

Analisis Tutupan Lahan Menggunakan Google Earth Engine Dan Citra Landsat 8 OLI

(Studi Kasus Kabupaten Belitung Timur)

Ruth Ade Putri^{*1}, Rifka Sibarani²

¹Bidang Survei dan Pemetaan, Kanwil ATR/BPN Provinsi Bangka Belitung

²Northern Institute, Charles Darwin University, Darwin, NT, Australia

e-mail: ^{*1}ruthadeputri@gmail.com, rifka.sibarani@cdu.edu.au²

Abstrak

Google Earth Engine (GEE) merupakan platform pemrosesan data spasial yang menerapkan sistem teknologi *cloud computing*. GEE mampu menghasilkan data dan informasi spasial permukaan bumi menggunakan satelit multi-temporal secara masif pada citra satelit dengan cepat, areal yang luas, dan akurat. Kajian ini bertujuan untuk menyajikan penerapan teknik *cloud computing* dari GEE dalam menentukan kelas jenis tutupan lahan di Kabupaten Belitung Timur. Citra Landsat 8 OLI (*Operational Land Imager*) digunakan dalam proses interpretasi citra berdasarkan periode pengamatan satelit tahun 2021 sampai 2023 dengan resolusi spasial 30 meter. Setiap tahap kajian diproses menggunakan instruksi dalam bentuk *script* yang dijalankan dengan sistem *Machine Learning (ML)* yang ada pada GEE. Teknik *Classification and Regression Tree (CART)* dipilih karena kemampuannya dalam menganalisis data secara cepat dengan tingkat akurasi yang baik. Dihasilkan 4 kelas tutupan lahan yaitu: vegetasi, badan air, penambangan timah terbuka, dan lahan terbangun. Nilai *overall accuracy* yang didapatkan mencapai 0.93 dan nilai *kappa accuracy* mencapai 0.81. Kajian ini memperlihatkan teknik pemrosesan citra berbasis *cloud computing* GEE dapat menghasilkan peta klasifikasi tutupan lahan Kabupaten Belitung Timur.

Kata kunci—*Google Earth Engine, citra Landsat-8 OLI, tutupan lahan*

Abstract

Google Earth Engine (GEE) is a spatial data processing platform that uses a cloud computing technology system. GEE can produce data and spatial information about the Earth's surface using a multi-temporal satellite on a large scale of imagery quickly, covering vast regions, and accurately. This study aims to apply GEE cloud computing techniques in determining land cover classes in the East Belitung Regency. Landsat 8 OLI (*Operational Land Imager*) imagery is utilized in the imagery interpretation process based on satellite observation periods from 2021 to 2023, with 30 meters of spatial resolution. Each stage of this study is processed using scripted instructions and executed through the *Machine Learning (ML)* system that is available in GEE. The *Classification and Regression Tree (CART)* technique is chosen for its capability in rapid data analysis with a high level of accuracy. There are four land cover classes produced: vegetation, water bodies, open tin mining, and built-up areas. The obtained overall accuracy value reaches 0.93, and the *kappa accuracy* value reaches 0.81. This study indicates the cloud computing-based image processing technique of GEE can produce a land cover classification map of the East Belitung Regency.

Keywords—*Google Earth Engine, Landsat-8 OLI imagery, land cover*

1. PENDAHULUAN

Saat ini pengembangan platform analisis geo-big data dalam bentuk *cloud* terus dilakukan karena kelebihanannya yang mampu menyediakan lebih banyak aksesibilitas dan keterjangkauan terhadap penggunaan prosesor, memori, dan ukuran ruang penyimpanan yang fleksibel [1].

Infrastruktur *cloud* dapat menyajikan fleksibilitas yang diperlukan untuk mengelola (baik penyimpanan maupun komputasi) data dalam jumlah yang sangat besar dan memprosesnya secara efisien [2]. GEE merupakan salah satu platform berbasis *cloud computing* dengan teknik *Machine Learning* (ML) dalam analisis geospasial.

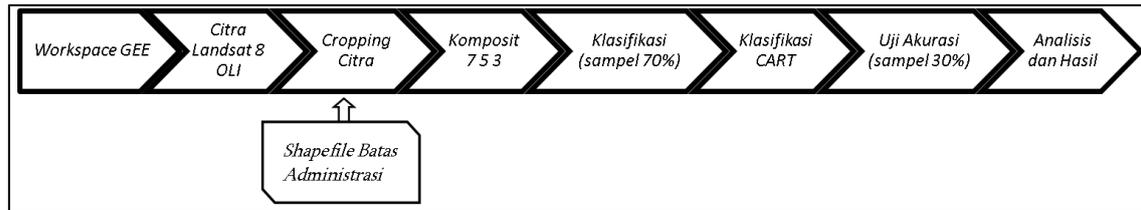
Kemampuan *cloud computing* tersebut memudahkan para pengguna dalam memproses data satelit multi-temporal secara masif pada citra satelit dengan resolusi spasial tinggi seperti Landsat dan sensor Sentinel [3] yang terdapat dalam perpustakaan data set platform GEE. Dengan teknik manajemen data tersebut, pengguna dimudahkan dalam melakukan proses klasifikasi tutupan lahan untuk kebutuhan pemantauan serta pemetaan lahan. Klasifikasi tutupan lahan yang akurat dapat menghasilkan data yang memiliki dampak pada kegiatan pemantauan dan pengelolaan sumber daya alam [4].

