

ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN KAWASAN HUTAN MENGGUNAKAN GOOGLE EARTH ENGINE DENGAN METODE RANDOM FOREST

Fathulloh¹, Mukrodin², Siti Muryanah³

¹ Program Studi Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Peradaban,

² Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Peradaban,

³ Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Islam Syekh Yusuf.

fathul.peradaban@gmail.com, mukrodins@gmail.com, siti.muryanah@unis.ac.id

Keywords:

*Change detection,
land cover, forest,
sentinel-2, GEE,
random forest*

Abstract

This study aims to identify land cover changes or mismatches that have occurred in the study area, namely the forest area at the foot of Mount Slamet, located within Brebes Regency. The data used in this research consists of Sentinel-2 satellite imagery processed using the Google Earth Engine (GEE) platform. The classification method applied is Random Forest, with four land cover classes: water bodies, forest, agriculture and open land, and settlements. Sample points were collected for each class and divided into 80% training data and 20% testing data. The evaluation using a confusion matrix showed a classification accuracy of 92.31% and a Kappa coefficient of 87.13%, indicating very good model performance. The resulting land cover classification map was then overlaid with the official forest zone map, which includes Protected Forest, Limited Production Forest, Production Forest, and Nature Reserve areas. The analysis revealed that land cover changes or mismatches occurred over an area of 5,031.98 hectares, or approximately 44.79% of the forest area, which no longer shows typical forest vegetation characteristics.

Kata Kunci:

*Deteksi perubahan,
tutupan lahan,
hutan, sentinel-2,
GEE, random forest*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi perubahan tutupan lahan atau ketidak sesuaian tutupan lahan yang terjadi di lokasi studi, yaitu kawasan hutan di kaki Gunung Slamet, yang masuk wilayah Kabupaten Brebes . Data yang digunakan berupa citra satelit Sentinel-2 yang diproses menggunakan platform *Google Earth Engine* (GEE). Metode klasifikasi yang diterapkan adalah Random Forest, dengan empat kelas tutupan lahan: perairan, hutan, pertanian dan lahan terbuka, serta permukiman. Titik sampel dikumpulkan untuk masing-masing kelas dan dibagi menjadi 80% data latih dan 20% data uji. Hasil evaluasi menggunakan *Confusion Matrix* menunjukkan akurasi klasifikasi sebesar 92,31% dan nilai *Kappa* sebesar 87,13%, yang mengindikasikan performa model yang sangat baik. Peta hasil klasifikasi kemudian dioverlay dengan peta kawasan hutan, yang mencakup Hutan Lindung, Hutan Produksi Terbatas, Hutan Produksi dan Cagar Alam. Analisis menunjukkan bahwa terjadi perubahan atau ketidaksesuaian tutupan lahan pada kawasan hutan seluas 5.031,98 hektar, atau sekitar 44,79% kawasan yang sudah tidak lagi menunjukkan karakteristik vegetasi khas hutan.

Pendahuluan

Hutan merupakan jenis vegetasi yang memiliki peran strategis dalam mendukung pembangunan, karena tidak hanya menyediakan sumber daya alam, tetapi juga berfungsi sebagai penyedia berbagai layanan ekosistem. Menjaga kelestarian hutan menjadi elemen kunci dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan. Secara umum, hutan dapat dipahami sebagai kawasan yang didominasi oleh pepohonan atau vegetasi lainnya dengan luasan tertentu. Berdasarkan definisi dari Organisasi Pangan dan Pertanian (FAO), hutan adalah wilayah daratan yang memiliki luas lebih dari 0,5 hektar, ditumbuhi pohon setinggi minimal 5 meter, dan memiliki tingkat tutupan kanopi lebih dari 10%.

Perubahan tutupan lahan merujuk pada pergeseran sebagian atau seluruh fungsi suatu lahan menjadi fungsi lain yang berbeda. Alih fungsi lahan juga dapat diartikan sebagai perubahan penggunaan sebagian atau seluruh lahan dari fungsi sebelumnya menjadi fungsi lain, yang berdampak pada kondisi lingkungan sekitarnya.

Pemanfaatan *Google Earth Engine* (GEE) untuk klasifikasi tutupan lahan dan pemantauan kawasan hutan telah banyak dilakukan. Beberapa studi meliputi penggunaan GEE untuk memantau lahan agroforestri dalam konteks perhutanan sosial[1], identifikasi perubahan luas lahan di Sub-DAS Cikeruh menggunakan citra Landsat 8[2], pemantauan degradasi hutan menggunakan data Sentinel-1 dan Sentinel-2 di Cagar Biosfer Sundarban[3], serta penilaian dinamika spasio-temporal netralitas degradasi lahan di DAS Alawuha, Ethiopia[4]. Teknologi komputasi awan dan *big data* seperti GEE telah mempercepat proses ekstraksi data tutupan lahan dari citra satelit[5]. GEE telah digunakan secara efektif dalam menganalisis perubahan tutupan lahan di kawasan konservasi prioritas di Amerika Serikat[6], serta untuk memantau perubahan tutupan hutan dan estimasi karbon di wilayah Kashmir Himalaya melalui penerapan teknik pembelajaran mesin[7].

