1, yang mencerminkan probabilitas perubahan piksel. Dimana, rentang 0 atau 1 tidak terdapat perubahan, tapi 0,1 – 0,9 terdapat perubahan. Dengan demikian, perbedaan antara nilai probabilitas 0,1 dan 0,9 dalam matriks transisi akan mencerminkan seberapa besar kemungkinan perubahan terjadi, di mana nilai 0,9 akan menunjukkan probabilitas perubahan yang lebih tinggi daripada nilai 0,1. Artinya, perubahan dengan nilai probabilitas 0,9 cenderung lebih besar kemungkinan terjadi dibandingkan dengan perubahan yang memiliki nilai probabilitas 0,1.
- Train Neural-Network*, Tahapan pelatihan menggunakan MOLUSCE yang berisi algoritma ANN meliputi menentukan *neighbourhood*, mengatur *maximum iteration*, mengkonfigurasi *learning rate*, memilih jumlah *hidden layer*, dan memilih faktor *momentum*. *Hyperparameter* ini dapat disesuaikan berdasarkan kompleksitas data input dan tingkat generalisasi yang diinginkan. Algoritma *Artificial Neural Network* (ANN) melibatkan inisialisasi bobot dan bias, penerimaan data masukan, pemrosesan melalui lapisan tersembunyi, dan menghasilkan prediksi. Kesalahan dihitung, dan melalui proses *backpropagation*, bobot dan bias disesuaikan untuk meminimalkan

kesalahan. Pembaruan berulang dilakukan, dan ANN digunakan untuk prediksi pada data baru. Kinerja dievaluasi dengan metrik yang sesuai.

- e. *Validation*, MOLUSCE memiliki tahapan validasi untuk mengukur kinerja model hasil prediksi, dimana terdapat "*& of correctness*" dan "Kappa (*overall*)". *& of correctness* mengukur akurasi prediksi secara persentase, sedangkan kappa (*overall*) mengukur kesesuaian prediksi dengan data aktual menggunakan koefisien kappa. *& of correctness* hanya memberikan informasi tentang akurasi prediksi secara umum, sedangkan kappa (*overall*) memberikan informasi tentang kesesuaian prediksi dengan data aktual secara keseluruhan.

3. Uji Akurasi Hasil Klasifikasi

Hasil dari klasifikasi kemudian dievaluasi ketepatan hasil klasifikasinya. Salah satu cara untuk mengevaluasi ketepatan hasil klasifikasi adalah dengan melakukan evaluasi akurasi yaitu dengan membuat matriks kesalahan (*error matrix*). Matriks kesalahan adalah matriks bujur sangkar yang berfungsi untuk melihat penyimpangan klasifikasi yaitu berupa kelebihan jumlah piksel dari kelas yang lain atau kekurangan jumlah piksel pada masing-masing kelas. Idealnya semua elemen yang bukan diagonal dalam matriks tersebut harus bernilai nol yang artinya tidak ada penyimpangan dalam matriks. Matriks ini dapat menghitung besarnya akurasi pembuat (*producer accuracy*), akurasi pengguna (*user accuracy*), akurasi keseluruhan (*overall accuracy*), dan akurasi kappa (*kappa accuracy*).

4. Validasi Model Prediksi

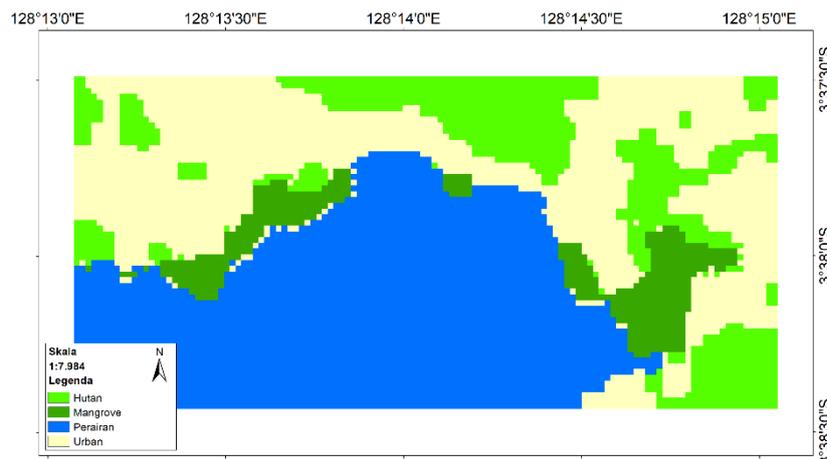
Validasi dalam penelitian ini dilakukan dengan *input* bawaan dari *plugin* MOLUSCE. Dalam validasinya dilakukan terhadap dua peta yakni peta hasil prediksi tahun 2023 dan peta aktual (hasil klasifikasi) tahun 2023. Validasi model dilakukan untuk memeriksa sejauh mana model yang dikembangkan dapat menggambarkan perubahan penggunaan lahan yang sebenarnya. Hasil validasi model dapat dievaluasi menggunakan indeks atau metrik lainnya.