Pengaplikasian GEE dalam proses analisis tutupan lahan telah diterapkan dalam beberapa literatur. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sidhu, et al. [5], GEE terbukti dapat menyajikan akses ke berbagai jenis citra dalam satu sistem terintegrasi serta memiliki kecepatan komputasi tinggi dalam menganalisis jenis tutupan lahan di Singapura. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Farda [6] dan Wahap, et al. [7], GEE dapat membantu proses analisis jenis tutupan lahan dengan tingkat akurasi tinggi menggunakan citra dan algoritma teknik *classifier* yang terdapat di GEE. Dengan semakin meningkatnya pengakuan akademik terhadap kapasitas GEE, penelitian pemantauan dinamis jarak jauh dengan GEE saat ini telah menghasilkan banyak temuan dan secara signifikan mengoptimalkan efisiensinya pada penelitian terkait [8].

Tutupan lahan sangat berkaitan dengan pemanfaatan sumber daya alam yang dilakukan oleh manusia pada sebuah area lahan. Kabupaten Belitung Timur memiliki sumber daya alam berupa pertambangan, perikanan, perkebunan, dan pariwisata [9]. Pemanfaatan GEE dalam proses klasifikasi tutupan lahan khususnya di Kabupaten Belitung Timur dapat memperlihatkan potensi GEE dalam melakukan interpretasi citra satelit untuk menyajikan informasi jenis tutupan lahan. Kajian ini bertujuan untuk menghasilkan peta klasifikasi tutupan lahan pada area kajian Kabupaten Belitung Timur menggunakan citra Landsat 8 OLI dalam periode perekaman tahun 2021 sampai dengan tahun 2023. Manfaat dari kegiatan ini antara lain untuk eksplorasi kemampuan sistem *cloud computing* pada GEE dalam memproses analisis jenis tutupan lahan dengan nilai akurasi yang baik.

2. METODE PENELITIAN

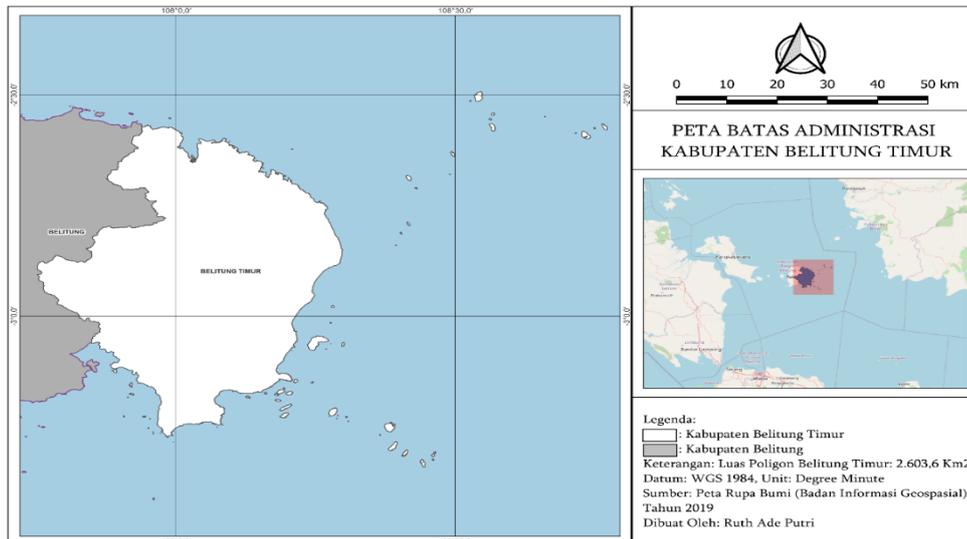
Kajian ini menggunakan metode pengumpulan data hasil analisis citra satelit dengan pendekatan kuantitatif. Variabel terukur berupa angka atau bilangan dihasilkan dari proses komputasi citra satelit dengan menggunakan platform GEE. Angka dan bilangan tersebut merupakan nilai indeks vegetasi yang dihasilkan dari proses komputasi data dan informasi yang terkandung dalam setiap piksel citra. Berdasarkan data tersebut dilakukan perhitungan untuk menghasilkan suatu kesimpulan. Alur pelaksanaan kajian ini digambarkan pada diagram berikut (Gambar 1).



Gambar 1. Alur Pelaksanaan Kajian

2. 1. Lokasi Penelitian

Lokasi kajian dilakukan di Kabupaten Belitung Timur, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung (Gambar 2). Menurut data BPS Tahun 2022, Kabupaten Belitung Timur terletak pada $107^{\circ} 45-108^{\circ} 18$ BT dan $2^{\circ} 30-3^{\circ} 15$ LS dan merupakan dataran rendah dengan ketinggian $\pm 18,56$ mdpl. Kabupaten ini terbagi ke dalam 7 wilayah kecamatan dengan total luas wilayah daratan yaitu 2.506,91 km². Penentuan lokasi ini berkaitan dengan keragaman penggunaan lahan dan dinamika mata pencaharian penduduk asli Belitung Timur yang umumnya memanfaatkan lahan untuk bertani dan berkebun, serta melakukan aktivitas penambangan timah.



