



## Analisis Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2015–2023 di Kabupaten Bima Menggunakan Google Earth Engine

*(Analysis of Land Cover Change 2015-2023 in Bima Regency Using Google Earth Engine)*

Ismi Asmawati<sup>1</sup>, Ika Wulandari<sup>1</sup>, Nisa Ul Istiqomah<sup>1</sup>, Nuzla Afidatur Robbaniyyah<sup>1\*</sup>  
Kurnia Ulfa<sup>2</sup>, Muhammad Rijal Alfian<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Mathematics, Universitas Mataram, Indonesia.

<sup>2</sup> Geoinformatics Research Center-National Research and Innovation Agency (BRIN), Indonesia.

### ABSTRACT

Land cultivation is one of the activities related to land conversion, this conversion is an activity to change part or all of the land function into other functions. Bima Regency is one of the areas that has experienced land cover change. The research aims to analyze land cover in Bima Regency using Landsat Centinel-2A on the GEE platform. GEE is an alternative to image processing because it allows users to access and analyze large amounts of geospatial data with high efficiency. Land area data is obtained on the *platform* using the NDVI method, then the accuracy test with the help of the Python programming language, the accuracy results for land cover 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020, 2020-2021, 2021-2022, 2022-2023 Overall accuracy are 9.73%, 34.12%, 14.61%, 10.77%, 4.95%, 12.72%, 72.5%, 0.06% respectively. Based on the results of the study, land cover change in Bima District did not occur significantly, where there was a change in land cover below 25% in 2015 to 2023, except in 2016-2017 and 2021-2022. The low accuracy value indicates the limitations of simple NDVI-based classification methods in detecting detailed land cover changes. Therefore, the results of this study need to be understood in the context of the limitations of the method and can be used as a basis for developing more complex methods in future studies.

**Keywords:** Land Cover; Landsat Centinel-2A; Google Earth Engine

### ABSTRAK

Penggarapan lahan adalah salah satu kegiatan yang berkaitan dengan alih fungsi lahan, alih fungsi ini merupakan kegiatan melakukan perubahan sebagian atau seluruh fungsi lahan menjadi fungsi lainnya. Kabupaten Bima adalah salah satu wilayah yang mengalami perubahan tutupan lahan. Penelitian bertujuan untuk menganalisis tutupan lahan di Kabupaten Bima menggunakan Landsat Centinel-2A pada *platform* GEE. GEE menjadi salah satu alternatif pengolahan citra dikarenakan memungkinkan pengguna untuk mengakses dan menganalisis data geospasial dalam jumlah besar dengan efisiensi tinggi. Data luasan lahan didapatkan di *platform* dengan menggunakan metode NDVI, kemudian uji akurasi dengan menggunakan bantuan bahasa pemrograman Python, didapatkan hasil akurasi untuk tutupan lahan 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020, 2020-2021, 2021-2022, 2022-2023 *accuracy Overall* masing-masing sebesar 9.73%, 34.12%, 14.61%, 10.77%, 4.95%, 12.72%, 72.5%, 0.06%. Berdasarkan hasil penelitian, perubahan tutupan lahan di Kabupaten Bima tidak terjadi secara signifikan, di mana terjadi perubahan tutupan lahan di bawah 25% pada 2015 sampai dengan 2023, kecuali pada tahun 2016-2017 dan 2021-2022. Nilai akurasi yang rendah menunjukkan adanya

\* Corresponding author  
e-mail: [nuzla@unram.ac.id](mailto:nuzla@unram.ac.id)



---

keterbatasan metode klasifikasi berbasis NDVI sederhana dalam mendeteksi perubahan tutupan lahan secara detail. Oleh karena itu, hasil penelitian ini perlu dipahami dengan konteks keterbatasan metode dan dapat dijadikan sebagai dasar pengembangan metode yang lebih kompleks pada penelitian selanjutnya.

**Keywords:** Tutupan Lahan; Landsat Centinel-2A; *Google Earth Engine*

---

DOI: <https://doi.org/10.35746/jsn.v4i1.843>

## 1. Pendahuluan

Tutupan lahan merupakan gambaran dari material fisik yang terdapat di permukaan bumi, yang mencerminkan hubungan antara proses alamiah dan aktivitas manusia. Informasi mengenai tutupan lahan sangat penting untuk keperluan pemodelan serta dalam memahami berbagai fenomena alam di permukaan bumi. Namun demikian, keandalan informasi tutupan lahan sangat bergantung pada tingkat akurasi data yang digunakan, karena kesalahan klasifikasi dapat berdampak pada interpretasi hasil dan pengambilan keputusan berbasis data spasial. Data tutupan lahan dengan akurasi rendah berpotensi menghasilkan kesimpulan yang bias, sehingga penegasan terhadap aspek kualitas dan akurasi data menjadi hal yang krusial dalam setiap penelitian perubahan tutupan lahan.