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan, diperlukan suatu metode yang mampu melakukan analisis perubahan tutupan lahan secara akurat dan efisien, khususnya pada kawasan hutan yang memiliki fungsi strategis bagi lingkungan. *Google Earth Engine* menjadi platform yang tepat karena menyediakan akses terhadap data citra satelit dan kemampuan komputasi skala besar. Untuk meningkatkan akurasi klasifikasi tutupan lahan, metode Random Forest dipilih sebagai algoritma pembelajaran mesin yang terbukti andal dalam mengolah data penginderaan jauh. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan tutupan lahan pada kawasan hutan menggunakan *Google Earth Engine* dengan metode Random Forest.

Landasan Teori

1. Hutan

Hutan merupakan ekosistem utama yang berperan penting dalam stabilitas iklim global dan konservasi keanekaragaman hayati. Hutan juga berfungsi sebagai penyerap karbon serta sumber daya alam bagi kehidupan manusia[8].

2. Tutupan Lahan

Tutupan lahan adalah kondisi fisik permukaan bumi yang dapat diamati secara langsung, seperti vegetasi, air, salju, atau permukaan terbangun, yang dapat diidentifikasi menggunakan data penginderaan jauh. Informasi tutupan lahan sangat penting untuk analisis lingkungan, termasuk pemantauan perubahan penggunaan lahan, perubahan iklim, perencanaan wilayah, dan konservasi sumber daya alam[8].

3. Perubahan Tutupan Lahan

Perubahan tutupan lahan merujuk pada perubahan kondisi fisik permukaan bumi dari satu jenis tutupan ke jenis lain, akibat aktivitas alami maupun manusia. Analisis perubahan ini penting untuk mengidentifikasi tren deforestasi, urbanisasi, dan perubahan lingkungan lainnya yang berdampak pada ekosistem dan tata guna lahan.

4. Citra Sentinel-2

Citra Sentinel-2 adalah citra satelit resolusi tinggi yang dihasilkan oleh misi Sentinel-2, bagian dari program *Copernicus* milik *European Space Agency* (ESA). *Sensor MultiSpectral Instrument* (MSI) pada Sentinel-2 memiliki 13 band spektral dengan resolusi spasial 10, 20, dan 60 meter. Data ini digunakan untuk pemantauan vegetasi, penggunaan lahan, manajemen sumber daya alam, dan tanggap darurat

bencana, dengan frekuensi pengambilan data setiap 5 hari menggunakan dua satelit (Sentinel-2A dan 2B)[9].

5. Google Earth Engine (GEE)

Google Earth Engine adalah platform komputasi awan yang dikembangkan oleh Google untuk pengolahan dan analisis data geospasial skala besar, khususnya citra satelit dan data penginderaan jauh[1]. GEE memungkinkan akses langsung ke data citra seperti Landsat, Sentinel, dan MODIS tanpa perlu mengunduh secara manual. Analisis spasial dan temporal dapat dilakukan melalui *browser* menggunakan infrastruktur cloud, sehingga tidak memerlukan perangkat keras lokal yang kuat. GEE juga menyediakan pustaka algoritma dan fungsi siap pakai dalam bahasa pemrograman *JavaScript* dan *Python*, yang mendukung berbagai riset lingkungan, seperti pemantauan hutan, analisis perubahan tutupan lahan, serta deteksi kejadian bencana alam.

6. Metode Random Forest

Random Forest adalah algoritma pembelajaran mesin berbasis *ensemble learning* yang membangun sejumlah pohon keputusan (*decision tree*) untuk meningkatkan akurasi klasifikasi dan mengurangi risiko *overfitting*. Dalam penginderaan jauh, Random Forest banyak digunakan untuk klasifikasi citra karena kemampuannya dalam mengelola data berukuran besar dengan variabel input yang kompleks secara efisien dan akurat.

Algoritma ini bekerja dengan membentuk banyak pohon keputusan pada subset acak dari data pelatihan menggunakan teknik *bootstrap sampling*. Selain itu, pemilihan fitur secara acak dilakukan pada setiap percabangan pohon yang disebut *feature bagging*, yaitu untuk meningkatkan keragaman antar pohon. Hasil prediksi dari setiap pohon kemudian digabungkan menggunakan metode *voting* mayoritas (untuk klasifikasi).

a. Bootstrap Sampling

$$D_b - \text{Bootstrap}(D), \quad b = 1, 2, \dots, B$$

Di mana:

D : dataset pelatihan asli

D_b : subset acak untuk pelatihan pohon ke- b

B : jumlah pohon

b. Gini Index – untuk pemilihan split di setiap node.