Gambar 2. Lokasi Kajian

2. 2. Data

Penelitian ini menggunakan dataset citra Landsat 8 OLI/TIRS Collection 2 *calibrated top-of-atmosphere (TOA) reflectance (LANDSAT/LC08/C01/T1_ TOA)* yang terdapat pada katalog GEE. Citra ini telah melalui proses kalibrasi reflektan TOA berdasarkan persamaan yang dikembangkan oleh USGS [10]. Penyesuaian terhadap tingkat resolusi spasial, resolusi spektral, dan resolusi temporal perlu dilakukan untuk kebutuhan proses analisis citra satelit sehingga didapatkan hasil dengan akurasi yang baik. Suwargana [11] menyatakan bahwa terdapat beberapa jenis tingkatan resolusi spasial yaitu tinggi (0,6 m-4 m), menengah (4 m-30 m), dan rendah (30 m-1000 m). Citra Landsat 8 OLI memiliki resolusi spasial yang masuk dalam kategori level menengah. Dengan kualitas resolusi spasial sebesar 15 m (pankromatik) dan 30 m (multispektral), jenis citra ini memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi objek permukaan bumi dengan cukup detail pada daerah yang meliputi wilayah yang besar [12]. Setiap *scene* pada citra Landsat 8 OLI merepresentasikan areal seluas 180 x 180 km sehingga citra ini dapat digunakan untuk pemetaan

sumber daya alam pada skala 1:50.000 berdasarkan masa pengamatan bintang alam yang beragam, serta perubahan jenis tutupan lahan pada wilayah yang luas [13][14].

Resolusi spektral merupakan kemampuan sensor satelit dalam mengenali objek permukaan bumi berdasarkan nilai spektral yang diterima. Nilai spektral tersebut berbanding lurus terhadap interval panjang gelombang saluran yang diserap oleh sensor. Semakin kecil interval panjang gelombang yang diterima, maka semakin tinggi resolusi spektral suatu citra [15]. Satelit Landsat 8 merekam gambar permukaan bumi dalam beberapa band spektral, termasuk *shortwave infrared*, *visible*, dan *near-infrared* yang dapat disesuaikan untuk membedakan antara berbagai jenis tutupan lahan seperti vegetasi, badan air, dan areal permukiman [16]. Pada katalog data set GEE, citra Landsat 8 OLI menyediakan 12 band dengan detail sebagaimana Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Band Sensor Landsat 8 OLI

No.	Nama/ Deskripsi Band	Ukuran Pixel	Panjang Gelombang
1	B1 / Coastal aerosol	30 m	0.43 - 0.45 μm
2	B2 / Blue	30 m	0.45 - 0.51 μm
3	B3 / Green	30 m	0.53 - 0.59 μm
4	B4 / Red	30 m	0.64 - 0.67 μm
5	B5 / Near infrared	30 m	0.85 - 0.88 μm
6	B6 / Shortwave infrared 1	30 m	1.57 - 1.65 μm
7	B7 / Shortwave infrared 2	30 m	2.11 - 2.29 μm
8	B8 / Band 8 Panchromatic	15 m	0.52 - 0.90 μm
9	B9 / Cirrus	30 m	1.36 - 1.38 μm
10	B10 / Thermal infrared 1, resampled from 100m to 30m	30 m	10.60 - 11.19 μm
11	B11 / Thermal infrared 2, resampled from 100m to 30m	30 m	11.50 - 12.51 μm
12	QA_Pixel/ Landsat Collection 2 QA Bitmask	30 m	-

Resolusi temporal adalah intensitas berulang perekaman pada areal yang sama dalam rentang waktu tertentu yang dinyatakan dalam satuan jam atau hari [17]. Resolusi temporal terbagi dalam 3 tingkatan yaitu resolusi temporal tinggi (<24 jam sampai 3 hari), resolusi temporal sedang (4 hari sampai 16 hari), dan resolusi temporal rendah (lebih dari 16 hari). Satelit Landsat 8 memiliki periode orbit bumi selama 99 menit dan selang waktu perekaman setiap 16 hari pada area yang sama [18]. Pada kajian ini digunakan data perekaman pada rentang waktu 1 Januari 2021 sampai dengan 25 Juli 2023. Citra *Google Earth* juga dimanfaatkan sebagai referensi tambahan dalam pembuatan area dan titik sampel. Namun apabila secara visual terdapat perbedaan kenampakan objek antar kedua citra, maka citra Landsat 8 OLI digunakan sebagai referensi.