Perubahan pada tutupan lahan dapat terjadi dalam rentang waktu yang beragam, serta memiliki variasi dalam bentuk dan skala ukurannya (Rakhmonov et al, 2021). Perubahan tutupan lahan sangat berpengaruh signifikan terhadap perencanaan pengembangan wilayah dan juga terhadap ekosistem di semua skala spasial, dari global hingga lokal (Talukdar et al, 2021). Oleh karena itu, memahami keterkaitan antara fenomena sosial dan proses alam menjadi hal yang sangat penting (Rienow et al, 2022). Dalam konteks ini, data tutupan lahan yang akurat dan konsisten berfungsi sebagai dasar dalam penelitian geospasial dan perubahan lingkungan global (Sampurno & Thoriq, 2016).

Salah satu teknologi yang umum digunakan untuk menganalisis perubahan tutupan lahan adalah penginderaan jauh (Zurqani et al., 2019). Pada Desember 2010, Google memperkenalkan *Google Earth Engine (GEE)*, sebuah platform komputasi awan yang memungkinkan pengguna mengakses dan menganalisis data geospasial berskala besar secara efisien (U.S. Geological Survey, 2010). GEE berfungsi sebagai layanan pemrosesan dan analisis data geospasial berbasis cloud yang memanfaatkan repositori data milik Google. Platform ini mendukung bahasa pemrograman *JavaScript* dan *Python* untuk menjalankan berbagai algoritma analisis (Fikri et al., 2021). Algoritma GEE dirancang untuk memproses citra satelit yang telah tergeoreferensi dan disimpan di cloud, sehingga memudahkan pengguna dalam mengakses, mengelola, serta menganalisis data tersebut (Zurqani et al., 2019). Katalog data GEE mencakup beragam citra satelit seperti Landsat Series, Sentinel-1 dan Sentinel-2, serta MODIS-Terra Aqua, yang semuanya tersimpan dalam server GEE. Keunggulan utama GEE terletak pada kemampuannya menyediakan akses terhadap data dalam jumlah sangat besar dan pengolahan berbasis komputasi awan, memungkinkan analisis dan visualisasi data geospasial berskala besar tanpa memerlukan superkomputer (Tamiminia et al., 2020). Selain itu, GEE juga menyediakan arsip citra satelit global selama lebih dari 40 tahun (Kumar, 2018). Berbagai penelitian telah memanfaatkan GEE untuk menganalisis perubahan tutupan lahan, antara lain dilakukan oleh Novianti et al. (2024) di Kota Semarang (periode 2013–2022), Latue et al. (2023) di Kota Ambon (tahun 2015, 2019, dan 2023), serta Putri & Sibarani (2023) di Kabupaten Belitung Timur. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan tutupan lahan di Kabupaten Bima pada periode 2015–2024. Pemanfaatan GEE menjadi sangat potensial untuk

wilayah seperti Kabupaten Bima yang memiliki kondisi geografis beragam, terdiri atas wilayah pesisir, perbukitan, dan pegunungan. Tantangan berupa keterbatasan data lapangan, kondisi topografi yang kompleks, serta kebutuhan analisis multi-temporal menjadikan platform berbasis komputasi awan seperti GEE lebih efisien dan adaptif dibandingkan pengolahan data konvensional. Selain itu, penggunaan *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* sebagai indikator vegetasi memungkinkan identifikasi perubahan tutupan lahan berbasis vegetasi secara relatif sederhana namun efektif, terutama untuk wilayah dengan dominasi aktivitas pertanian dan perubahan lahan berbasis vegetasi. NDVI telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian karena kemampuannya dalam membedakan area bervegetasi dan non-vegetasi secara konsisten.

Kabupaten Bima merupakan salah satu wilayah administratif di Provinsi Nusa Tenggara Barat dengan luas area sekitar 4.839 km<sup>2</sup> dan jumlah penduduk mencapai 535.530 jiwa. Kabupaten ini terdiri atas 98 pulau dan 191 desa yang tersebar di 18 kecamatan. Sebagian besar penduduk Kabupaten Bima bekerja di sektor pertanian dan perdagangan, di mana sektor pertanian memberikan kontribusi sekitar 44,9% terhadap struktur perekonomian daerah. Pertumbuhan jumlah penduduk yang terus meningkat setiap tahun menimbulkan kebutuhan lapangan kerja yang semakin besar. Kondisi ini berdampak pada peningkatan tekanan terhadap lahan pertanian, karena ketersediaan lahan tidak sebanding dengan jumlah tenaga kerja. Akibatnya, sebagian masyarakat mulai mengalihfungsikan lahan perbukitan atau lahan gunung untuk kegiatan pertanian. Pertambahan penduduk juga beriringan dengan meningkatnya aktivitas manusia di berbagai sektor, khususnya sektor ekonomi. Hal ini mengakibatkan meningkatnya kebutuhan terhadap sumber daya lahan, sementara ketersediaan lahan bersifat tetap. Situasi tersebut pada akhirnya dapat menurunkan daya dukung lingkungan (Salakory & Rakuasa, 2022).

## 2. Metode

Pada penelitian ini, ada beberapa tahapan yang dilakukan, yaitu sebagai berikut:

### 1.) Analisa Sistem dan Studi Pustaka

Pada tahap ini, pengumpulan data yaitu dilakukan dengan studi pustaka, pada studi pustaka peneliti mendapat informasi dari buku-buku ilmiah, laporan penelitian, dan sumber lainnya. Sedangkan data yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu data sekunder, sehingga tidak dilakukan pengambilan data lapangan secara langsung.