Selama proses pembentukan pohon keputusan, Random Forest menggunakan Gini Index untuk memilih fitur terbaik dalam membagi data di setiap node.

$$Gini(t) = 1 - \sum_{i=1}^c p_i^2$$

Di mana:

di mana p_i adalah proporsi kelas i di node t

C : jumlah kelas

c. Voting untuk klasifikasi

Rumus klasifikasi akhir:

$$y = \text{mode}(y_1, y_2, \dots, y_B)$$

di mana

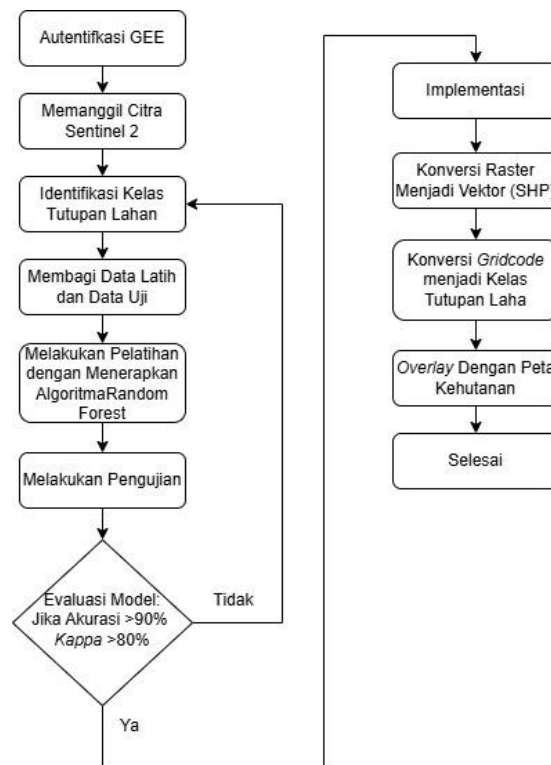
$y_b = T_b(x)$

B : jumlah pohon dalam model

mode: hasil dengan jumlah suara terbanyak (mayoritas)

Metodologi

Penelitian ini mencakup dua tahapan utama, yaitu proses pelatihan dan pengujian algoritma Random Forest untuk klasifikasi tutupan lahan, serta implementasi hasil klasifikasi melalui proses overlay dengan peta kawasan hutan. Secara garis besar, alur penelitian dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Tahapan penelitian

Tahapan penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Autentikasi Google Earth Engine (GEE)

Tahap awal penelitian dimulai dengan proses autentikasi ke platform *Google Earth Engine* (GEE) menggunakan akun yang telah didaftarkan. Langkah ini penting untuk mendapatkan akses penuh terhadap berbagai dataset citra satelit dan tools pemrosesan yang tersedia pada GEE.

2. Pemanggilan Citra Sentinel-2

Setelah berhasil masuk ke GEE, citra satelit Sentinel-2 yang sesuai dengan area dan rentang waktu penelitian dipanggil. Citra ini dipilih karena memiliki resolusi spasial yang cukup baik dan cakupan spektral yang lengkap untuk analisis tutupan lahan.

3. Identifikasi Kelas Tutupan Lahan

Pada tahap ini, dilakukan identifikasi kelas-kelas tutupan lahan yang akan diklasifikasikan, seperti hutan, air, lahan terbuka, dan lain-lain. Kelas-kelas ini menjadi dasar dalam proses pelatihan model klasifikasi.

4. Pembagian Data Latih dan Data Uji

Dataset yang diperoleh kemudian dibagi menjadi dua bagian, yaitu data latih dan data uji dengan perbandingan 80:20. Pembagian ini bertujuan untuk melatih model klasifikasi dan menguji performanya secara objektif.

5. Pelatihan Model dengan Metode Random Forest

Data latih digunakan untuk melakukan pelatihan model klasifikasi dengan algoritma Random Forest. Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam menangani data dengan variabilitas tinggi dan memberikan hasil klasifikasi yang akurat.

6. Pengujian Model

Setelah pelatihan selesai, model diuji menggunakan data uji dengan kriteria ambang batas performa yaitu akurasi minimal 90% dan nilai Kappa lebih dari 80%. Jika model memenuhi kriteria tersebut, maka model dianggap valid untuk digunakan.

a. Confusion Matrix

Confusion matrix merupakan matriks yang digunakan untuk mengevaluasi performa model klasifikasi dengan membandingkan hasil prediksi terhadap data aktual. Tabel *confusion matrix* biasanya berisi empat komponen utama:

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN}$$

Keterangan:

TP = *True positive*

TN = *True Negative*

FP = *False Positive*

FN = *False Negative*

b. Kappa

Kappa mengukur seberapa baik klasifikasi yang dilakukan oleh model dalam hal ini Random Forest. Merupakan pelengkap akurasi. Meskipun model terlihat akurat, Kappa bisa memberikan informasi apakah akurasi itu benar-benar signifikan atau mungkin hanya karena kebetulan. Rumus Kappa adalah sebagai berikut:

$$K = \frac{p_o - p_c}{1 - p_c}$$

Di mana

p_o = proporsi observasi di mana model dan data sebenarnya setuju (akurasi)

p_c = proporsi kesepakatan yang diperkirakan terjadi secara kebetulan (akurasi)

Untuk memahami tingkat kesesuaian hasil klasifikasi, nilai Kappa yang diperoleh dianalisis berdasarkan interpretasi kategoris yang disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Nilai dan interpretasi Kappa

