

Dinamika Perubahan Land Use dan Land Cover Kota Solok Berbasis Cloud Computing

Indah Febriyenti¹, Hendry Frananda²

^{1,2}Departemen Geografi, Universitas Negeri Padang

Article Info

Article history:

Received Jan, 2026

Revised Jan, 2026

Accepted Jan, 2026

Kata Kunci:

Kota Solok, Penggunaan Lahan, Tutupan Lahan, Dinamika Perubahan, Computasi Awan, Prediksi

Keywords:

Solok, Land Use and Land Cover, Change Dynamics, Cloud Computing, Prediction

ABSTRAK

Pertumbuhan jumlah penduduk yang terus meningkat setiap tahunnya di Kota Solok sehingga mempengaruhi perubahan LULC Kota Solok. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan klasifikasi LULC dan melihat dinamika perubahan dari tahun 2017 -2025 di Kota Solok dan memprediksi LULC Kota Solok tahun 2030. Klasifikasi LULC dijalankan dengan memanfaatkan teknologi Cloud Computing yaitu Google Earth Engine menggunakan Citra Satelit Sentinel-2A, lalu dianalisis menggunakan metode Supervised Classification dengan algoritma Random Forest tahun 2017 hingga 2025. Prediksi LULC dilakukan dengan metode (CA-ANN) Cellular Automata–Artificial Neural Network yang dijalankan menggunakan plugin Mollusce pada aplikasi QGIS. Hasil analisis menunjukkan jika Land Use dan Land Cover selama periode 2017 hingga 2025 mengalami kenaikan penurunan sehingga model prediksi sedikit kesulitan dalam membaca pola perubahan klasifikasi juga menunjukkan jika kelas vegetasi memiliki luas tertinggi baik dari tahun 2017 sampai prediksi 2030, yang menandakan jika kondisi vegetasi Kota Solok cukup baik. Penelitian ini menggunakan Kombinasi perubahan Land Use dan Land Cover dan pemodelan prediksi Land Use dan Land Cover tahun 2017 dan tahun terbaru yaitu 2025 yang belum pernah diterapkan penelitian sebelumnya.

ABSTRACT

The population of Solok City continues to grow every year, affecting changes in the city's land use and land cover (LULC). The purpose of this study is to classify LULC and observe the dynamics of change from 2017 to 2025 in Solok City and predict the city's LULC in 2030. LULC classification was carried out using Cloud Computing technology, namely Google Earth Engine, using Sentinel-2A Satellite Imagery, then analyzed using the Supervised Classification method with the Random Forest algorithm from 2017 to 2025. LULC prediction was carried out using the Cellular Automata–Artificial Neural Network (CA-ANN) method, which was run using the Mollusce plugin on the QGIS application. The analysis results show that Land Use and Land Cover during the period 2017 to 2025 experienced an increase and decrease, so that the prediction model had some difficulty in reading the classification change pattern. It also shows that the vegetation class has the highest area from 2017 to the 2030 prediction, which indicates that the vegetation condition in Solok City is quite good. This study uses a combination of Land Use and Land Cover changes and Land Use and Land Cover prediction modeling for 2017 and the latest year, 2025, which has never been applied in previous studies.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.

***Corresponding Author:***

Name: Indah Febriyenti
Institution: Universitas Negeri Padang, Padang
Email: indahfebrianti1105@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Kemajuan di bidang teknologi informasi telah membawa transformasi signifikan dalam proses pengolahan serta analisis data spasial, salah satu inovasi penting mendukung proses tersebut adalah teknologi cloud computing, yakni sistem komputasi berbasis awan yang memungkinkan akses, penyimpanan, dan pengelolaan data secara online tanpa bergantung pada perangkat keras lokal (Gorelick et al., 2017). Salah satu contoh implementasi teknologi komputasi awan dalam analisis geospasial adalah Google Earth Engine (GEE), platform ini memberikan akses terbuka terhadap berbagai koleksi citra satelit, melalui GEE, pengguna dapat melakukan analisis seperti estimasi Land Use dan Land Cover secara langsung di cloud computing, tanpa perlu mengunduh data mentah atau melakukan pemrosesan secara local (Amani et al., 2020).

Hasil analisis yang didapat dari GEE selanjutnya dianalisis lebih lanjut yaitu prediksi tentang perubahan Land Use dan Land Cover bisa dikembangkan lebih lanjut menggunakan pendekatan pemodelan spasial, seperti Cellular Automata (CA) dan Artificial Neural Network (ANN). Metode CA digunakan untuk memprediksi perubahan di suatu area berdasarkan pengaruh dari sekitarnya, sedangkan ANN digunakan untuk mempelajari pola perubahan yang tidak linear dari data masa lalu yang analisis keduanya dapat ditemukan pada plugins mollusce yang terdapat pada perangkat lunak QGIS. Dengan menggabungkan kedua metode tersebut, dapat dilakukan peramalan tentang Land Use dan Land Cover di masa depan secara lebih akurat dan berbasis lokasi, sehingga memberikan gambaran mengenai perkembangan LULC di Kota Solok pada tahun 2030.

Kota Solok adalah salah satu kota di Provinsi Sumatera Barat yang mengalami pertumbuhan penduduk cukup cepat. Karena lokasinya yang strategis dan kemudahan akses ke pelayanan, Kota Solok menjadi pusat ekonomi yang menarik bagi masyarakat untuk beraktivitas dan bekerja. Akibatnya, jumlah penduduk Kota Solok meningkat dari 59.396 jiwa pada tahun 2010 menjadi 67.307 jiwa pada tahun 2016. Dengan kemudahan akses dan pelayanan yang tersedia di sana, jumlah penduduk meningkat menjadi 81.059 jiwa pada tahun 2025 (BPS Kota Solok , 2016) dan berkurangnya luas kawasan hutan setiap tahun karena adanya alih fungsi lahan Perubahan lahan terbangun di kota Solok Selama 20 tahun, mengalami peningkatan dari 136 Ha pada tahun 1997 menjadi 829 Ha pada tahun 2018, menghasilkan perubahan 693 Ha (Walad & Purwaningsih, 2019) . Seiring bertambahnya jumlah penduduk, kebutuhan akan lahan untuk permukiman juga meningkat, terutama di wilayah perkotaan, sehingga mendorong perkembangan kawasan terbangun yang menggantikan lahan non-terbangun, termasuk area yang sebelumnya memiliki tutupan vegetasi (Baroroh & Panggi, 2018) kondisi vegetasi dapat dijadikan salah satu indikator penting dalam menilai keberlanjutan tata ruang perkotaan., tutupan vegetasi ideal di wilayah perkotaan sebaiknya mencapai paling sedikit 30% dari total luas administratif kota (Safriani ,2015). Akan tetapi, peningkatan pembangunan dan perubahan fungsi lahan di daerah perkotaan sering kali mengganggu pola perubahan Land Use dan Land Cover. Situasi tersebut perlu dianalisis secara

ilmiah untuk mengetahui perubahan yang terjadi dari waktu ke waktu, terutama di Kota Solok yang dalam beberapa tahun terakhir mengalami pertumbuhan wilayah cukup pesat.

Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan perubahan LULC di Kota Solok dengan menggunakan gambar dari satelit Sentinel-2 melalui platform Google Earth Engine selama periode 2017 sampai 2025. Selain itu, penelitian ini juga memprediksi kondisi LULC pada tahun 2030 menggunakan model CA-ANN di QGIS. Untuk melihat perubahan LULC setiap tahun, digunakan model klasifikasi Supervised dengan algoritma Random Forest. Sementara itu, model CA-ANN digunakan untuk memperkirakan arah perubahan LULC di masa depan. Gabungan kedua metode ini memberikan informasi tentang perubahan LULC secara spesifik dan potensi perkembangannya, sehingga bisa digunakan sebagai dasar dalam mengelola lingkungan di Kota Solok.

Dari permasalahan yang terjadi di Kota Solok, pemantauan kondisi Land Use and Land Cover perlu dilakukan dengan memanfaatkan teknologi pengindraan jauh. Penelitian ini membantu dalam analisis kondisi Land Use and Land Cover di Kota Solok dari tahun 2017 hingga 2025 dengan menggunakan Citra Sentinel-2A. Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai bahan dalam mempertimbangkan pembangunan lahan dan dapat digunakan juga sebagai data untuk mendukung pengendalian alih fungsi lahan yang terjadi di Kota Solok. Berdasarkan uraian latar belakang di atas, judul penelitian ini adalah "Dinamika Perubahan Land Use and Land Cover Kota Solok Berbasis Cloud Computing".

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh adalah teknik untuk mendapatkan informasi tentang objek, area, atau fenomena tanpa bersentuhan langsung dengannya, yaitu menggunakan sensor yang dipasang pada media seperti pesawat terbang, satelit, atau perjalanan ruang angkasa untuk merekam radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan oleh benda di permukaan bumi. Selanjutnya, data dianalisis untuk memperoleh informasi tentang pemetaan dan manajemen sumber daya alam (Handayani & Setiyadi, 2003). Secara umum objek yang terdapat pada permukaan bumi dapat dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu: tanah, air dan vegetasi. Yang mana ketiganya mempunyai perbedaan baik dari segi sifat dan bentuk, sehingga hasil dari potret ketiga objek tersebut menghasilkan karakteristik reflektan yang berbeda (Rijal et al., 2019).

2.2 Citra Penginderaan Jauh

Citra penginderaan jauh merupakan bentuk gambaran visual permukaan bumi yang direkam menggunakan bantuan alat, yaitu sensor yang terdapat pada wahana satelit atau pesawat udara (Rijal et al., 2019). Citra penginderaan jauh didapat dari hasil rekaman energi elektromagnetik yang dipantulkan oleh objek di permukaan bumi, kemudian energi yang dipantulkan diubah menjadi data digital sehingga dapat ditampilkan dalam bentuk gambar atau disebut juga dengan citra, yang mana gambar ini dapat dianalisis untuk berbagai keperluan seperti pemantauan vegetasi.

Pada citra penginderaan jauh terdapat berbagai saluran (band) spektral yang membantu analisis berbagai objek permukaan bumi. Informasi spektral dari band-band ini dapat dimanfaatkan untuk mengekstraksi parameter lingkungan, salah satunya Land Use and Land Cover, melalui Supervised Classification dengan algoritma random forest (A, 2007).

2.3 *Sentinel-2A*

Satelite Sentinel-2A merupakan salah satu sumber data yang banyak dimanfaatkan dalam studi mengenai Land Use dan Land Cover. Satelite ini merupakan bagian dari program pengamatan bumi milik *European Space Agency* (ESA) dirancang khusus untuk memantau kondisi lahan dan vegetasi secara berkala. Sentinel-2A dilengkapi dengan sensor multi-spektral yang mampu merekam data melalui 13 kanal spektral, meliputi pita merah, hijau, biru, inframerah dekat (NIR), hingga inframerah gelombang pendek (SWIR). Masing-masing kanal mencakup rentang spektral yang berbeda, yang memungkinkan identifikasi karakteristik lahan serta kondisi lingkungan secara lebih detail. Memanfaatkan citra Sentinel-2A untuk analisis Land Use dan Land Cover dapat dilakukan menggunakan pendekatan berbasis machine learning untuk memperoleh hasil yang lebih akurat dan efisien (Latue et al., 2023).

2.4 *Land Use dan Land Cover*

Land Use dan Land Cover adalah salah satu indikator penting untuk menunjukkan tingkat tutupan lahan di suatu area tertentu. Pengukuran Land Use dan Land Cover dapat memberikan informasi tentang kondisi ekosistem, tingkat degradasi lahan, dan perubahan dalam penggunaan lahan. Supervised Classification adalah salah satu metode paling umum yang digunakan dalam penginderaan jauh untuk klasifikasi Land Use dan Land Cover (Potin et al., 2021).

Analisis Land Use dan Land Cover digunakan untuk memantau perubahan tutupan lahan, degradasi lingkungan, konservasi hutan, dan analisis perubahan iklim. Survei lapangan secara konvensional digunakan untuk menilai Land Use dan Land Cover; namun, metode ini memerlukan banyak waktu, tenaga, dan biaya, dan tidak efisien untuk wilayah yang luas. Oleh karena itu, penggunaan teknologi penginderaan jauh sekarang menjadi metode yang lebih efisien untuk mengamati LULC secara regional dan global (Campbell, 2011).

2.5 *Cloud Computing*

Cloud computing merupakan sebuah platform teknologi yang bekerja secara terdistribusi dan memanfaatkan kemajuan teknologi informasi modern. Platform ini dirancang untuk menyediakan lingkungan komputasi yang bersifat elastis dan tangguh, yang memungkinkan organisasi untuk mengakses dan memanfaatkan layanan komputasi dari jarak jauh dengan cara yang fleksibel, efisien, dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan (Erl, 2013).

Salah satu platform cloud computing yang paling banyak digunakan dalam bidang geospasial adalah Google Earth Engine (GEE). Melalui platform ini, pengguna dapat mengakses berbagai dataset citra satelit seperti Landsat, Sentinel, dan MODIS, serta memanfaatkan kumpulan algoritma pemrosesan data spasial yang dapat dijalankan langsung berbasis website. Keunggulan ini memungkinkan peneliti untuk melakukan analisis data spasial berskala besar, baik secara temporal maupun spasial, termasuk dalam studi perubahan Land Use dan Land Cover (Dwi et al., 2020).