### 2.) Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan *platform Google Earth Engine (GEE)*. Data yang diambil berupa data citra satelit pada wilayah Kabupaten Bima periode 2015-2023. Citra yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan analisis NDVI, yaitu dengan memanfaatkan band spektral merah (Band 4) dan inframerah dekat/NIR (Band 8).

### 3.) Pada tahap pengolahan data,

Data yang digunakan adalah data sekunder, maka peneliti mengambil data dari platform GEE. Tahapan pengolahan data meliputi pemilihan citra, pemotongan wilayah studi, serta perhitungan indeks vegetasi. Untuk menggambarkan tingkat kehijauan dihitung menggunakan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dengan rumus  $NDVI = \frac{(B8 - B4)}{(B8 + B4)}$

Batas nilai NDVI yang digunakan dalam klasifikasi ditetapkan berdasarkan:

- Nilai NDVI < -0,1 merepresentasikan badan air atau area non-vegetasi,
- Nilai NDVI -0,1 hingga 0,1 merepresentasikan area terbangun atau lahan terbuka,

- Nilai NDVI >0,1 merepresentasikan area dengan vegetasi.

Pemilihan batas nilai tersebut didasarkan pada karakteristik spektral vegetasi dan permukaan non-vegetasi yang umum digunakan dalam penelitian. Hasil dari dilakukannya perhitungan NDVI selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam proses klasifikasi tutupan lahan secara tematik. Klasifikasi dilakukan dengan pendekatan berbasis nilai indeks, dimana setiap kelas tutupan lahan ditentukan berdasarkan rentang nilai NDVI yang telah ditetapkan sebelumnya.

#### 4.) Perhitungan akurasi

Untuk mengevaluasi hasil klasifikasi, maka dilakukan proses perhitungan akurasi dengan menggunakan bahasa pemrograman Python. Validasi akurasi dilakukan dengan perbandingan antara hasil klasifikasi dengan data referensi yang tersedia, kemudian disusun dalam bentuk matriks konfusi. Nilai akurasi dengan menggunakan bahasa pemrograman

$$\text{overall accuracy} = \frac{\text{Jumlah diagonal matriks konfusi}}{\text{jumlah data keseluruhan}}$$

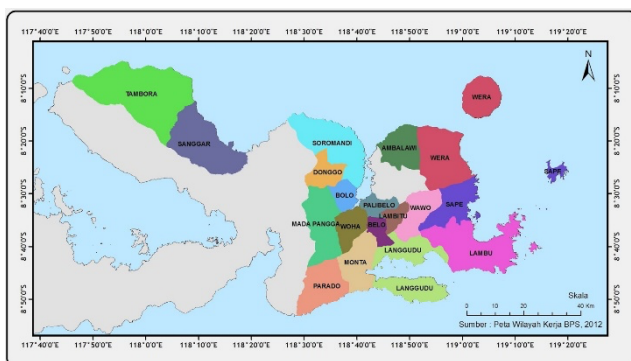
Metode validasi yang digunakan dalam penelitian ini bersifat perhitungan matematis sederhana berdasarkan matriks konfusi dan belum mencakup teknik validasi statistik lanjutan seperti validasi silang (*cross-validation*). Oleh karena itu hasil akurasi yang didapatkan lebih merepresentasikan tingkat kesesuaian umum antara hasil klasifikasi dan data referensi.

#### 5.) Penyusunan

Tahap penyusunan, peneliti melakukan penyusunan dari abstrak, pendahuluan, pembahasan, serta Kesimpulan dari penelitian. Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan terutama pada proses validasi akurasi yang bergantung pada ketersediaan dan kualitas data referensi. Selain itu juga, penggunaan batas NDVI yang bersifat umum dapat berpengaruh terhadap ketelitian klasifikasi pada wilayah dengan karakteristik tutupan lahan heterogen. Akan tetapi, metode yang digunakan masih relevan untuk memberikan gambaran spasial perubahan tingkat kehijauan dan tutupan lahan di wilayah penelitian.

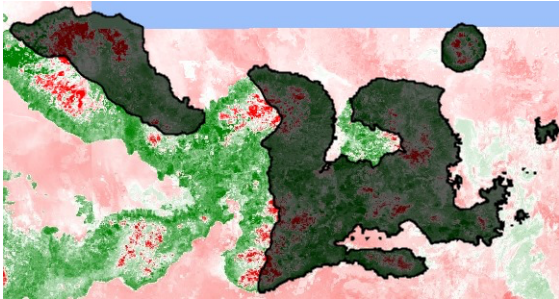
### 3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini berlokasi di wilayah Kabupaten Bima, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Secara geografis Kabupaten Bima berada pada posisi 117°40"-119°10" Bujur Timur dan 70°30" Lintang Selatan. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yakni citra lansat 2a dengan data batas administrasi Kabupaten Bima digunakan untuk memberikan batas pada citra yang akan dilakukan analisis tutupan lahan. Laptop merupakan alat yang digunakan untuk melakukan analisis yang tersambung dengan internet.