2. 3. Klasifikasi dan Analisis Data

Seluruh proses pengolahan data dalam kajian ini dilakukan secara *cloud computing* pada platform GEE, baik pada klasifikasi jenis tutupan lahan maupun analisis spasial. Tahap pertama adalah membuat batasan areal kajian dengan melakukan *cropping area* berdasarkan data *shapefile* batas administrasi Kabupaten Belitung Timur dengan luas area 2.603,6 km² yang bersumber dari Peta Rupa Bumi BIG Tahun 2019. Keakuratan hasil analisis citra sangat dipengaruhi dengan jumlah tutupan awan pada wilayah kajian [19]. Untuk itu dilakukan peningkatan kualitas citra khususnya pada areal kajian yang memiliki tutupan awan dengan menggunakan *filter masking* pada *band Quality Assessment (QA)*. *Band QA* berisikan informasi piksel- piksel yang memiliki

tutupan awan. Kode *script masking* pada GEE akan secara otomatis mengganti *scene* yang tertutup awan dengan *scene* yang terkoreksi dalam rentang waktu perekaman yang telah ditentukan. Proses pemilihan *scene* pada tahap *masking* dilakukan berdasarkan algoritma *script* ‘median()’ dimana sistem komputasi pada GEE akan memilih nilai median setiap piksel dari kumpulan beberapa *scene* untuk proses *masking* sehingga didapatkan hasil citra dengan tutupan awan yang telah direduksi.

Tahap selanjutnya yaitu proses komposit citra dengan menentukan kombinasi *band*. Penyesuaian kombinasi *band* bertujuan untuk mendapatkan tingkat ketajaman citra yang cukup, serta memberikan batas yang jelas antara berbagai jenis tutupan lahan. Kombinasi *band* yang digunakan pada kajian ini yaitu RGB 753. Kombinasi *band* tersebut digunakan dalam penelitian Udhi Catur et al. [20] tentang Identifikasi Lahan Tambang Timah di Pulau Bangka pada tahun 2015 dan penelitian Diah Kirana Kresnawati et al. [21] tentang analisis perubahan lahan tambang di Pulau Belitung pada tahun 2021. Penyesuaian kombinasi *band* tersebut akan menghasilkan rona warna tertentu untuk setiap objek pada wilayah kajian yang berdampak pada hasil pembuatan sampel kelas-kelas tutupan lahan.

Dalam tulisannya, Danoedoro [22] menerangkan bahwa pengambilan sampel dilaksanakan dengan memperhitungkan struktur spektral pada berbagai panjang gelombang tertentu sehingga didapatkan area referensi yang efektif dalam merepresentasikan sebuah objek tertentu. Pada kajian ini sampel dikumpulkan melalui platform GEE dengan terlebih dahulu mengidentifikasi kelas tutupan lahan secara visual pada citra. Terdapat 4 kelas tutupan lahan yang dapat diidentifikasi pada lokasi kajian yaitu vegetasi, badan air, penambangan timah terbuka, dan lahan terbangun. Sampel dikelompokkan dalam bentuk *feature collection* pada menu *geometry* yaitu dengan menggambar garis poligon atau membuat titik secara representatif dan merata yang mewakili setiap kelas tutupan lahan. Citra *Google Satelit* yang tersedia pada *workspace* GEE dapat dijadikan acuan dalam pembuatan sampel objek-objek yang sulit diidentifikasi pada citra komposit. Jumlah sampel yang dibentuk tertuang pada Tabel 3.

Tabel 2. Detail Pengambilan Sampel

No.	Kelas Tutupan Lahan	Sampel Klasifikasi	Sampel Uji Akurasi
1	Vegetasi	7 titik dan 37 poligon	3 titik dan 16 poligon
2	Penambangan Timah Terbuka	7 titik dan 33 poligon	3 titik dan 15 poligon
3	Lahan Terbangun	7 titik dan 40 poligon	3 titik dan 17 poligon
4	Badan Air	7 titik dan 31 poligon	3 titik dan 14 poligon

Proses klasifikasi dilakukan dengan metode *supervised classification* atau klasifikasi terbimbing dengan teknik komputasi berbasis ML. Teknik komputasi tersebut mampu melakukan klasifikasi secara efektif dan efisien terhadap citra penginderaan jauh meliputi kemampuan untuk mengelola data berdimensi tinggi, serta memetakan kelas-kelas berdasarkan karakteristik yang kompleks [23]. Teknik komputasi ML menyajikan kemudahan bagi para pengguna untuk menganalisis data dengan 4 macam model algoritma *classifier* terbimbing pada platform GEE, yakni *Classification and Regression Trees* (CART), *Naïve bayes*, *Random Forest* (RF), dan *Support vector Machine* [24]. Algoritma *Classification and Regression Trees* (CART) pada GEE digunakan untuk mengekstraksi informasi jenis tutupan lahan pada citra satelit [25]. Teknik CART dipilih dengan mempertimbangkan keunggulannya dalam menganalisis data dengan jumlah banyak secara cepat serta memiliki tingkat akurasi yang baik. Kemampuan tersebut menjadikan CART sebagai teknik *classifier* yang paling sering diaplikasikan pada kajian-kajian analisis

penggunaan dan tutupan lahan meskipun memiliki tendensi *overfitting* pada beberapa jenis model data kajian [26].