2.6 *Prediksi Land Use dan Land Cover*

2.6.1 *Artificial Neural Network (ANN)*

Metode Artificial Neural Network (ANN) atau jaringan syaraf tiruan adalah salah satu metode pembelajaran mesin yang termasuk dalam supervised learning. Metode ini mampu mengenali berbagai pola dari contoh atau data masukan yang diberikan. Keunggulan dari jaringan syaraf tiruan adalah mampu mengenali data yang belum pernah dilatihkan, dapat menggabungkan data spektral dan data non spektral, serta memiliki kemampuan untuk mengingat banyak data yang telah dilatihkan (Hapsary et al., 2021).

2.6.2 *Cellular Automata*

Cellular Automata (CA) adalah sistem yang membagi ruang menjadi sel-sel spasial teratur, di mana prosesnya berlangsung melalui tahapan waktu yang ditentukan. Setiap sel memiliki kondisi yang diperbarui secara berkala mengikuti aturan lokal dengan waktu yang telah ditetapkan oleh kondisi sel itu sendiri, serta kondisi sel di sekitarnya pada waktu sebelumnya. Konsep CA diperkenalkan pada tahun 1940-an oleh Von Neumann dan Ulam di bidang komputer, dan digunakan untuk menyederhanakan simulasi sistem yang kompleks menjadi lebih sederhana. CA mampu melakukan pemodelan transisi spasial yang yang kompleks (Awal et al., 2023).

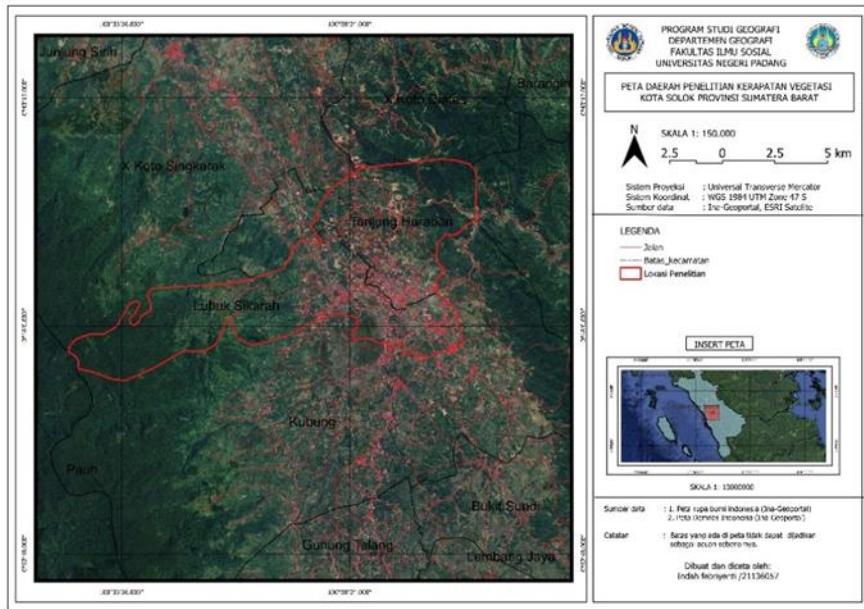
3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penulis menggunakan pendekatan kuantitatif, di mana analisis dilakukan menggunakan rumus indeks vegetasi pada citra Sentinel-2A. Dengan menggunakan rumus NDVI untuk menganalisis perubahan Land Use dan Land Cover, sehingga menghasilkan peta perubahan Land Use dan Land Cover. Selanjutnya prediksi dilakukan dengan menggunakan model ANN-CA. Hasil akhir dari penelitian ini akan berupa peta Land Use dan Land Cover dan prediksi tahun 2030.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Kota Solok yang terletak di Provinsi Sumatera Barat, Indonesia. Secara astronomis, wilayah ini berada antara $0^{\circ}44'28''$ – $0^{\circ}49'12''$ Lintang Selatan dan $100^{\circ}32'42''$ – $100^{\circ}41'12''$ Bujur Timur. Kota Solok memiliki luas wilayah sebesar $57,64 \text{ km}^2$ dan terdiri atas dua kecamatan yang didominasi oleh kawasan perbukitan dan dataran. Lokasi ini dipilih karena dinilai relevan untuk mengkaji dinamika Land Use dan Land Cover.



Gambar 1. Peta Administrasi Kota Solok

3.3 Alat dan Bahan

Dalam menganalisis dan proses pengelolaan citra satelit yang kemudian dihasilkan dalam bentuk peta tematik terdapat alat dan bahan yang digunakan yaitu sebagai berikut:

Table 1. Alat Penelitian

No	Nama Alat	Fungsi
1	Browser (Chrome)	Mengolah dan menganalisis citra Sentinel-2A untuk mendapatkan nilai Land Use dan Land Cover (misalnya NDVI).
2	QGIS /Argis	Menganalisis matriks perubahan Land Use dan Land Cover dan memodelkan prediksi Land Use dan Land Cover menggunakan CA-Markov. Layouting hasil peta Land Use dan Land Cover
3	Google Earth	Menentukan titik sampel dan lokasi uji akurasi secara visual.
4	Avenza Maps (Mobile App)	Navigasi ke titik koordinat lokasi uji akurasi di lapangan.
5	Microsoft Word	Menulis laporan dan dokumentasi hasil penelitian.
6	Kamera Smartphone	Mendokumentasikan kondisi vegetasi di lapangan.
7	GPS	Mencatat koordinat titik uji akurasi di lapangan.

Table 2. Bahan Penelitian

No	Nama Bahan	Keterangan	Sumber
1	Citra Sentinel-2A (2017–2025)	Digunakan untuk menghitung nilai Land Use dan Land Cover di Kota Solok.	Google Earth Engine, Tahun 2017–2025
2	Peta Jaringan Jalan	Digunakan untuk faktor pendorong dalam memprediksi Land Use dan Land Cover tahun 2030 dan variabel dalam layout peta.	Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), Badan Informasi Geospasial (BIG), diakses tahun 2025
3	Peta Jaringan Sungai	Digunakan untuk faktor pendorong dalam memprediksi Land Use dan Land Cover tahun 2030 dan variabel dalam layout peta.	Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), Badan Informasi Geospasial (BIG), diakses tahun 2025
4	Digital Elevation Model (DEM)	Digunakan untuk faktor pendorong dalam memprediksi Land Use dan Land Cover tahun 2030.	Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), Badan Informasi Geospasial (BIG), diakses tahun 2025
5	Peta Administrasi Kota Solok	Digunakan sebagai batas wilayah penelitian.	Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), Badan Informasi Geospasial (BIG), diakses tahun 2025

Sumber: Peneliti (2025)

3.4 Populasi dan Sampel

Penelitian ini menjadikan seluruh wilayah kota solok dianalisis menggunakan citra Sentinel-2A dari tahun 2017-2025 sebagai populasi dan sampel pada penelitian ini yaitu seluruh piksel citra Sentinel-2A di Kota Solok yang digunakan untuk melihat Land Use dan Land Cover.