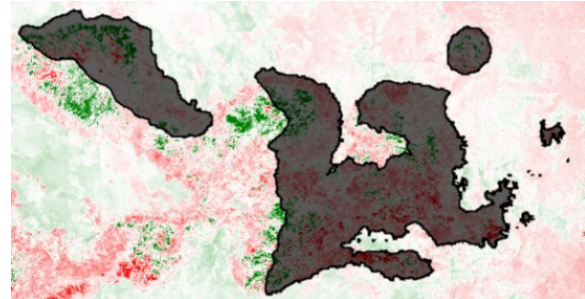


**Gambar 1.** peta wilayah Kabupaten Bima

Berdasarkan penelitian yang dilakukan diperoleh klasifikasi kelas tutupan lahan dengan nilai  $< -0.1$  diklasifikasikan sebagai -1 (penurunan) dilambangkan dengan warna merah, nilai  $> 0.1$  diklasifikasikan sebagai 1 (peningkatan) dilambangkan dengan warna hijau, dan nilai antara  $-0.1$  dan  $0.1$  diklasifikasikan sebagai 0 (tidak ada perubahan) dilambangkan dengan warna putih. Peta tutupan lahan hasil klasifikasi untuk periode 2015-2023 menunjukkan adanya perubahan spasial yang relatif kecil dari tahun ke tahun. Berikut output tutupan lahan tahun 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020, 2020-2021, 2021-2022, 2022-2023 yang dihasilkan dari GEE menggunakan Landsat Sentinel 2a dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 2.** peta tutupan lahan 2015-2016



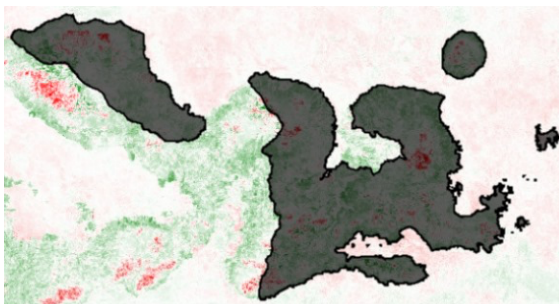
**Gambar 3.** peta tutupan lahan 2016-2017



**Gambar 4.** Peta tutupan lahan 2017-2018



**Gambar 5.** Peta tutupan lahan 2018-2019



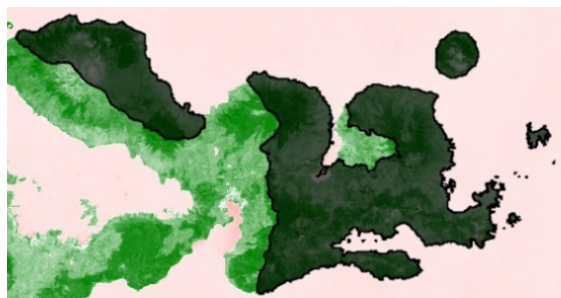
**Gambar 6.** Peta tutupan lahan 2019-2020



**Gambar 7.** Peta tutupan lahan 2020-2021



**Gambar 8.** Peta tutupan lahan 2021-2022



**Gambar 9.** Peta tutupan lahan 2022-2023

Luas klasifikasi tutupan lahan di Kabupaten Bima dapat dihitung secara langsung menggunakan *Platform* GEE dimana luas hasil klasifikasi dihitung berdasarkan 3 kelas tutupan lahan yang telah terklasifikasi. Luas yang diperoleh di setiap kelas pertahunnya menunjukkan terjadi perubahan luas dari tahun ke tahun. Berikut ini tabel perubahan luas lahan wilayah Kabupaten Bima.

**Tabel 1.** Luasan daerah tutupan lahan

Tahun	Penurunan	Tidak Berubah	Peningkatan
2015-2016	410.1068112	720.0292329	3085.942609
2016-2017	1438.542363	2225.521048	552.0152424
2017-2018	616.1117328	3215.140743	384.826177
2018-2019	453.905079	3472.534403	289.6391711
2019-2020	208.8850864	2561.239611	1445.953956
2020-2021	536.2031178	3230.62976	449.2457753
2021-2022	3109.222486	1003.776117	103.0800492
2022-2023	2.640815733	115.5396178	4097.898219

Berdasarkan tabel di atas luas tutupan lahan dari tahun 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020, 2020-2021, 2021-2022, 2022-2023 dapat diketahui bahwa terjadi perubahan disetiap tahunnya.