2. 4. Uji Akurasi

Pengujian akurasi bertujuan untuk mendapatkan nilai ketelitian hasil klasifikasi tutupan lahan dengan menggunakan GEE. Pengujian dilakukan dengan membandingkan sampel piksel terklasifikasi terhadap sampel piksel uji akurasi yang merepresentasikan objek yang sama pada area kajian. Penentuan jumlah sampel klasifikasi terhadap sampel uji akurasi berdasarkan nilai perbandingan 7:3 (Tabel 3.) yang mengacu pada proses validasi atau uji akurasi pada penelitian yang dilakukan Mulyaqin, et al. [27] dan Pratama & Riana [28] Uji akurasi dilakukan dengan menggunakan kode *script* matrik konfusi atau *error matrix* pada GEE yang direpresentasikan dengan sebuah matrik bujur sangkar sebagaimana pada Tabel 4. [29]. Matrik konfusi diterapkan untuk menghitung nilai akurasi pada hasil klasifikasi multispektral dari kelas tutupan lahan [30]. Dari hasil pengujian akurasi dengan matrik konfusi akan didapatkan *producer's accuracy*, *user's accuracy*, *overall accuracy*, dan *kappa accuracy*. Hasil uji akurasi dikatakan baik jika rata-rata nilai matrik konfusi menunjukkan angka ≥ 0.8 [31].

Tabel 3. Tabel Matrik Konfusi atau Error Matrix

Data Referensi	Diklasifikasikan ke kelas				Jumlah	Producer's Accuracy
	1	2	3	4		
1	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₊	X ₁₁ /X ₁₊
2	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₊	X ₂₂ /X ₂₊
3	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₊	X ₃₃ /X ₃₊
4	X ₄₁	X ₄₂	X ₄₃	X ₄₄	X ₄₊	X ₄₄ /X ₄₊
Jumlah	X ₊₁	X ₊₂	X ₊₃	X ₊₄	N	
User's Accuracy	X ₁₁ /X ₊₁	X ₂₂ /X ₊₂	X ₃₃ /X ₊₃	X ₄₄ /X ₊₄		

2. 5. Export Data

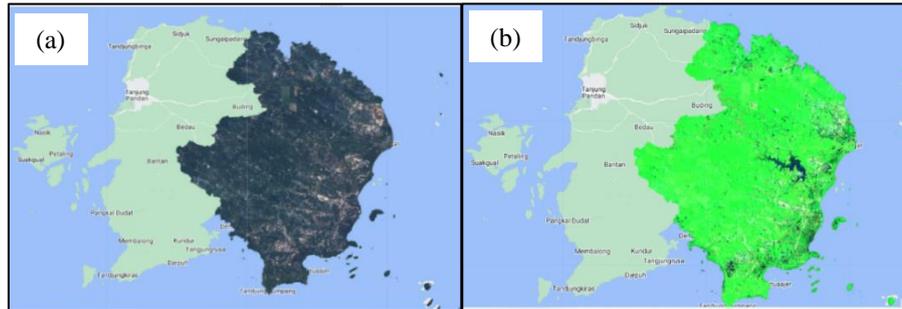
Hasil klasifikasi tutupan lahan kemudian diexport ke *drive* penyimpanan dengan menggunakan *script* melalui GEE. Pada kajian ini digunakan Quantum GIS untuk membuat layout peta hasil klasifikasi tutupan lahan tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3. 1. Visualisasi Peta

Proses klasifikasi tutupan lahan dimulai dengan *filter date* perekaman citra dan dilanjutkan dengan memotong batas areal kajian menggunakan data *shapefile* batas administrasi Kabupaten Belitung Timur yang diunggah sebagai *asset* ke dalam GEE. Pemotongan citra dilakukan dengan menggunakan kode *script* 'clip()' sehingga tampilan citra Landsat 8 sesuai dengan batas area kajian.

Penyesuaian komposit band 753 dilakukan untuk menghasilkan citra dengan rona warna yang berbeda untuk setiap jenis objek di dalam area kajian. Rona warna yang dihasilkan dari kumpulan piksel merepresentasikan nilai spektral dari setiap objek tutupan lahan. Piksel-piksel tersebut menjadi sampel dalam proses pengklasifikasian kelas tutupan lahan pada GEE. Gambar 4. memperlihatkan perbandingan tampilan *natural color* RGB 432 dengan hasil penyesuaian komposit band 753 pada citra Landsat 8 OLI.



Gambar 3. (a) Tampilan *natural color* RGB 432; (b) Tampilan Komposit Band 753

3. 2. *Klasifikasi Tutupan Lahan*

Proses klasifikasi dilakukan menggunakan model algoritma CART yang dijalankan pada platform GEE. Model algoritma tersebut memungkinkan proses analisis berdasarkan teknik statistik nonparametrik dan hirarkis yang memprediksi pengelompokan kelas melalui pembagian data set secara berulang sehingga didapatkan data tertentu atau *subset* yang lebih homogen. Adapun script CART *classifier* yang digunakan pada GEE sebagaimana pada Gambar 4. berikut.

```
var classifier = ee.Classifier.smileCart().train({
  features: training,
  classProperty: 'lc',
  inputProperties: bands
});
```

Gambar 4. *Script Supervised Classifier CART*

Proses klasifikasi tersebut menghasilkan 4 jenis kelas tutupan lahan yaitu vegetasi, badan air, penambangan timah terbuka, dan lahan terbangun. Secara visual area vegetasi direpresentasikan dengan warna hijau, badan air direpresentasikan dengan biru, penambangan timah terbuka direpresentasikan dengan kuning, dan lahan terbangun direpresentasikan dengan warna merah (Gambar 5.).