3.5 Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan jenis data yang terdiri dari data primer dan data sekunder. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini adalah citra Sentinel-2A yang bersumber dari website Google Earth Engine (GEE), dan peta rupa bumi Indonesia pada wilayah penelitian bersumber dari Website Ina-Geoportal. Data primer dalam penelitian ini adalah titik-titik sampel diambil langsung ke lapangan yang digunakan untuk melihat tingkat akurasi citra Sentinel-2A.

3.6 Teknik Analisis

3.6.1 Analisis Land Use dan Land Cover Berbasis Cloud Computing

Pengolahan data dilakukan dengan memanfaatkan platform GEE, karena mampu mengelola dan menganalisis Land Use dan Land Cover dengan cepat berbasis Cloud Computing, dengan menggunakan citra Sentinel-2A yang tersedia pada (Google Earth Engine) GEE. Perhitungan Land Use dan Land Cover menggunakan metode supervised classification menggunakan algoritma random forest. Klasifikasi dibagi menjadi 5 kelas LULC seperti berikut:

Table 3. Nilai Klasifikasi NDVI

No	Kelas LULC	Deskripsi
1	Badan air	Area yang berisi bangunan tempat tinggal dan fasilitas pendukung, menunjukkan aktivitas manusia yang intensif. Maupun area yang tidak ada aktifitas sama sekli atau lahan kosong.

2	Lahan terbuka	Area yang tidak ada aktifitas sama sekli atau lahan kosong.
3	Permukiman	Area yang berisi bangunan tempat tinggal dan fasilitas pendukung, menunjukkan aktivitas manusia yang intensif
4	Vegetasi/ Hutan	Area yang ditutupi oleh vegetasi alami seperti hutan.
5	Pertanian lahan kering	Wilayah budidaya pertanian yang mengandalkan air hujan sebagai sumber utama kelembapan tanah dan tidak memiliki sistem irigasi teknis. Pada kelas ini, tanaman biasanya berupa tanaman semusim atau tanaman palawija, seperti jagung, ubi kayu, kacang-kacangan, cabai, dan tanaman hortikultura lainnya.
6	Pertanian lahan basah	Area budidaya pertanian yang mengandalkan sistem irigasi sebagai sumber kelembapan tanah seperti daerah persawahan.

Sumber: Peneliti, 2025

Proses perhitungan Land Use dan Land Cover dilakukan dengan memanfaatkan skrip pada platform Google Earth Engine (GEE). Skrip tersebut disusun secara sistematis agar dapat menghasilkan peta Land Use dan Land Cover yang akurat dan sesuai dengan kondisi sebenarnya. Adapun skrip yang digunakan dalam analisis:

```
// PENGAMBILAN CITRA SENTINEL-2 (JUNI 2025)
// Rentang tanggal
var start_date = '2025-06-01';
var end_date = '2025-06-30';
// Memanggil citra Sentinel-2 SR Harmonized
var image = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED")
  .filterBounds(batas)
  .filterDate(start_date, end_date)
  .sort('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE')
  .first();
print("Citra pertama:", image);
// Visualisasi citra RGB
Map.centerObject(batas, 10);
Map.addLayer(
  image,
  {bands: ['B4', 'B3', 'B2'], min: 272, max: 1153},
  'Citra Sentinel-2');
Map.addLayer(batas, {color: 'red'}, 'Batas Wilayah');
// DATA SAMPEL KELAS LULC
// Menggabungkan seluruh kelas sampel
var classNames = BadanAir
  .merge(LahanTerbuka)
  .merge(Pemukiman)
  .merge(Vegetasi)
  .merge(PertanianLhnKering)
  .merge(PertanianLhnBasah)
  .merge(sawahkering);
print("Sampel Kelas:", classNames);
// Band yang digunakan untuk klasifikasi
var bands = ['B2', 'B3', 'B4', 'B8', 'B11', 'B12'];
// Membuat data training
var training = image.select(bands).sampleRegions({
  collection: classNames,
  properties: ['TutupanLahan'],
  scale: 10});
print("Training Data:", training);
// KLASIFIKASI RANDOM FOREST
```

```

// Membuat classifier Random Forest
var classifier = ee.Classifier.smileRandomForest(100).train({
  features: training,
  classProperty: 'TutupanLahan',
  inputProperties: bands);
// Melakukan klasifikasi
var classified = image.select(bands).classify(classifier);
// Menampilkan hasil klasifikasi awal
Map.addLayer(classified.clip(batas),
  {min: 0, max: 7},
  'Klasifikasi');
// Memusatkan peta pada lokasi sampel
Map.centerObject(classNames, 13);
// VISUALISASI WARNA KLASIFIKASI
Map.addLayer(classified.clip(batas),
  { min: 0, max: 7,
    palette: [
      '#003F7D', // Badan Air
      '#CDA342', // Lahan Terbuka
      '#D55213', // Permukiman
      '#6BFF4D', // Vegetasi
      '#4E5F4B', // Pertanian Lahan Kering
      '#F5F5F5', // Pertanian Lahan Basah
      '#C35050', // Sawah Kering
      '#176598' // (Opsional) ] },
    'Classification (Colored)');
//EKSPOR KE DRIVE
Export.image.toDrive({
  image: classified,
  description: 'Hasil_Klasifikasi_LULC_2025',
  scale: 10,
  region: batas});

```

3.6.2 Uji Akurasi Land Use dan Land Cover

Uji akurasi dilakukan melalui pengumpulan sampel langsung di lapangan. Hal ini dimungkinkan karena lokasi penelitian mudah diakses, sehingga peneliti dapat memperoleh data yang dianggap lebih tepat dan mewakili kondisi sebenarnya dibandingkan dengan metode uji akurasi lainnya. Uji akurasi dilakukan dengan menggunakan metode confusion matrix yaitu perbandingan antara data hasil klasifikasi dan data referensi (ground truth) (Febriani & Ahyuni, 2023). Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah simple random sampling, yaitu metode pengambilan sampel secara acak di mana setiap objek dalam populasi memiliki peluang yang sama untuk terpilih sebagai sampel. Jumlah sampel yang diambil dihitung dengan menggunakan metode dari Fitzpatrick Lins sebagai menghasilkan jumlah sampel sebanyak 51 titik dengan tingkat Akurasi yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebesar 85% dengan kesalahan yang dapat diterima yaitu sebesar 15%.