1. Pada periode 2015–2016, terjadi penurunan luas lahan sebesar 410,11 km<sup>2</sup>, lahan yang tidak mengalami perubahan seluas 720,03 km<sup>2</sup>, dan peningkatan luas lahan sebesar 3.085,94 km<sup>2</sup>.
2. Pada periode 2016–2017, tercatat penurunan lahan seluas 1.438,54 km<sup>2</sup>, lahan tidak berubah sebesar 2.225,52 km<sup>2</sup>, serta peningkatan lahan mencapai 552,02 km<sup>2</sup>.
3. Pada periode 2017–2018, terjadi penurunan lahan sebesar 616,11 km<sup>2</sup>, lahan tidak berubah seluas 3.215,14 km<sup>2</sup>, dan peningkatan lahan sebesar 384,83 km<sup>2</sup>.
4. Pada periode 2018–2019, luas lahan yang mengalami penurunan tercatat 453,91 km<sup>2</sup>, tidak berubah seluas 3.472,53 km<sup>2</sup>, dan meningkat sebesar 289,64 km<sup>2</sup>.
5. Pada periode 2019–2020, terjadi penurunan lahan sebesar 208,89 km<sup>2</sup>, lahan tetap seluas 2.561,24 km<sup>2</sup>, dan peningkatan lahan sebesar 1.445,95 km<sup>2</sup>.
6. Pada periode 2020–2021, terjadi penurunan lahan sebesar 536,20 km<sup>2</sup>, lahan tidak berubah seluas 3.230,63 km<sup>2</sup>, serta peningkatan lahan sebesar 449,25 km<sup>2</sup>.
7. Pada periode 2021–2022, tercatat penurunan lahan yang cukup signifikan, yaitu 3.109,22 km<sup>2</sup>, sedangkan lahan tidak berubah seluas 1.003,78 km<sup>2</sup>, dan peningkatan lahan hanya 103,08 km<sup>2</sup>.
8. Pada periode 2022–2023, terjadi penurunan lahan sebesar 2,64 km<sup>2</sup>, lahan tidak berubah seluas 115,54 km<sup>2</sup>, dan peningkatan lahan yang cukup besar yaitu 4.097,90 km<sup>2</sup>.

Berdasarkan Tabel Luasan Tutupan Lahan, perubahan luasan tiap periode cenderung fluktuatif namun tidak menunjukkan perubahan yang signifikan secara spasial. Kondisi ini dapat disebabkan oleh dua kemungkinan utama yaitu:

1. Secara faktual tutupan lahan di Kabupaten Bima memang relatif stabil dalam periode pengamatan, atau
2. Metode klasifikasi NDVI dengan batas nilai tertentu kurang sensitif dalam mendeteksi perubahan dengan skala kecil, terutama pada wilayah dengan karakteristik lahan heterogen seperti lahan pertanian campuran, semak belukar, dan area terbangun.

### 3.1 Hasil Uji Akurasi

Hasil klasifikasi tutupan lahan pada tahun 2015-2023 menunjukkan bahwa pada klasifikasi diatas terdapat 3 kelas tutupan lahan yang terklasifikasi. Uji akurasi dilakukan dengan bantuan bahasa pemrograman Python. Maka didapatkan nilai *overall accuracy* sebagai berikut:

**Tabel 2.** Nilai *overall accuracy*

Tahun	Overall Accuracy
2015-2016	9.73%

<b>Tahun</b>	<b>Overall Accuracy</b>
2016-2017	34.12%
2017-2018	14.61%
2018-2019	10.77%
2019-2020	4.95%
2020-2021	12.72%
2021-2022	72.5%
2022-2023	0.06%
<b>Total nilai Overall accuracy = 8.64%</b>	

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa nilai *overall accuracy* klasifikasi tutupan lahan dari tahun ke tahun relative rendah, bahkan pada beberapa periode berada dibawah 15%. Nilai akurasi tertinggi tercatat pada periode 2021-2022 sebesar 72,5% sedangkan nilai terendah terjadi pada periode 2022-2023 sebesar 0,06%. Sehingga total *overall accuracy* yang diperoleh sebesar 8,64%. Rendahnya nilai akurasi ini bisa terjadi karena adanya keterbatasan pada metode klasifikasi yang digunakan, adapun beberapa faktor yang diduga menjadi penyebabnya, yaitu:

1. Pendekatan klasifikasi NDVI sederhana, yang hanya menggunakan batas nilai indeks tanpa mempertimbangkan variabilitas spektral lainnya.
2. Pengaruh kondisi atmosfer, awan, dan kualitas citra satelit yang berbeda pada setiap tahun pengamatan.
3. Tidak dilakukannya validasi lapangan secara langsung sehingga data referensi untuk evaluasi akurasi bersifat terbatas.
4. Karakteristik wilayah Kabupaten Bima yang memiliki tipe tutupan lahan transisi, sehingga sulit diklasifikasi secara tegas hanya dengan satu indeks vegetasi.

Data penginderaan jarak jauh yang digunakan dalam penelitian ini pada dasarnya cukup representatif untuk analisis spasial skala regional. Namun, tanpa adanya validasi lapangan, hasil klasifikasi tidak dapat sepenuhnya menggambarkan kondisi nyata di lapangan. Sehingga, hasil perubahan tutupan lahan yang diperoleh harus dipahami dalam konteks keterbatasan metode dan akurasi.