Gambar 5. Tampilan Hasil Klasifikasi Algoritma CART

Kelas vegetasi mewakili jenis tutupan lahan berupa ladang, sawah, rumput rawa, semak, perkebunan, hutan belukar. Kelas badan air mewakili sungai, rawa, kolam kecil, tambak, atau kawah bekas penambangan timah yang berisi air. Penambangan Timah Terbuka merepresentasikan lahan terbuka akibat aktivitas pertambangan timah oleh PT. Timah Tbk. dan/atau masyarakat setempat. Kelas lahan terbangun mengklasifikasikan jenis tutupan lahan

berupa permukiman, bangunan perkantoran, jalan, dan lahan non-pertanian lainnya. Penghitungan luas area masing-masing kelas tutupan lahan dilakukan dengan menggunakan kode *script* pada GEE sehingga didapatkan analisis luas area tutupan lahan sebagaimana pada Tabel 5 dan Gambar 6.

Tabel 4. Luas Area Kelas Tutupan Lahan (sumber: Analisis Tahun 2023)

No.	Kelas Tutupan Lahan	Luas Area (km ²)
1.	Vegetasi	2.254,09
2.	Penambangan Timah Terbuka	194,29
3.	Lahan Terbangun	86,67
4.	Badan Air	68,56



Gambar 6. Persentase Luas Kelas Tutupan Lahan di Kabupaten Belitung Timur (sumber: Analisis Tahun 2023)

Tabel dan gambar di atas mengilustrasikan bahwa kelas vegetasi merupakan tutupan lahan paling dominan pada area kajian dengan luas area 2.254,09 km². Penambangan timah terbuka menjadi kelas tutupan lahan terluas kedua dengan luas 194,29 km² dan dilanjutkan dengan kelas lahan terbangun seluas 86,67 km². Luas paling area terkecil merupakan kelas badan air dengan luas 68,56 km².

3. 3. Hasil Uji Akurasi

Pengujian akurasi dilaksanakan dengan menerapkan model perhitungan matriks konfusi atau *error matrix* di GEE sehingga diketahui tingkat keakuratan hasil sampel klasifikasi kelas tutupan lahan terhadap data sampel pembanding. Berdasarkan hasil perhitungan matriks konfusi pada Tabel 6. dinyatakan total piksel yang terklasifikasi dengan benar sejumlah 2.592 piksel dan piksel memiliki kesalahan klasifikasi sejumlah 202 piksel.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Matriks Konfusi CART (sumber: Analisis Tahun 2023)

		Sampel Uji Akurasi				
Sampel Klasifikasi	Piksel Benar	Vegetasi	Badan Air	Penambangan Timah Terbuka	Lahan Terbangun	Total
	Piksel Salah					
Vegetasi		2080	14	0	54	2148
Badan Air		0	108	0	0	108
Penambangan Timah Terbuka		56	0	318	17	391
Lahan Terbangun		39	0	22	86	147
Total		2175	122	340	157	2794

Kesalahan klasifikasi tersebut terjadi karena adanya kelas-kelas tutupan lahan yang memiliki rona warna yang mendekati homogen dengan rona warna kelas lainnya. Berdasarkan hasil komputasi digital dengan algoritma matriks konfusi dihasilkan nilai *producer's accuracy*, *user's accuracy*, *overall accuracy*, dan *kappa accuracy* (Tabel 7.)

Tabel 6. Hasil Uji Akurasi Matrik Konfusi (sumber: Analisis Tahun 2023)

Kelas Tutupan Lahan	<i>Producer's Accuracy</i>	<i>User's Accuracy</i>	<i>Overall Accuracy</i>	<i>Kappa Accuracy</i>
Vegetasi	0.97	0.96		
Badan Air	1.00	0.89	0.93	0.81
Penambangan Timah Terbuka	0.81	0.94		
Lahan Terbangun	0.59	0.55		
Rata-rata	0.84	0.83		

Perhitungan matriks konfusi menyatakan *overall accuracy* dari analisis citra yang menghasilkan 4 kelas tutupan lahan bernilai 0.93 dan *kappa accuracy* bernilai 0.81. Terhadap tingkat *producer's accuracy* dan *user's accuracy* masing-masing kelas menunjukkan nilai yang beragam. Nilai *producer's accuracy* tertinggi berada pada kelas badan air yaitu 1 dan nilai terendah berada pada kelas lahan terbangun yaitu 0.59. Kualitas yang sama terjadi pada *user's accuracy* dimana nilai tertinggi berada pada kelas badan air yaitu 0.96 dan kelas lahan terbangun yaitu 0.55. Rendahnya nilai *producer's accuracy* dan *user's accuracy* pada kelas lahan terbangun memiliki keterkaitan dengan hasil perhitungan matrik konfusi pada Tabel 6. yang memperlihatkan sejumlah piksel kelas lahan terbangun terklasifikasi ke dalam kelas penambangan timah terbuka dan vegetasi. Akurasi spasial dan proses pemilihan sampel yang homogen memiliki pengaruh signifikan terhadap tingkat akurasi hasil klasifikasi tutupan lahan.

Hasil dari proses klasifikasi ini kemudian diexport dalam bentuk raster dengan format *.tiff ke *google drive*. Data hasil *export* tersebut dapat digunakan untuk melakukan analisis lanjutan. Proses layout peta klasifikasi tutupan lahan dilakukan dengan menggunakan Quantum GIS sebagaimana pada Gambar 7. berikut.