3.6.3 Prediksi Land Use dan Land Cover Berbasis ANN-CA Pada Aplikasi QGIS

Analisis selanjutnya dilakukan dengan menggunakan aplikasi QGIS menggunakan plugins Mollusce, yang digunakan untuk melihat perubahan spasial dan memprediksi sebaran kepadatan

vegetasi di masa depan dengan model Cellular Automata–Artificial Neural Network (CA–ANN). Dengan tahapan pemodelan prediksi sebagai berikut:

1. Pengelolaan Faktor Pendorong

Faktor-faktor yang mendorong meliputi jarak ke jalan, jarak ke sungai, Digital Elevation Model (DEM) Penghitungan jarak dilakukan dengan cara mengukur jarak lurus dari objek tersebut (jarak Euclidean), dan proses ini dilakukan menggunakan perangkat lunak arcgis versi 10.8.

2. Input Data

Peta NDVI tahun 2020 digunakan sebagai peta awal, sedangkan peta NDVI tahun 2025 sebagai peta akhir. setelah itu, dimasukan beberapa faktor yang mempengaruhi, seperti jarak ke jalan, jarak ke sungai, dan data Digital Elevation Model (DEM). Semua data berupa peta raster diatur agar ukurannya sama, resolusinya seragam, dan menggunakan sistem proyeksi yang sama.

3. Evaluating Correlation

Tahapan ini digunakan untuk melihat korelasi antar variabel pendorong menggunakan analisis Pearson's Correlation. Faktor yang memiliki korelasi sangat tinggi ($>0,9$) akan dihilangkan agar tidak menimbulkan bias pada hasil model.

4. Area Change and Transition Matrix

Tahap ini menghasilkan tabel yang menunjukkan perubahan luas setiap kelas NDVI serta matriks transisi. Matriks transisi ini menunjukkan kemungkinan terjadinya perubahan Land Use dan Land Cover antar kelas, yaitu kelas rendah, sedang, dan tinggi. Matriks transisi tersebut digunakan sebagai dasar dalam melakukan simulasi perubahan pada model CA.

5. Transition Potential Modeling (ANN)

Pemodelan transisi dilakukan menggunakan Artificial Neural Network (ANN) yang terdapat pada plugins molusce pada aplikasi QGIS. Parameter yang digunakan antara lain learning rate sebesar 0,001, momentum 0,001, hidden layer sebanyak 10, dan iteration 100 dan jumlah sample 10000.

6. Simulasi Cellular Automata

Simulasi dilakukan untuk memperkirakan kondisi Land Use dan Land Cover pada tahun 2030. Pemodelan dilakukan dengan cara menambahkan rentang waktu perubahan ke tahun sebelumnya untuk mendapatkan tahun prediksi. Dalam penelitian ini, tahun 2020 digunakan sebagai tahun awal dan tahun 2025 sebagai tahun akhir dengan jangka waktu lima tahun. Berdasarkan ketentuan tersebut, tahun prediksi yang dihasilkan yaitu $2025 + 5 = 2030$. Apabila ingin memproyeksikan hingga tahun 2035, maka jumlah iterasi pada model perlu ditambah menjadi dua kali.

7. Validasi Model

Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi Land Use dan Land Cover tahun 2025 dengan data aktual Land Use dan Land Cover tahun 2025 yang diukur menggunakan validasi pada plugins Mollusce yang terdapat pada aplikasi Qgis. Tahap Validasi menghasilkan nilai akurasi hasil perbandingan 2 tahun tersebut, validasi yang diharapkan lebih atau besar sama 0,78.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Dinamika Perubahan Land Use dan Land Cover Kota Solok Tahun 2017 - 2025 Berbasis Cloud Computing (Google Earth Engine) Menggunakan analisis Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Analisis tingkat Land Use dan Land Cover di Kota Solok dilakukan menggunakan citra satelit Sentinel-2 tahun 2017 hingga 2025 melalui platform komputasi awan Google Earth Engine. Metode yang digunakan adalah Supervised Classification dengan algoritma Random Forest, yang menunjukkan klasifikasi kelas dengan pengambilan sampel sebanyak 25 untuk setiap kelas yang telah ditentukan.

1. Land Use dan Land Cover Tahun 2017

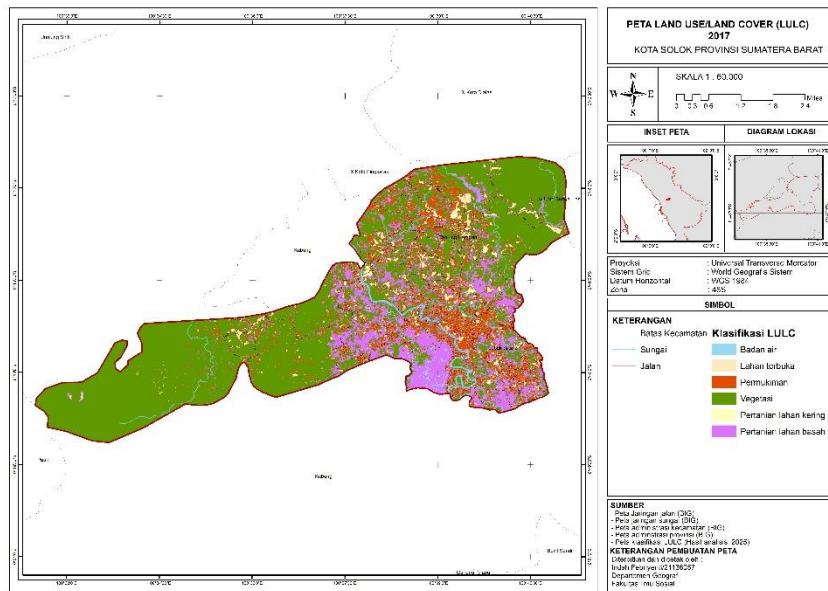
Hasil analisis Land Use dan Land Cover tahun 2017 menunjukkan bahwa wilayah penelitian terbagi menjadi empat kategori utama, yaitu non vegetasi, vegetasi jarang, vegetasi sedang, dan vegetasi rapat. Luas masing-masing kerapatan pada tahun 2017 disajikan dalam tabel berikut, yang menunjukkan luas dan persentase untuk setiap kelas Land Use dan Land Cover di area penelitian.