#### **4. Kesimpulan**

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perubahan tutupan lahan di Kabupaten Bima dari tahun 2015 hingga 2023 menggunakan citra satelit Landsat Sentinel 2a pada platform GEE dan bantuan bahasa pemrograman Phyton untuk menghitung nilai akurasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan yang terjadi tidak signifikan dalam tutupan lahan di Kabupaten Bima. Setelah menggunakan bahasa pemrograman Phyton didapatkan nilai akurasi yang rendah, dengan nilai *Overall accuracy*nya dibawah 25% selain pada tahun 2016-2017 sebesar 34.12% dan 2021-2022 sebesar 72.5%. luas tutupan lahan di Kabupaten Bima dapat dihitung dengan menggunakan GEE berdasarkan 3 kelas tutupan lahan yang telah terklasifikasi, dan terdapat perbedaan luas pada setiap kelas tutupan lahan dari tahun ke tahun. Nilai akurasi yang rendah ini menegaskan bahwa metode klasifikasi yang digunakan memiliki keterbatasan, khususnya dalam mendeteksi perubahan tutupan lahan secara detail. Akan tetapi, hasil ini bisa dijadikan sebagai pembelajaran penting mengenai keterbatasan metode NDVI sederhana dalam analisis tutupan lahan jangka panjang. Sebagai rekomendasi, peneliti selanjutnya disarankan untuk:

1. Mengembangkan metode klasifikasi yang lebih kompleks, seperti klasifikasi berbasis Machine Learning.
2. Mengkombinasikan NDVI dengan indeks spektral lain untuk meningkatkan sensitivitas klasifikasi.
3. Menggunakan data citra dengan resolusi spasial dan temporal yang lebih tinggi agar perubahan tutupan lahan dapat terdeteksi dengan baik.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Fikri, S. A., Setiawan, F., Violando, W. A., Muttaqin, A. D., & Rahmawan, F. (2021). Analisis Perubahan Penutupan Lahan Menggunakan Google Earth Engine dengan Algoritma CART Studi Kasus: Wilayah Pesisir Kabupaten Lamongan, Provinsi Jawa Timur. *FIT ISI* (pp. 89-99). Semarang : Ikatan Surveyor Indonesia. <https://proceedings.undip.ac.id/index.php/isiundip2021/article/view/627/372>
- Kumar, L., & Mutanga, O. (2018). Google Earth Engine Application Since Inception: Usage, Trends, and Potential. *Remote Sensing*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/rs10101509>
- Latue, P. C., Septory, J. S., & Rakuasa, H. (2013). Perubahan Tutupan Lahan Kota Ambon Tahun 2015, 2019, dan 2023. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 10(1).
- Novianti, T. C., Armijon, Tridawati, A., & Samri, A. S. (2024). Analisis Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2013-2022 di Kota Semarang Menggunakan Google Earth Engine. *Jurnal Tekno Global*, 21-27.
- Putri, R. A., & Sibarani, R. (2023). Analisis Tutupan Lahan Menggunakan Google Earth Engine dan Citra Landsat 8 OLI (Studi Kasus Kabupaten Belitung Timur). *JUPITER*, 15(2). <https://doi.org/10.5281/zenodo.10070659>
- Rakhmonov, S., & Umurzakov, U. (2021). Land Use and Land Cover Change in Khorezm, Uzbekistan. *E3S Web Conf*, 227. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202122701002>
- Rienow, A., Kantakumar, L., & Ghazaryan, G. (2022). Modeling the Spatial Impact of Regional Planning and Climate Change Prevention Strategies on Land Consumption in the Rhine-Ruhr Metropolitan Area 2017-2030. *Journal Landscape and Urban Planning*, 217 <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104284>.
- Salakory, M., & Rakuasa, H. (2022). Modeling of Cellular Automata Markov Chain for Predicting the Carrying Capacity of Ambon City. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 12(2). <https://doi.org/10.29244/jpsl.12.2.372-387>
- Sampurno, R. M., & Thoriq, A. (2016). Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) Di Kabupaten Sumedang. *Jurnal Teknotan*, 61-70. <https://www.scribd.com/document/444106097/Sampurno-and-Thoriq-2016>
- Talukdar, S., Eibek, K. U., Akhter, S., Ziaul, S., Islam, A. T., & Mallick, J. (2021). Modeling Fragmentation Probability of Land-use and Land-cover Using the Bagging, Random Forest and Random Subspace in the Teesta River Basin, Bangladesh. *Journal Ecological Indicators*, 126. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107612>
- Tamiminia, H., Salehi, B., Mahdianpari, M., Quackenbush, L., Adeli, S., & Brisco, B. (2020). Google Earth Engine for Geo-Big Data Applications: A Meta-Analysis and Systematic Review. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 152-170. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.04.001>
- Zurqani, Post, Mihkailova, Ozalas, & Allen. (2019). Geospatial Analysis of Flooding from Hurricane Florence in the Coastal South Carolina Using Google Earth Engine. *Graduate Research and Discovery Symposium*, 230. <https://core.ac.uk/download/pdf/268682444.pdf>