Gambar 7. Layout Peta Klasifikasi Tutupan Lahan di Kabupaten Belitung Timur

4. KESIMPULAN DAN SARAN

GEE dapat digunakan untuk melakukan klasifikasi kelas tutupan lahan di Kabupaten Belitung Timur pada luas area kajian 2.603,6 km² menggunakan citra Landsat 8 OLI dengan resolusi spasial 30 m. Model kajian tersebut menghasilkan output dengan tingkat akurasi yang baik. Kombinasi band 753 dipilih untuk menghasilkan citra komposit dengan rona warna yang lebih baik untuk memudahkan proses identifikasi objek tutupan lahan. Proses klasifikasi dengan menggunakan metode classifier terbimbing CART mampu mengidentifikasi jenis tutupan lahan serta mengklasifikasikannya dalam 4 kelas tutupan lahan yaitu vegetasi dengan luas 2.254,09 km², penambangan timah terbuka dengan luas 194,29 km², lahan terbangun dengan luas 86,67 km², dan badan air dengan luas 68,56 km². Matriks kesalahan yang dihasilkan berupa nilai *overall accuracy* 0.93 dan *kappa accuracy* 0.81. Meskipun *producer's accuracy* dan *user's accuracy* pada kelas lahan terbangun memiliki nilai akurasi di bawah 0.6, rata-rata nilai *producer's accuracy* dan *user's accuracy* masing-masing bernilai 0.84 dan 0.83. Secara keseluruhan, hasil uji akurasi dapat dikatakan baik karena rata-rata hasil perhitungan matrik konfusi bernilai ≥ 0.8 . Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam melaksanakan kajian selanjutnya yaitu penggunaan citra yang mempunyai resolusi spasial yang lebih tinggi dengan proporsi tutupan awan yang lebih rendah, serta pemilihan sampel objek sejenis yang lebih homogen untuk mereduksi terjadinya kesalahan pengelompokan kelas tutupan lahan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Pérez-Cutillas, A. Pérez-Navarro, C. Conesa-García, D. A. Zema, dan J. P. Amado-Álvarez, "What is going on within Google Earth Engine? A systematic review and meta-analysis," *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, vol. 29, p. 100907, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100907>
- [2] M. Amani et al., "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*, vol. 13, pp. 5326-5350, 2020. DOI: 10.1109/JSTARS.2020.3021052
- [3] N. Gorelick et al., "Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone," *Remote Sens. Environ.*, vol. 202, p. 18-27, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- [4] L. Qu, Z. Chen, dan M. Li, "CART-RF Classification with Multifilter for Monitoring Land Use Changes Based on MODIS Time-Series Data: A Case Study from Jiangsu Province, China," *Sustainability*, vol. 11, no. 20, p. 5657, 2019. DOI: 10.3390/su11205657
- [5] N. Sidhu, E. Pebesma, dan G. Câmara, "Using Google Earth Engine to detect land cover change: Singapore as a use case," *European Journal of Remote Sensing*, vol. 51, no. 1, pp. 486-500, 2018. DOI: 10.1080/22797254.2018.1451782
- [6] N. M. Farda, "Multi-temporal Land Use Mapping of Coastal Wetlands Area using Machine Learning in Google Earth Engine," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 98, no. 1, p. 012042, 2017.
- [7] N. A. Wahap dan H. Z. M. Shafri, "Utilization of Google Earth Engine (GEE) for land cover monitoring over Klang Valley, Malaysia," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 540, p. 012003, 2020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/540/1/012003>