Tabel 4. Luas dan Persentase Land Use dan Land Cover 2017

No	Klasifikasi	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Badan air	33.132663	0.564321868
2	Lahan terbuka	163.324709	2.781777755
3	Pemukiman	821.980059	14.00012195
4	Vegetasi	3758.769976	64.02009084
5	Pertanian lahan kering	146.707935	2.498757675
6	Pertanian lahan basah	947.319651	16.13492991
	Jumlah	5871.234993	100

Sumber: Data Diolah (2025)

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa penutup lahan Kota Solok tahun 2017 didominasi oleh kelas Vegetasi dengan luas sekitar 3.758,77 hektar atau 64,02% dari total wilayah. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar area penelitian masih memiliki tutupan vegetasi yang cukup luas dan relatif terpelihara. Kelas Pertanian Lahan Basah menempati urutan kedua dengan luas sekitar 947,32 hektar atau 16,13. Sementara itu, kelas Permukiman memiliki luas sekitar 821,98 hektar atau 14,00%. Kelas Pertanian Lahan Kering tercatat seluas 146,71 hektar atau 2,50%, diikuti oleh Lahan Terbuka seluas 163,32 hektar atau 2,78%. Adapun Badan Air merupakan kelas dengan luas terkecil, yaitu sekitar 33,13 hektar atau 0,56% dari total wilayah Peta Land Use dan Land Cover disajikan dalam gambar berikut :



Gambar 2. Peta Land Use dan Land Cover 2017

2. Land Use dan Land Cover Tahun 2025

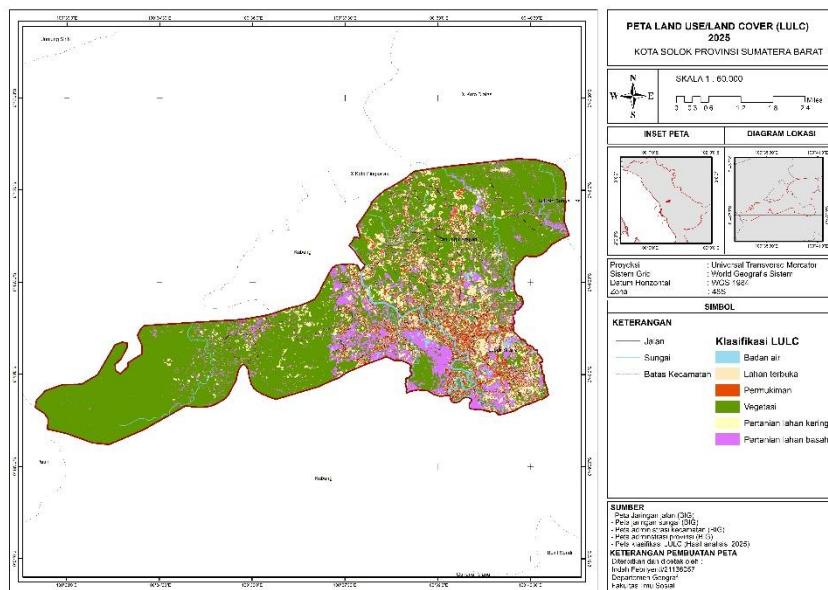
Pada tahun 2025, kondisi Land Use dan Land Cover di Kota Solok berbeda dibandingkan masa sebelumnya. Berdasarkan interpretasi citra Sentinel-2, terdapat perbedaan luas di setiap kategori Land Use dan Land Cover, yang menunjukkan perubahan penutupan lahan selama delapan tahun terakhir. Informasi mengenai luas dan persentase masing-masing kelas Land Use dan Land Cover tahun 2025 disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 5. Luas dan Persentase Land Use dan Land Cover 2025

No	Klasifikasi	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Badan air	53.028341	0.903209009
2	Lahan terbuka	692.515115	11.7953132
3	Pemukiman	373.370238	6.359455271
4	Vegetasi	3914.25384	66.66980836
5	Pertanian lahan kering	87.985425	1.498618041
6	Pertanian lahan basah	749.951123	12.77359612
	Jumlah	5871.104082	100

Sumber: Data Diolah (2025)

Berdasarkan hasil analisis LULC tahun 2017 di Kota Solok, penggunaan lahan didominasi oleh kelas vegetasi dengan luas 3.914,25 hektar atau 66,67% dari total wilayah, menunjukkan jika sebagian besar area masih memiliki tutupan hijau yang baik selanjutnya diikuti oleh pertanian lahan basah dengan luas 749,95 hektar (12,77%), kemudian lahan terbuka seluas 692,52 hektar (11,79%). Kelas permukiman mencakup 373,37 hektar (6,36%), sedangkan pertanian lahan kering memiliki luas 87,99 hektar (1,50%). Adapun badan air merupakan kelas dengan luas paling kecil, yaitu 53,03 hektar atau 0,90%. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa pada tahun 2025 Kota Solok masih didominasi oleh area bervegetasi kemudian Setiap kelas LULC digambarkan berdasarkan penampakan citra Satelite Google Earth Pro pada tahun 2025 dengan penampakan seperti berikut :



Gambar 3. Peta Land Use dan Land Cover 2025

3. Perubahan Land Use dan Land Cover Kota Solok Tahun 2017-2025

Analisis dinamika Land Use dan Land Cover dilakukan untuk memahami perubahan kondisi tutupan vegetasi di Kota Solok dari tahun 2017 hingga 2025. Perubahan tersebut ditemukan dengan membandingkan dari dua masa pengamatan yang menunjukkan perubahan Luas setiap kelas Land Use dan Land Cover disajikan dalam bentuk table dan grafik dari tahun 2017-2025 dibawah ini:

Tabel 6. Luas Land Use dan Land Cover tahun 2017-2025

No	Tahun	Kelas Kerapatan					
		Luas (Ha)					
		Badan air	Lahan terbuka	Pemukiman	Vegetasi	Pertanian lahan kering	Pertanian lahan basah
1	2017	33.132663	163.324709	821.980059	3758.77	146.707935	947.319651
2	2018	20.621986	732.656236	875.017714	3158.4904	275.82248	808.47041
3	2019	286.074091	535.00808	519.9786	2800.2147	92.974438	1636.547648
4	2020	138.264017	291.678431	762.63639	4217.9858	163.030999	297.705189
5	2021	135.301845	832.572663	874.243453	2717.5483	74.659406	1236.687423
6	2022	57.407087	810.228183	856.66265	3601.8734	300.116868	245.038186
7	2023	120.008504	443.999153	655.222291	3311.1532	145.148505	1195.16322
8	2024	44.148945	877.082744	713.807534	3126.8629	74.045838	1034.907514
9	2025	53.028341	692.515115	373.370238	3914.2538	87.985425	749.951123

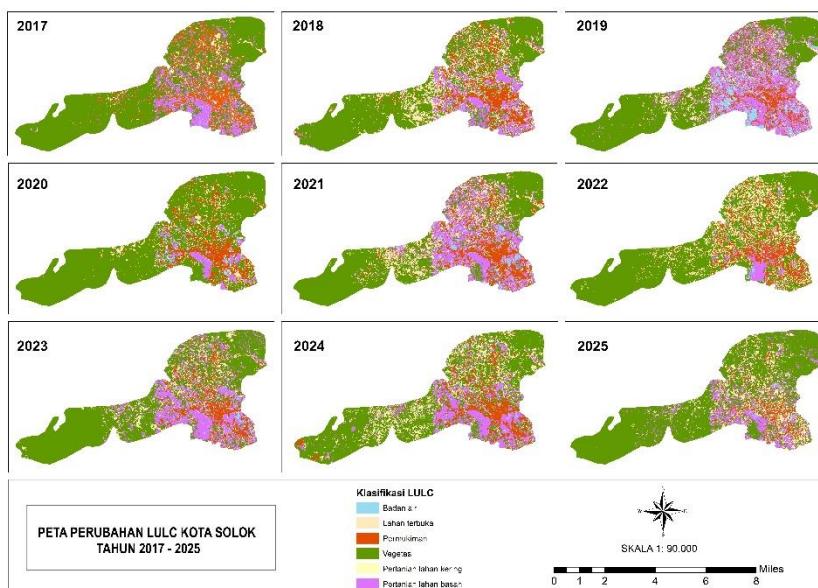
Sumber: Data Diolah (2025)