## Lampiran

```
import pandas as pd
from sklearn.metrics import confusion_matrix, cohen_kappa_score
# Membaca file Excel
data = pd.read_excel('data fix GEE.xlsx')
# Tampilkan beberapa data untuk memastikan formatnya benar
print(data.head())

# Menyusun matriks kebingungan antara tahun 2015-2016 dan 2016-2017

# Anggap kita ingin membandingkan pergeseran kategori (Penurunan, Tidak Berubah, Peningkatan)
conf_matrix = pd.DataFrame({
    'Penurunan': [410.106811230075, 1438.54236257572, 616.1117328, 453.905079, 208.885086373699,
336.2031178, 3109.222486, 2.640815733],
    'Tidak Berubah': [720.029232870047, 2225.52104802057, 3215.140743, 3472.534403, 2561.23961092322,
3230.62976, 1003.776117, 115.5396178],
    'Peningkatan': [3085.94260892121, 552.015242425023, 384.826177, 289.6391711, 1445.95395572441,
449.2457753, 103.0800492, 4097.898219]
}, index=['2015-2016', '2016-2017', '2017-2018', '2018-2019', '2019-2020', '2020-2021', '2021-2022', '2022-2023'])

# Menampilkan matriks kebingungan
print("Confusion Matrix:\n", conf_matrix)

import numpy as np

# Data asli
data = np.array([
    [410.106811, 720.029233, 3085.942609], # Penurunan, Tidak Berubah, Peningkatan untuk 2015-2016
    [1438.542363, 2225.521048, 552.015242], # Penurunan, Tidak Berubah, Peningkatan untuk 2016-2017
    [616.111733, 3215.140743, 384.826177],
    [453.905079, 3472.534403, 289.639171],
    [208.885086, 2561.239611, 1445.953956],
    [536.203118, 3230.629760, 449.245775],
    [3109.222486, 1003.776117, 103.080049],
    [2.640816, 115.539618, 4097.898219]
])

# Min-Max Scaling
min_vals = data.min(axis=0)
max_vals = data.max(axis=0)

# Normalisasi
normalized_data = (data - min_vals) / (max_vals - min_vals)

# Hasil
print("Data Normalisasi:")
print(normalized_data)

import numpy as np

# Matriks kebingungan 7x3 (7 kategori prediksi dan 3 kategori sebenarnya)
conf_matrix = normalized_data

# Menghitung total data
total = conf_matrix.sum() # Total jumlah data

# Menghitung jumlah data yang benar (diagonal)
correct = np.trace(conf_matrix) # Diagonal matrix
```

```

# Menghitung akurasi observasi (P_o)
P_o = correct / total

# Menghitung jumlah per baris dan per kolom
row_sums = conf_matrix.sum(axis=1) # Jumlah per baris (jumlah kategori yang sebenarnya)
col_sums = conf_matrix.sum(axis=0) # Jumlah per kolom (jumlah prediksi)

a = np.sum(row_sums)
b = np.sum(col_sums)
c = total**2

# Menghitung P_e (expected accuracy)
P_e = ((a*b)/c)

# Menghitung Kappa
kappa = (P_o - P_e) / (1 - P_e)

# Menampilkan hasil
print(f"Overall Accuracy (P_o): {P_o}")
print(f"Expected Accuracy (P_e): {P_e}")
print(f"Kappa: {kappa}")

import numpy as np

# Matriks kebingungan
conf_matrix = np.array([
    [410.106811, 720.029233, 3085.942609], # Penurunan, Tidak Berubah, Peningkatan untuk 2015-2016
    [1438.542363, 2225.521048, 552.015242], # Penurunan, Tidak Berubah, Peningkatan untuk 2016-2017
    [616.111733, 3215.140743, 384.826177],
    [453.905079, 3472.534403, 289.639171],
    [208.885086, 2561.239611, 1445.953956],
    [536.203118, 3230.629760, 449.245775],
    [3109.222486, 1003.776117, 103.080049],
    [2.640816, 115.539618, 4097.898219]
])

# Total data
total = conf_matrix.sum() # Total jumlah data

# Jumlah data yang benar (diagonal)
correct = np.trace(conf_matrix) # Diagonal matrix

# Menghitung akurasi keseluruhan dalam bentuk persentase
accuracy = (correct / total) * 100

# Misalkan kita membagi data menjadi data training (70%) dan data testing (30%)
# Menentukan batas data training dan testing
training_data = conf_matrix[:6] # Ambil 6 baris pertama untuk training
testing_data = conf_matrix[6:] # Ambil 2 baris terakhir untuk testing

# Total data training
total_training = training_data.sum()

# Jumlah data yang benar (diagonal) untuk training
correct_training = np.trace(training_data)

# Akurasi data training
accuracy_training = (correct_training / total_training) * 100