- [8] J. Lin et al., "Rapid Mapping of Large-Scale Greenhouse Based on Integrated Learning Algorithm and Google Earth Engine," *Remote Sensing*, vol. 13, no. 7, p. 1245, 2021. <https://doi.org/10.3390/rs13071245>
- [9] BPS Kabupaten Belitung Timur, "Belitung Timur Dalam Angka 2022," 2022. <https://belitungtimurkab.bps.go.id/> (diakses tanggal 01 Agustus 2023)
- [10] M. Hafizt, M. Iswari, dan B. Prayudha, "Kajian Metode Klasifikasi Citra Landsat-8 untuk Pemetaan Habitat Bentik di Kepulauan Padaido, Papua," *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, vol. 2, no. 1, pp. 1-13, 2017. [Online]. doi:10.14203/oldi.2017.v2i1.69
- [11] N. Suwargana, "Resolusi Spasial, Temporal Dan Spektral Pada Citra Satelit Landsat, Spot Dan Ikonos," *Jurnal Ilmiah Widya*, vol. 1, no. 2, pp. 167-174, 2013.
- [12] U. Catur, S. Susanto, D. Yudhatama, dan M. Mukhoriyah, "Identifikasi Lahan Tambang Timah Menggunakan Metode Klasifikasi Terbimbing Maximum Likelihood pada Citra Landsat 8," *Majalah Ilmiah Globe*, vol. 17, no. 1, pp. 09-15, 2015.
- [13] I. Arimbawa dan K. Khomsin, "Kajian Berbagai Macam Citra Satelit Terhadap Skala Peta (Planimetris)," *Geoid*, vol. 5, no. 1, pp. 55-58, 2010. doi: 10.12962/j24423998.v5i1.7331.
- [14] Y. Suwarno, "Pemetaan Lahan Kritis Kabupaten Belitung Timur Menggunakan Sistem Informasi Geografis," *Majalah Ilmiah Globe*, vol. 15, no. 1, pp. 30-38, 2013.
- [15] Hernan, "Konsep Resolusi dalam Penginderaan Jauh: Spasial, Spektral, Radiometrik, Temporal," WordPress, 29 Februari 2016. <https://hernandeaff.wordpress.com/2016/02/29/konsep-resolusi-dalam-penginderaan-jauh-spasial-spektral-radiometrik-temporal/>. (diakses pada tanggal 30 Juli 2023)
- [16] T. N. Phan, V. Kuch, dan L. W. Lehnert, "Land Cover Classification using Google Earth Engine and Random Forest Classifier—The Role of Image Composition," *Remote Sensing*, vol. 12, no. 15, p. 2411, 2020. DOI: 10.3390/rs12152411.
- [17] N. Suwargana, "Resolusi Spasial, Temporal Dan Spektral Pada Citra Satelit Landsat, Spot Dan Ikonos," *Jurnal Ilmiah Widya*, vol. 1, no. 2, pp. 167-174, 2013.
- [18] N. I. Fawzi dan V. N. Husna, "Landsat 8-Sebuah Teori dan Teknik Pemrosesan Tingkat Dasar," Perpustakaan Nasional RI. Katalog Dalam Terbitan (KDT). Penerbit El Markaz, 2021.
- [19] R. V. Nahari dan R. Alfita, "Classification Sensing Image of Remote Using Landsat 8 through Unsupervised Classification Technique (Case Study of Bangkalan Regency)," *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science*, vol. 3, pp. 878-881, 2017.
- [20] U. Catur, S. Susanto, D. Yudhatama, dan M. Mukhoriyah, "Identifikasi Lahan Tambang Timah Menggunakan Metode Klasifikasi Terbimbing Maximum Likelihood pada Citra Landsat 8," *Majalah Ilmiah Globe*, vol. 17, no. 1, pp. 09-15, 2015.
- [21] D. K. Kresnawati, D. Ramdani, dan D. Apriyanti, "Analisis perubahan lahan tambang timah dan sebarannya di pulau belitung dengan menggunakan citra penginderaan jauh berbasis sistem informasi geografis Studi Kasus Kabupaten Belitung Timur," *Jurnal Teknik/ Majalah Ilmiah Fakultas Teknik UNPAK*, vol. 22, no. 1, 2021.
- [22] P. Danoedoro, "Pengolahan Citra Digital Teori dan Aplikasinya dalam Bidang Penginderaan Jauh," Fakultas Geografi UGM, 1996.
- [23] A. E. Maxwell, T. A. Warner, dan F. Fang, "Implementation of machine-learning classification in remote sensing: An applied review," *International Journal of Remote Sensing*, vol. 39, no. 9, pp. 2784-2817, 2018. DOI: 10.1080/01431161.2018.1433.

- [24] "Supervised Classification," Google Earth Engine, pembaruan terakhir 26 Juli 2023. <https://developers.google.com/earth-engine/guides/classification>. (diakses pada tanggal 5 Agustus 2023).
- [25] X. Sang et al., "Intensity and Stationarity Analysis of Land Use Change Based on CART Algorithm," *Scientific Reports*, vol. 9, p. 12279, 2019. DOI: 10.1038/s41598-019-48586-3.
- [26] R. L. Lawrence dan A. Wright, "Rule-based classification systems using classification and regression tree (CART) analysis," *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 67, pp. 1137-1142, 2001.
- [27] T. Mulyaqin et al., "Deteksi Alih Fungsi Lahan Padi Sawah Menggunakan Sentinel-2 dan Google Earth Engine di Kota Serang, Provinsi Banten," *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, vol. 27, no. 2, pp. 226-236, 2022.
- [28] M. R. Pratama dan D. Riana, "Klasifikasi Penutupan Lahan Menggunakan Google Earth Engine dengan Metode Klasifikasi Terbimbing pada Wilayah Penajam Paser Utara," *JUPITER: Jurnal Penelitian Ilmu Dan Teknologi Komputer*, vol. 14, no. 2-c, pp. 637-650, 2023. DOI: 10.5281./5927/5.jupiter.2022.10.
- [29] D. Pertami, I. W. Nuarsa, dan I. D. Nurweda Putra, "Pemetaan Perubahan Penggunaan Lahan Wilayah Pesisir Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya, Tahun 2013 dan 2019," *Journal of Marine Research and Technology*, 2022.
- [30] F. M. Rosita Pane, A. Suprayogi, dan L. Sabri, "Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Daerah Aliran Sungai Tahun 2013 dan 2018 Terhadap Peningkatan Debit Puncak Sungai Kaligarang," *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 9, no. 1, pp. 285-294, 2019. DOI: 10.14710/jgundip.2020.26173.
- [31] N. H. Nawangwulan, B. Sudarsono MS, dan B. Sasmito, "Analisis Pengaruh Perubahan Lahan Pertanian Terhadap Hasil Produksi Tanaman Pangan di Kabupaten Pati Tahun 2001-2011," 2(April), pp. 127-140, 2013.