Grafik 1. Grafik Perubahan Luas LULC 2017-2025

Sumber: Data Diolah, (2025)

Perubahan Land Use dan Land Cover dari tahun 2017 hingga tahun 2025 juga disajikan dalam bentuk peta perubahan dari tahun ke tahun, berguna untuk mempermudah melihat Land Use dan Land Cover di setiap wilayah Kota Solok, berikut adalah peta perubahan Land Use dan Land Cover dari tahun 2017 – 2025:



Gambar 4. Peta Perubahan Land Use dan Land Cover 2017-2025

4. Tingkat Akurasi Citra Sentinel-2A

Berdasarkan hasil uji akurasi yang dilakukan terhadap data klasifikasi LULC menggunakan citra Sentinel-2, ditemukan bahwa tingkat keakuratan *Overall Accuracy (OA)* mencapai 92.16%. Artinya, sekitar 92.16% dari hasil klasifikasi tersebut sesuai dengan data yang diperoleh di lapangan. Selanjutnya hasil perhitungan Kappa menghasilkan nilai sebesar 0,9057 atau 90% menunjukkan bahwa tingkat akurasi baik, sesuai yang dijabarkan oleh Altman (1991) dalam (Hapsary et al., 2021).

4.1.2 Prediksi Land Use dan Land Cover Berbasis ANN-CA Menggunakan Plugins Mollusce Pada Aplikasi Qgis

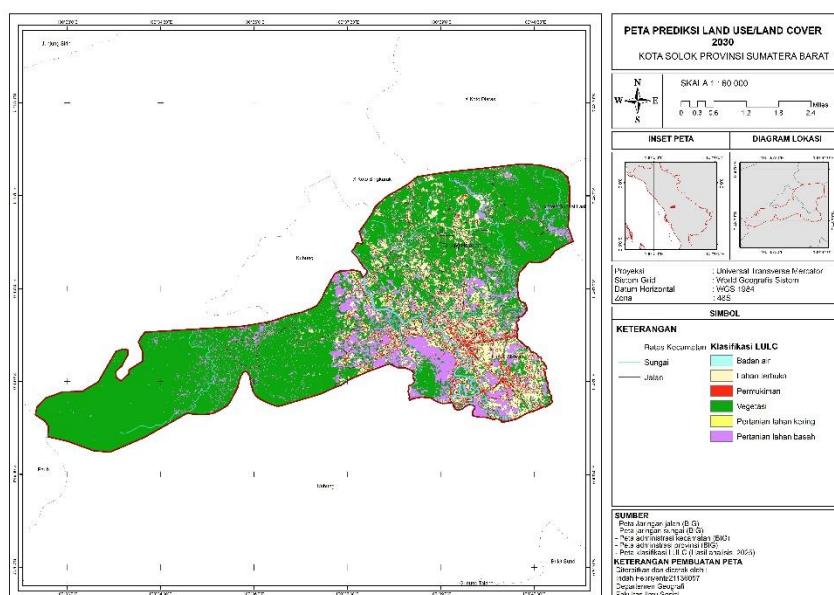
Prediksi Land Use dan Land Cover tahun 2030 diperoleh melalui hasil pemodelan dengan metode ANN-CA, didapatkan luas masing-masing kelas Land Use dan Land Cover disajikan pada tabel berikut:

Tabel 7. Luas dan Persentase Land Use dan Land Cover 2030

Klasifikasi LULC	Luas 2030 (Ha)	2030 (%)
Badan air	2.62	0.04
Lahan terbuka	837.27	14.27
Permukiman	177.53	3.03
Vegetasi	3965.33	67.57
Pertanian lahan kering	18.3	0.31
Pertanian lahan basah	867.59	14.78

Sumber: Data Diolah, 2025

ANN-CA, terlihat bahwa kelas vegetasi, kelas vegetasi memiliki luas terbesar sekitar 3.965,33 hektar, atau 67,57% dari total area penelitian. Kelas pertanian lahan basah menempati urutan kedua dengan luas sekitar 867,59 hektar (14,78%), Sementara itu, lahan terbuka mencakup sekitar 837,27 hektar atau 14,27%, menunjukkan adanya area kosong atau lahan non-terbangun yang berpotensi mengalami perubahan fungsi di masa mendatang. Untuk kelas permukiman, luasnya diprediksi mencapai 177,53 hektar (3,03%) Kelas pertanian lahan kering memiliki luas yang lebih kecil yakni 18,30 hektar (0,31%), Terakhir, badan air merupakan kelas dengan luas paling kecil, yaitu hanya 2,62 hektar atau 0,04% dari total area. Dengan tingkat validasi yaitu sebesar 78% yang didapat dari hasil perbandingan peta Land Use dan Land Cover aktual dengan peta Land Use dan Land Cover hasil analisis. Adapun peta hasil pemodelan ANN-CA dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5. Peta Prediksi Land Use dan Land Cover 2030

4.2 Pembahasan

4.2.1 Dinamika Perubahan Land Use dan Land Cover Kota Solok Tahun 2017-2025 Menggunakan Citra Sentinel- 2A Berbasis Cloud Computing

Perubahan Land Use dan Land Cover di Kota Solok dari tahun 2017 – 2025 terjadi kenaikan dan penurunan yang tidak beratututan setiap tahunnya disebabkan ada beberapa area yang menunjukkan peningkatan, sedangkan ada juga area yang mengalami penurunan yang terasa jelas. Perbedaan ini terjadi karena perubahan penggunaan lahan, terutama di lahan pertanian dan sawah yang sering mengalami perubahan fungsi secara berkala. Aktivitas seperti penggarapan tanah, masa tanam, panen, serta kondisi sawah yang dibiarkan kosong sejenak, semuanya memengaruhi ketidakstabilan nilai NDVI. Dengan demikian, variasi ini menunjukkan bahwa perubahan vegetasi di Kota Solok lebih dipengaruhi oleh siklus pertanian daripada perubahan fungsi lahan yang tetap (Astuti & Arsana, 2023)