No	Nilai Kappa	Interpretasi
1	< 0	Tidak ada kesepakatan
2	0.01 – 0.20	Sangat rendah
3	0.21 – 0.40	Rendah
4	0.41 – 0.60	Sedang
5	0.61 – 0.80	Tinggi
6	0.81 – 1.00	Sangat tinggi / hampir sempurna

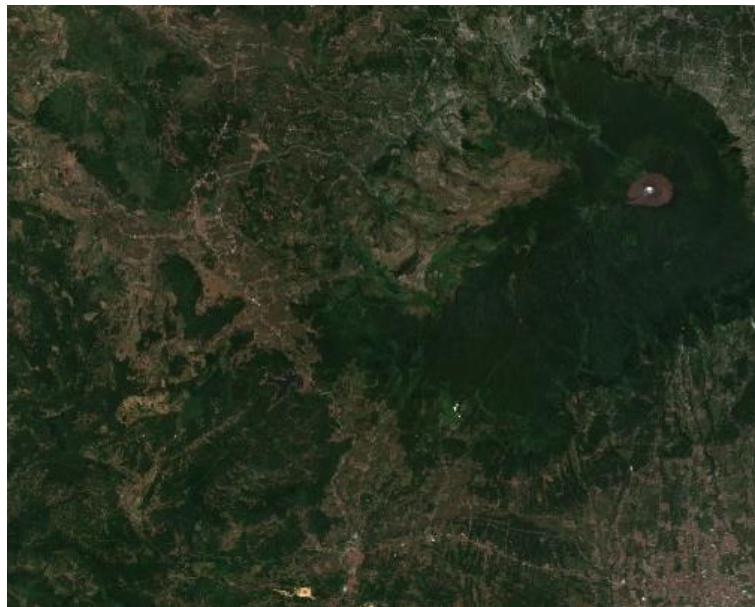
7. Implementasi dan Ekspor Hasil

Hasil klasifikasi yang sudah divalidasi selanjutnya diekspor dalam format TIFF (raster) untuk kemudahan analisis lebih lanjut. Kemudian, untuk proses analisis selanjutnya, data raster tersebut dikonversi menjadi format shapefile (SHP) menggunakan perangkat lunak pengolah GIS. Konversi Grid Code ke kelas tutupan lahan dilakukan, kemudian data hasil klasifikasi di-overlay dengan peta kehutanan untuk mengetahui perubahan tutupan lahan pada kawasan hutan.

Hasil dan Pembahasan

1. Memanggil Citra Sentinel-2

Tahap pertama pada analisis tutupan lahan adalah akuisisi citra Sentinel-2 terbaru. Karena tutupan lahan ini sensitif pada tutupan awan, maka ditetapkan dari awal bahwa tutupan awan maksimal adalah 10%. Hasil akuisisi dari citra Sentinel-2 dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Peta citra Sentinel-2 dengan tutupan awan di bawah 10%

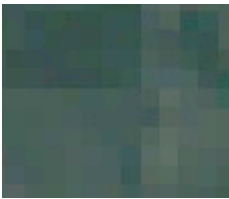


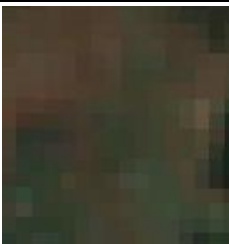



2. Penentuan Kelas Tutupan Lahan

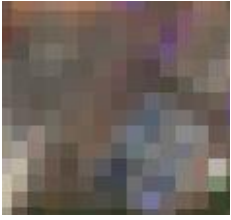
Sesuai dengan tujuan analisis, yaitu untuk mengetahui perubahan tutupan lahan di kawasan hutan, maka kelas tutupan lahan dalam penelitian ini dibatasi hanya menjadi empat kategori, yaitu: tubuh air, hutan, pertanian dan lahan terbuka, serta permukiman. Penetapan kelas ini disesuaikan dengan karakteristik wilayah studi yang didominasi oleh kawasan pertanian hortikultura dan perkebunan. Jenis pertanian lahan basah seperti sawah dianggap kurang relevan karena kondisi geografis wilayah tersebut tidak mendukung, sehingga kemungkinan keberadaan sawah sangat kecil.

Kelas pertanian dan lahan terbuka digabung menjadi satu kategori karena keduanya memiliki ambiguitas visual pada citra satelit. Ketika lahan ditanami, citra akan menunjukkan warna kehijauan yang tipis, sedangkan saat tidak ditanami, dapat terlihat kecoklatan atau berwarna lain, sehingga sulit dibedakan secara konsisten. Pemilihan kelas-kelas ini juga didasarkan pada tujuan utama penelitian, yakni untuk mengidentifikasi area yang masih memiliki karakteristik ekologis khas hutan dan area yang telah mengalami perubahan fungsi lahan.