```

```
# Total data testing
total_testing = testing_data.sum()

# Jumlah data yang benar (diagonal) untuk testing
correct_testing = np.trace(testing_data)

# Akurasi data testing
accuracy_testing = (correct_testing / total_testing) * 100

# Menampilkan hasil
print("Overall Accuracy: {:.2f}%".format(accuracy))
print("Training Accuracy: {:.2f}%".format(accuracy_training))
print("Testing Accuracy: {:.2f}%".format(accuracy_testing))

import numpy as np

# Matriks kebingungan untuk tahun 2015-2016
conf_matrix_2015_2016 = np.array([410.106811, 720.029233, 3085.942609])

# Menghitung total data untuk baris tersebut
total_2015_2016 = conf_matrix_2015_2016.sum()

# Menghitung jumlah data yang benar (nilai diagonal) untuk baris tersebut
correct_2015_2016 = conf_matrix_2015_2016[0] # Nilai diagonal pertama

# Menghitung akurasi keseluruhan dalam bentuk persentase untuk 2015-2016
accuracy_2015_2016 = (correct_2015_2016 / total_2015_2016) * 100
print("Overall Accuracy for 2015-2016: {:.2f}%".format(accuracy_2015_2016))

import numpy as np

# Matriks kebingungan untuk tahun 2016-2017
conf_matrix_2016_2017 = np.array([1438.542363, 2225.521048, 552.015242])

# Menghitung total data untuk baris tersebut
total_2016_2017 = conf_matrix_2016_2017.sum()

# Menghitung jumlah data yang benar (nilai diagonal) untuk baris tersebut
correct_2016_2017 = conf_matrix_2016_2017[0] # Nilai diagonal pertama

# Menghitung akurasi keseluruhan dalam bentuk persentase untuk 2015-2016
accuracy_2016_2017 = (correct_2016_2017 / total_2016_2017) * 100
print("Overall Accuracy for 2016-2017: {:.2f}%".format(accuracy_2016_2017))

import numpy as np

# Matriks kebingungan untuk tahun 2017-2018
conf_matrix_2017_2018 = np.array([616.111733, 3215.140743, 384.826177])

# Menghitung total data untuk baris tersebut
total_2017_2018 = conf_matrix_2017_2018.sum()

# Menghitung jumlah data yang benar (nilai diagonal) untuk baris tersebut
correct_2017_2018 = conf_matrix_2017_2018[0] # Nilai diagonal pertama

# Menghitung akurasi keseluruhan dalam bentuk persentase untuk 2015-2016
accuracy_2017_2018 = (correct_2017_2018 / total_2017_2018) * 100
print("Overall Accuracy for 2017-2018: {:.2f}%".format(accuracy_2017_2018))

import numpy as np
```

```
# Matriks kebingungan untuk tahun 2018-2019
conf_matrix_2018_2019 = np.array([453.905079, 3472.534403, 289.639171])

# Menghitung total data untuk baris tersebut
total_2018_2019 = conf_matrix_2018_2019.sum()

# Menghitung jumlah data yang benar (nilai diagonal) untuk baris tersebut
correct_2018_2019 = conf_matrix_2018_2019[0] # Nilai diagonal pertama

# Menghitung akurasi keseluruhan dalam bentuk persentase untuk 2015-2016
accuracy_2018_2019 = (correct_2018_2019 / total_2018_2019) * 100
print("Overall Accuracy for 2018-2019: {:.2f}%".format(accuracy_2018_2019))

import numpy as np

# Matriks kebingungan untuk tahun 2019-2020
conf_matrix_2019_2020 = np.array([208.885086, 2561.239611, 1445.953956])

# Menghitung total data untuk baris tersebut
total_2019_2020 = conf_matrix_2019_2020.sum()

# Menghitung jumlah data yang benar (nilai diagonal) untuk baris tersebut
correct_2019_2020 = conf_matrix_2019_2020[0] # Nilai diagonal pertama

# Menghitung akurasi keseluruhan dalam bentuk persentase untuk 2015-2016
accuracy_2019_2020 = (correct_2019_2020 / total_2019_2020) * 100
print("Overall Accuracy for 2019-2020: {:.2f}%".format(accuracy_2019_2020))

import numpy as np

# Matriks kebingungan untuk tahun 2021-2022
conf_matrix_2020_2021 = np.array([536.203118, 3230.629760, 449.245775])

# Menghitung total data untuk baris tersebut
total_2020_2021 = conf_matrix_2020_2021.sum()

# Menghitung jumlah data yang benar (nilai diagonal) untuk baris tersebut
correct_2020_2021 = conf_matrix_2020_2021[0] # Nilai diagonal pertama

# Menghitung akurasi keseluruhan dalam bentuk persentase untuk 2015-2016
accuracy_2020_2021 = (correct_2020_2021 / total_2020_2021) * 100
print("Overall Accuracy for 2020-2021: {:.2f}%".format(accuracy_2020_2021))

import numpy as np

# Matriks kebingungan untuk tahun 2021-2022
conf_matrix_2021_2022 = np.array([3109.222486, 1003.776117, 103.080049])

# Menghitung total data untuk baris tersebut
total_2021_2022 = conf_matrix_2021_2022.sum()

# Menghitung jumlah data yang benar (nilai diagonal) untuk baris tersebut
correct_2021_2022 = conf_matrix_2021_2022[0] # Nilai diagonal pertama

# Menghitung akurasi keseluruhan dalam bentuk persentase untuk 2015-2016
accuracy_2021_2022 = (correct_2021_2022 / total_2021_2022) * 100
print("Overall Accuracy for 2021-2022: {:.2f}%".format(accuracy_2021_2022))

import numpy as np
```

```
# Matriks kebingungan untuk tahun 2021-2022
conf_matrix_2022_2023 = np.array([2.640816, 115.539618, 4097.898219])

# Menghitung total data untuk baris tersebut
total_2022_2023 = conf_matrix_2022_2023.sum()

# Menghitung jumlah data yang benar (nilai diagonal) untuk baris tersebut
correct_2022_2023 = conf_matrix_2022_2023[0] # Nilai diagonal pertama

# Menghitung akurasi keseluruhan dalam bentuk persentase untuk 2015-2016
accuracy_2022_2023 = (correct_2022_2023 / total_2022_2023) * 100
print("Overall Accuracy for 2022-2023: {:.2f}%".format(accuracy_2022_2023))
```