4.2.2 Prediksi Land Use dan Land Cover Tahun 2030 Berbasis ANN-CA Menggunakan Plugins Mollusce Pada Aplikasi Qgis.

Prediksi LULC pada tahun 2030 didapatkan dari menganalisis perubahan menggunakan dua jenis data, yaitu data kerapatan vegetasi tahun 2020 dan 2025. Data tersebut digabungkan dengan tiga faktor utama yang mempengaruhi perubahan LULC, yaitu jarak ke jalan, jarak ke sungai, dan *Digital Elevation Model (DEM)* yang dijalankan menggunakan *plugins mollusce* pada aplikasi Qgis, dengan urutan yaitu, input data - input variabel pendorong - Matriks perubahan - pemodelan ANN - simulasi *Cellular Automata* dan terakhir adalah validasi. Hasilnya menunjukkan 6 klasifikasi LULC, badan air, lahan terbuka, permukiman, vegetasi/ hutan, pertanian lahan kering, pertanian lahan basah. Berdasarkan hasil pemodelan, klasifikasi LULC vegetasi memiliki luas terbesar pada tahun 2030. Jika dibandingkan dengan kondisi tahun 2025, terjadi peningkatan pada kategori vegetasi, lahan terbuka dan pertanian lahan basah dan penurunan pada tiga kategori lainnya, menunjukkan adanya tren peningkatan tutupan vegetasi di beberapa area Kota Solok. Tren perubahan yang terjadi pada tahun 2030 menunjukkan pola yang sejalan dengan tahun 2020 dan 2025, di mana kedua tahun tersebut dijadikan dasar pemodelan untuk memprediksi luas LULC tahun 2030. Perubahan LULC dari tahun 2020 menuju 2025 memperlihatkan penurunan luas vegetasi, sedangkan hasil prediksi tahun 2030 justru menunjukkan adanya peningkatan vegetasi. Kondisi ini dipengaruhi oleh data pendukung yang digunakan dalam model, serta kemungkinan alih fungsi lahan yang terdeteksi melalui pola perubahan.

5. KESIMPULAN

Perubahan Land Use dan Land Cover di Kota Solok selama periode 2017–2025 menunjukkan dinamika yang fluktuatif, ditandai oleh adanya peningkatan dan penurunan pada setiap kelas kerapatan. Pergeseran nilai NDVI terutama dipengaruhi oleh perubahan pemanfaatan lahan, seperti siklus penggarapan sawah yang berganti antara kondisi panen, lahan kosong, hingga masa tanam kembali dan perubahan juga disebabkan oleh kesalahan citra mengenali pantulan citra. Hasil pemodelan ANN-CA menggunakan *plugins Mollusce* di QGIS memproyeksikan bahwa pada tahun 2030 kelas Land Use dan Land Cover mengalami peningkatan luas vegetasi, lahan terbuka, dan pertanian lahan basah, sementara tiga kelas cenderung mengalami penurunan. Model ANN menghasilkan nilai kappa sebesar 0.6 dan validasi keseluruhan mencapai 78%, menunjukkan bahwa pola perubahan yang dipelajari cukup baik dan dapat digunakan untuk prediksi spasial.

DAFTAR PUSTAKA

A, S. R. (2007). *Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing* (3rd ed.). Academic Press.

Amani, M., Ghorbanian, A., Ahmadi, S. A., Kakooei, M., Moghimi, A., Mirmazloumi, S. M., Moghaddam, S. H. A., Mahdavi, S., Ghahremanloo, M., Parsian, S., Wu, Q., & Brisco, B. (2020). Google Earth Engine Cloud Computing Platform for Remote Sensing Big Data Applications: A Comprehensive Review. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13(September), 5326–5350. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2020.3021052>

Astuti, S. P. C., & Arsana, I. G. N. K. (2023). Pemanfaatan Citra Satelit Sentinel Dalam Analisis Land Use dan Land Cover. *Jurnal Sains Riset*, 13(2), 318–323. <https://doi.org/10.47647/jsr.v13i2.1406>

Awal, E. E., Sukaesih Sitanggang, I., & Syaufina, L. (2023). Model Prediksi Perubahan Tutupan Lahan Pada Area Kebakaran Lahan Gambut Menggunakan Model Cellular Automata Markov. *Jurnal Informatika Dan Teknologi Informasi*, 1(3), 142–153. <https://doi.org/10.56854/jt.v1i3.141>

Baroroh, N., & Panggi. (2018). Perubahan_Penutup_Lahan_Dan_Kerapatan_Vegetasi_Ter (1). *Seminar Nasional Geomatika 2018: Penggunaan Dan Pengembangan Produk Informasi Geospasial Mendukung Daya Saing Nasional*, 641–652.

Campbell, J. B. W. R. (2011). *Introduction to Remote Sensing* (edisi 5). Guilford Press.

Dwi, F., Pratiwi, D., Putri, D., & Humam, H. (2020). *Analisis Perubahan Vegetasi dengan Data Sentinel-2 menggunakan Google Earth Engine (Studi Kasus Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta)*. 02(02).

Erl, T. (2013). *Cloud computing: Concepts, technology & architecture*. Prentice Hall.

Febriani, N., & Ahyuni, A. (2023). Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2010-2020 Terhadap Debit Banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Sikilang Kabupaten Pasaman Barat. *El-Jughrifiyah*, 3(1), 46. <https://doi.org/10.24014/jej.v3i1.19514>

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>

Handayani, D., & Setiyadi, A. (2003). Remote Sensing penginderaan Jauh. *Edisi Mei*, 7(2), 113–120.

Hapsary, M. S. A., 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(April), 88–97.

Latue, P. C., Rakuasa, H., & Sihasale, D. A. (2023). Analisis Land Use dan Land Cover Kota Ambon Menggunakan Data Citra Satelit Sentinel-2 dengan Metode MSARVI Berbasis Machine Learning pada Google Earth Engine. *Sudo Jurnal Teknik Informatika*, 2(2), 68–77. <https://doi.org/10.56211/sudo.v2i2.270>

Potin, P., Gascon, F., Stromme, A., Zehner, C., Wilson, H., Figa, J., Obligis, E., & Lindstrom, R. (2021). *Sentinel High Level Operations Plan (HLOP)*. 3, 1–91.

Rijal, S., Barkey, R. A., Nursaputra, M., Ardiansah, T., Tahir, M. A. S., & Radeng, A. K. (2019). Penginderaan Jauh Dalam Bidang Kehutanan. In *Penginderaan Jauh Dalam Bidang Kehutanan*. Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.

Walad, F., & Purwaningsih, E. (2019). DINAMIKA LAHAN TERBANGUN DAN VEGETASI PERKOTAAN TERHADAP FENOMENA IKLIM MIKRO UHI (URBAN HEAT ISLAND) (Studi Kasus Kota Solok Tahun 1997-2018). *Jurnal Buana*, 3(4), 778. <http://geografi.ppj.unp.ac.id/index.php/student/article/view/481>