Rincian kelas tutupan lahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 2. Kelas Tutupan Lahan

No	Kelas	Keterangan	Citra
1	Tubuh Air	Tubuh air adalah perairan alami atau buatan yang merupakan satu kesatuan secara fisik dan memiliki karakteristik tertentu, seperti sungai, danau, waduk, rawa, saluran, dan laut. (Permen LHK No. P.68/MENLHK/SETJEN/KUM.1/8/2016)	
2	Hutan	Hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan yang lainnya tidak dapat dipisahkan. (UU No. 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan, Pasal 1 Ayat 2)	 
3	Pertanian dan Lahan Terbuka	"Pertanian adalah kegiatan mengelola sumber daya alam hayati yang dilakukan manusia untuk menghasilkan bahan pangan, bahan baku industri, sumber energi, dan/atau sumber devisa, melalui budidaya tanaman, hortikultura, perkebunan, peternakan, perikanan, atau kehutanan." (UU No. 19 Tahun 2013 tentang Perlindungan dan Pemberdayaan Petani, Pasal 1 Ayat 2)	  
4	Permukiman	"Permukiman adalah bagian dari lingkungan hidup di luar kawasan lindung, baik berupa kawasan perkotaan maupun perdesaan yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung perikehidupan dan penghidupan."	

No	Kelas	Keterangan	Citra
		(PP No. 14 Tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Perumahan dan Kawasan Permukiman, Pasal 1 Ayat 4)	

3. Identifikasi Tutupan lahan dan Pembagian Data Latih dan Data Uji.

Setelah kelas tutupan lahan ditentukan, langkah selanjutnya adalah mengumpulkan titik-titik ground check yang akan digunakan sebagai data pelatihan dan data uji dalam proses klasifikasi. Titik-titik ini berfungsi sebagai referensi dari masing-masing kelas tutupan lahan dan diperoleh melalui interpretasi visual terhadap citra Sentinel-2 yang dikombinasikan dengan citra resolusi tinggi dari *Google Earth*. Karena keterbatasan akses ke lapangan, proses ground check dilakukan secara tidak langsung, yaitu dengan mengandalkan interpretasi visual menggunakan citra *Google Earth* sebagai pengganti foto lapangan maupun data penggunaan lahan.

Pengambilan titik dilakukan secara *stratified random sampling*, di mana setiap kelas tutupan lahan diwakili oleh sejumlah titik yang tersebar merata di seluruh area studi. Titik-titik ini kemudian diklasifikasikan berdasarkan karakteristik visual dan pengetahuan lokal wilayah studi.

Selanjutnya, dataset yang terkumpul akan dibagi menjadi data latih (*training data*) dan data uji (*testing data*) dengan rasio 80:20, untuk memastikan proses pelatihan model Random Forest berlangsung optimal serta dapat dievaluasi secara kuantitatif menggunakan *confusion matrix* dan Kappa.

4. Penerapan Algoritma Random Forest

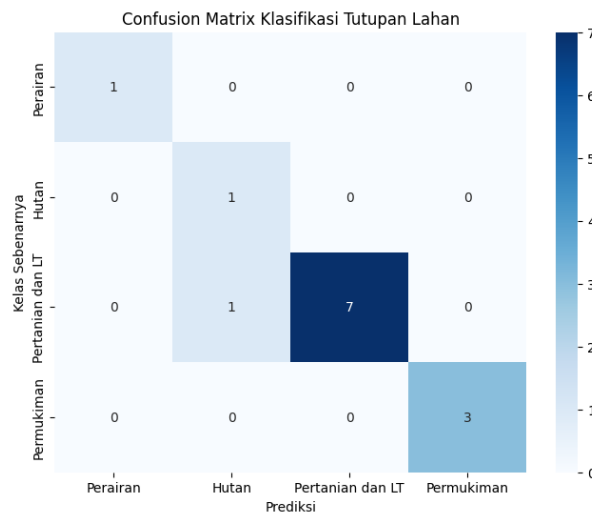
Setelah data pelatihan dan data validasi terkumpul, tahap selanjutnya adalah menerapkan algoritma Random Forest untuk melakukan klasifikasi tutupan lahan. Algoritma ini dipilih karena kemampuannya dalam menangani data berdimensi tinggi serta tingkat akurasi yang tinggi dalam klasifikasi citra satelit.

Pada tahap ini, model Random Forest dilatih menggunakan data latih (*training data*) yang telah ditentukan sebelumnya. Proses pelatihan dilakukan dengan membangun sejumlah pohon keputusan (*decision trees*), di mana setiap pohon dibentuk dari subset acak data pelatihan menggunakan teknik *bootstrap sampling*. Selain itu, pemilihan atribut (*fitur*) pada setiap node pohon dilakukan secara acak untuk mengurangi korelasi antar pohon dan meningkatkan performa generalisasi model.

Selama proses pelatihan, model diuji dalam beberapa iterasi dengan jumlah pohon (jumlah estimator) yang bervariasi, yaitu 50, 100, dan 150 pohon, untuk mengevaluasi stabilitas dan akurasi model. Iterasi ini bertujuan untuk mencari parameter terbaik (jumlah pohon optimal) yang memberikan hasil klasifikasi paling akurat.