3. HASIL DAN ANALISIS

Hasil prediksi perubahan lahan hutan *mangrove* dengan metode *Artificial Neural Network* berbasis citra satelit landsat pada Teluk Ambon menghasilkan peta prediksi tahun 2023 dan 2033 seperti terlihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Hasil Prediksi tahun 2023



Gambar 4. Hasil Prediksi Tahun 2033

Berdasarkan hasil prediksi perubahan lahan 2023 dan 2033 didapati juga tabel luasan lahan tahun 2023 dan tahun 2033 seperti pada Tabel 2, sebagai berikut:

Tabel 2. Luasan penggunaan lahan

Penggunaan Lahan	2023	2033	Δ Selisih Luasan
<i>Mangrove</i>	46.80 ha	46.98 ha	0.18 ha
<i>Urban</i>	214.38 ha	215.10 ha	0.72 ha
Hutan	111.33 ha	111.15 ha	-0.18 ha
Perairan	264.33 ha	263.61 ha	-0.72 ha

Dari table yang terbentuk memperlihatkan perbandingan luasan lahan yang terjadi pada tahun 2023 dan 2033. Indeks kappa yang dihasilkan dari perbandingan kedua peta ini adalah 86% kesesuaian. *Confusion Matrix* dari data lapangan pada tahun 2023 diuji dengan 10 titik sampel pada hutan mangrove, hasilnya 9 titik tersebut sesuai dengan hutan mangrove hasil klasifikasi. Hasil uji akurasi data lapangan ini memiliki indeks kappa 0,81.

Aspek dari citra yang memudahkan dalam visualisasi citra dimana Pemilihan band yang tepat dapat meningkatkan pemahaman tentang hutan mangrove dan memberikan informasi yang lebih relevan dalam proses prediksi perubahan lahan. Untuk citra satelit Landsat, biasanya tersedia beberapa band dengan panjang gelombang yang berbeda, dan setiap band menyimpan informasi yang berbeda tentang objek atau cakupan lahan. Penelitian ini menggunakan band *near infrared*, band *shortwave infrared 1*, dan *band red*, yang mana setiap band ini terdapat pada landsat 5 dan landsat 8.

4. KESIMPULAN

Memprediksi perubahan lahan hutan mangrove menggunakan plugin MOLUSCE menghasilkan perubahan lahan hutan mangrove dengan tingkat akurasi yang tinggi. dengan Validitas yang dihasilkan dari indeks kappa sebesar 0.79891, dan kesesuaian dari perbandingan kedua peta sebesar 86.3%. Metode ini dapat mengidentifikasi pola perubahan lahan mangrove dari waktu ke waktu dan memprediksi tren perubahan di masa depan. Pengolahan citra landsat yang

didapat dari situs *open source* dan kemudian diolah dengan *software* Arcgis dan QGIS, memvisualisasikan mangrove pada citra-citra yang digunakan dengan jelas.

Pada tahun 2033, terjadi perubahan luas lahan yang menunjukkan penambahan di wilayah barat area studi kasus. Hal ini mengindikasikan bahwa arah perubahan luas lahan yang terjadi cenderung berfokus pada wilayah barat hutan mangrove. Di Teluk Ambon, luas lahan hutan mangrove bertambah sekitar 46.98 hektar dalam periode 10 tahun, yaitu dari tahun 2023 hingga prediksi tahun 2033.

DAFTAR PUSTAKA

- Kakisina, T. J., Anggoro, S., & Hartoko, A. (2015). *Analysis of the Impact of Land Use on the Degradation of Coastal Areas at Ambon Bay-mollucas Province Indonesia*. *Procedia Environmental Sciences*, 23, 266-273.
- Darmawan, S., Claudia, A., & Tridawati, A. (2022). Prediksi Perubahan Kawasan Hutan Mangrove Menggunakan Model *Cellular Automata Markov* pada Citra Penginderaan Jauh Landsat. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 57-72.
- Darmawan, S., Nasing, E. N., & Tridawati, A. (2022). Prediksi Perubahan Kawasan Hutan Mangrove Menggunakan Model Land Change Modeler Berbasis Citra Satelit Penginderaan Jauh. *Jurnal Tekno Insentif*, 16 (1), 54-68.
- Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2012). Mangrove adalah salah satu hutan terkaya karbon di kawasan tropis. *Brief Cifor* 12, 1-10.
- Hapsary, M. S., Subiyanto, S., & Firdaus, H. S. (2021). ANALISIS PREDIKSI PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DENGAN PENDEKATAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK DAN REGRESI LOGISTIK DI KOTA BALIKPAPAN. *Jurnal Geodesi Undip* 10.2, 88-97.
- Rihulay, T. D., & Papilaya, F. S. (2022). Analisa Perubahan Luas Tutupan Lahan Mangrove di Teluk Ambon Dalam Menggunakan OBIA. *Journal of Information System, Graphics, Hospitality and Technology*, 4(01), 7-12.
- Salampessy, M. L., Febryano, I. G., Martin, E., Siahaya, M. E., & Papilaya, R. (2015). *Cultural capital of the communities in the mangrove conservation in the coastal areas of Ambon Dalam Bay, Moluccas, Indonesia*. *Procedia Environmental Sciences* 23, 222-229.
- Suyadi. (2017). Satu Dekade Kondisi Hutan Mangrove di Teluk Ambon, Maluku (*A Decade of Mangrove Forest Condition in Ambon Bay, Maluku*). *Jurnal Biologi Indonesia* 8.1.
- Pemerintah Indonesia. NOMOR 73 TAHUN 2012 TENTANG STRATEGI NASIONAL PENGELOLAAN EKOSISTEM MANGROVE. LEMBARAN NEGARA REPUBLIK INDONESIA TAHUN 2012 NOMOR 166.
- Baig, M. F., Mustafa, M. R., Baig, I., Takaijudin, H. B., & Zeshan, M. T. (2022). *Assessment of land use land cover changes and future predictions using CA-ANN simulation for selangor*, Malaysia. *Water* 14.3.
- Saputra, M. H., & Lee, H. S. (2019). *Prediction of land use and land cover changes for north sumatra, indonesia, using an artificial-neural-network-based cellular automaton*. *Sustainability*, 11(11), 3024.
- Kusniawati, I., Subiyanto, S., & Amarrohman, F. J. (2019). Analisis model perubahan penggunaan lahan menggunakan *Artificial Neural Network* di Kota Salatiga. *Jurnal Geodesi Undip*, 9(1), 1-11.