5. Evaluasi Model

Setelah proses pelatihan, model digunakan untuk mengklasifikasikan citra dan hasilnya divalidasi menggunakan data uji (*testing sample*). Evaluasi dilakukan dengan menghitung *confusion matrix*, akurasi keseluruhan, dan nilai Kappa, untuk menilai kinerja klasifikasi. Seluruh proses dijalankan di platform *Google Earth Engine* secara efisien melalui *cloud computing*.



Gambar 3. Heatmap confusion matrix

Berdasarkan hasil evaluasi menggunakan *Confusion Matrix*, model klasifikasi Random Forest yang diterapkan dalam penelitian ini menunjukkan performa yang cukup tinggi. Nilai akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) yang diperoleh adalah sebesar 92,31%, yang menunjukkan bahwa sebagian besar piksel berhasil diklasifikasikan ke dalam kelas tutupan lahan yang benar. Selain itu, nilai Kappa yang diperoleh mencapai 87,13%, yang mengindikasikan tingkat kesepakatan yang kuat antara hasil klasifikasi dengan data referensi, setelah dikoreksi dari kemungkinan kesepakatan yang terjadi secara acak.


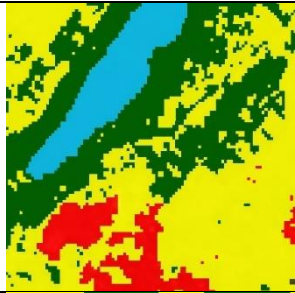
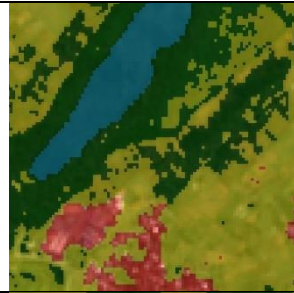

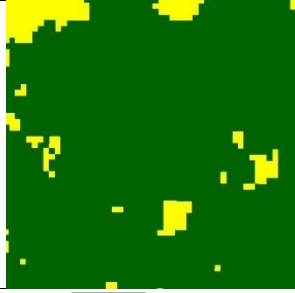


Nilai Kappa yang berada di atas 0,80 menunjukkan bahwa klasifikasi memiliki reliabilitas yang sangat baik menurut interpretasi umum terhadap indeks Kappa. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model Random Forest cukup efektif dalam mengklasifikasikan tutupan lahan di kawasan hutan menggunakan citra Sentinel-2 dan platform *Google Earth Engine*.

6. Implementasi Model

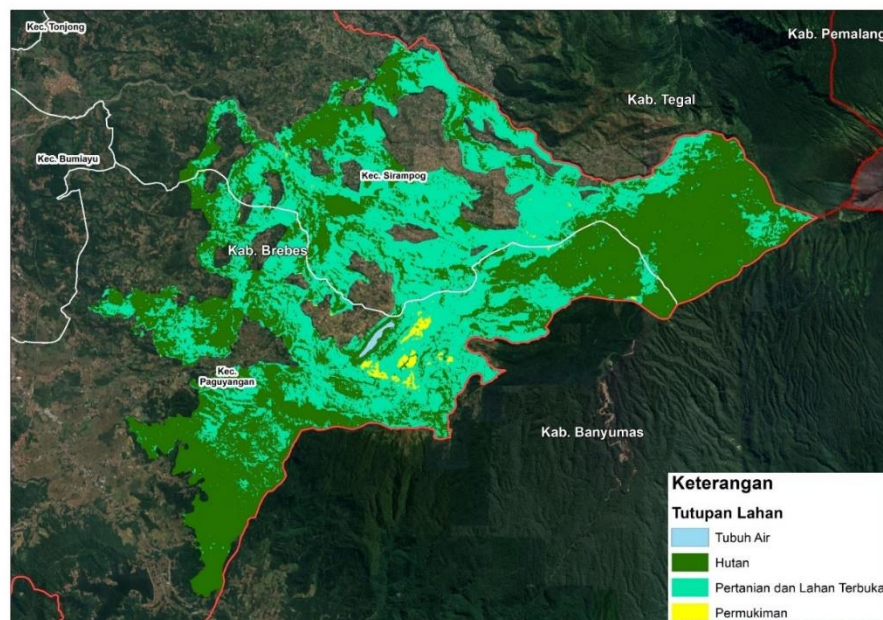
Model selanjutnya diterapkan pada citra sentinel 2 untuk mendapatkan kelas tutupan lahan. Hasil penerapan random forest dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Hasil penerapan model algoritma Random Forest

No	Citra Satelit Sentinel 2	Hasil Klasifikasi	Overlay hasil Klasifikasi dan Citra Sentinel 2
1			

No	Citra Satelit Sentinel 2	Hasil Klasifikasi	Overlay hasil Klasifikasi dan Citra Sentinel 2
2			
3			
			

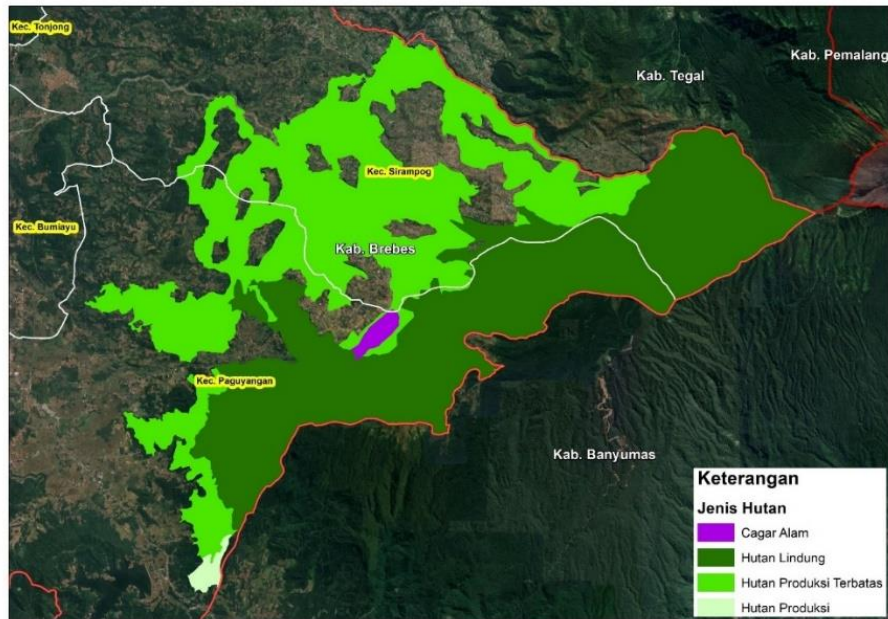
Pada gambar terlihat tutupan lahan yang secara umum cukup mewakili masing-masing kelas. Hasil tersebut masih dalam bentuk raster, sehingga dilakukan konversi menjadi vektor. Konvesrii menjadi raster menggunakan perangkat lunak pengolah peta berbasis desktop. Sehingga proses pada google earth engine sudah tidak dilakukan lagi. Hasil konversi raster menjadi vektor (file SHP) dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar. 4. Hasil tutupan lahan pada lokasi penelitian

7. Peta Kawasan Hutan

Penelitian ini difokuskan untuk mengetahui perubahan tutupan lahan pada Kawasan hutan. Peta kawasan hutan bersumber dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK).

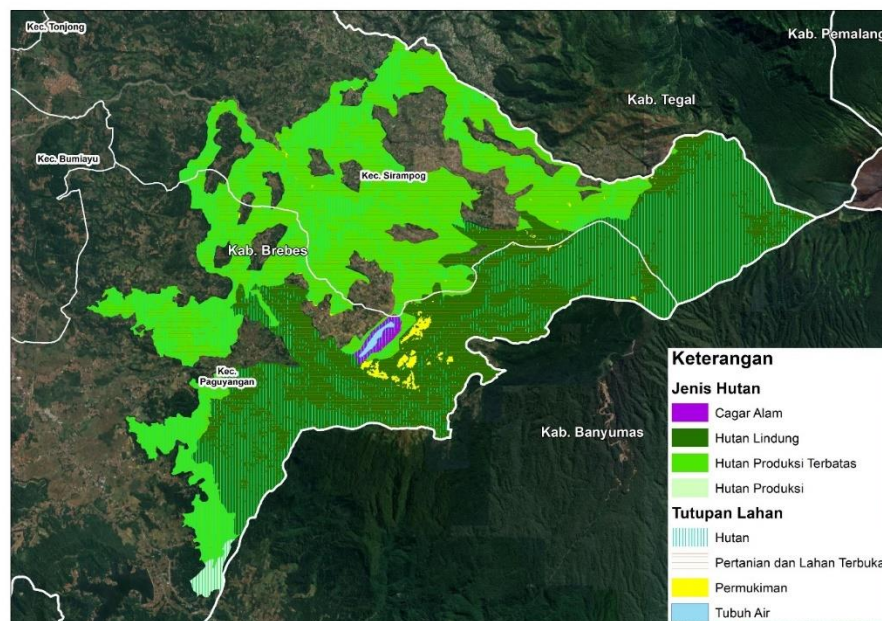


Gambar 5. Peta Kawasan hutan pada wilayah studi
(Sumber: KLHK)

Terdapat 4 jenis hutan yang berada di wilayah studi, yaitu Cagar Alam, hutan lindung, hutan produksi terbatas dan hutan produksi. Peta ini selanjutnya akan dilakukan overlay dengan tutupan lahan

8. Overlay Dengan Kawasan Hutan

Hasil tutupan lahan selanjutnya di lakukan overlay dengan peta kehutanan. Tujuannya adalah untuk mengetahui perubahan tutupan lahan seperti apa pada kawasan hutan. Secara visual, gambaran overlay antara peta tutupan lahan dan kawasan hutan dapat dilihat pada gambar berikut.

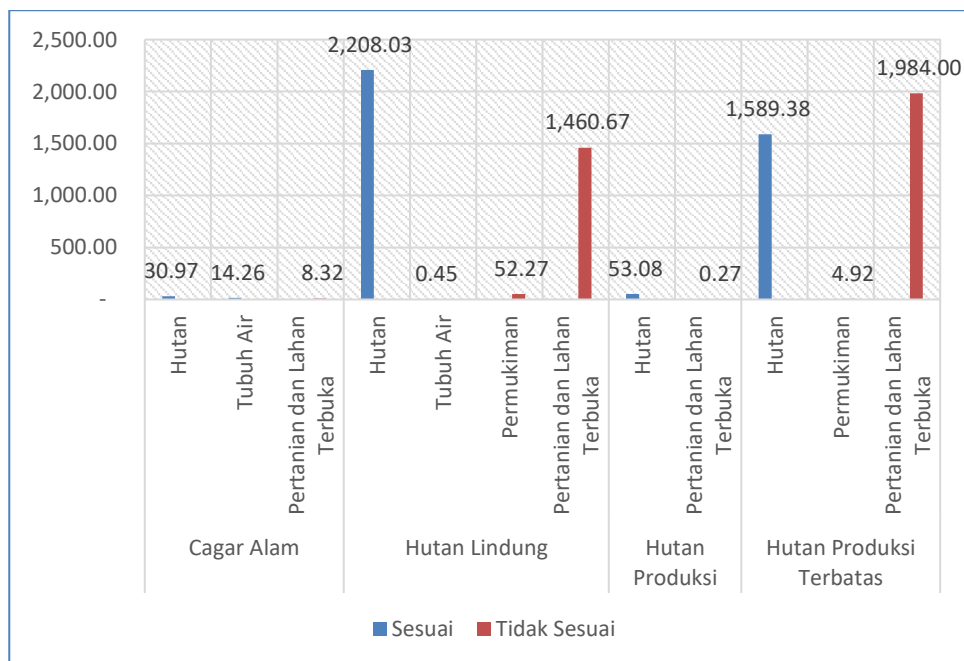


Gambar 6. Peta Hasil Overlay

Hasil overlay selanjutnya dilakukan analisis spasial untuk menghitung dan mengetahui besaran perubahan lahan lahan pada kawasan hutan. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Hasil overlay kawasan hutan dan tutupan lahan

No	Jenis Hutan	Tutupan Lahan	Hutan (Ha)	Bukan Hutan (Ha)	Prosentase Bukan Hutan (%)
1	Cagar Alam	Hutan	30.97		
		Tubuh Air	14.26		
		Pertanian dan Lahan Terbuka		8.32	
	Total		45.23	8.32	15.54%
2	Hutan Lindung	Hutan	2,208.03		
		Tubuh Air	0.45		
		Permukiman		52.27	
		Pertanian dan Lahan Terbuka		1,460.67	
	Total		2,208.48	1,512.94	40.65%
3	Hutan Produksi	Hutan	53.08		
		Pertanian dan Lahan Terbuka		0.27	
	Total		53.08	0.27	0.51%
4	Hutan Produksi Terbatas	Hutan	1,589.38		
		Permukiman		4.92	
		Pertanian dan Lahan Terbuka		1,984.00	
	Total		1,589.38	1,988.92	55.58%
Grand Total			6,202.96	5,031.98	44.79%
			7,406.64		



Gambar 7. Grafik jenis hutan dan tutupan lahan

Apabila dilihat dari tabel dan grafik di atas, perubahan penggunaan lahan kawasan hutan di kaki Gunung Slamet cukup besar dengan total luas sebesar 5,031.98 Ha atau sekitar 44.79% yang sudah bukan berbentuk vegetasi kawasan hutan.

V. Kesimpulan

Penerapan model Random Forest untuk klasifikasi empat kelas tutupan lahan, yaitu tubuh air, hutan, pertanian dan lahan terbuka, serta permukiman menggunakan citra Sentinel-2 menghasilkan akurasi sebesar 92,31% dan nilai Kappa sebesar 87,13%. Hasil klasifikasi ini kemudian dioverlay dengan peta kawasan hutan, dan menunjukkan adanya perubahan atau ketidaksesuaian tutupan lahan seluas 3.510,45 hektar, yang setara dengan 47,40% dari total kawasan hutan yang menjadi lokus penelitian..

Daftar Pustaka

- [1] A. Rizaldi, A. Darmawan, H. Kaskoyo, and A. Setiawan, "Pemanfaatan Google Earth Engine untuk pemantauan lahan agroforestri dalam skema perhutanan sosial," vol. 37, no. 1, pp. 12–21, 2023, doi: 10.22146/mgi.73923.
- [2] A. R. Lopian, E. Suryadi, and K. Amaru, "Identification of Land Area Changes in the Cikeruh Sub-watershed Area Using Landsat 8 Imagery with Google Earth Engine (GEE) Identifikasi Perubahan Luasan Lahan di Wilayah Sub-DAS Cikeruh Menggunakan Citra Landsat 8 dengan Google Earth Engine (GEE)," vol. x, pp. 63–73, 2023.
- [3] B. Halder, J. Bandyopadhyay, and R. Khatun, "Google Earth Engine and Sentinel 1 / 2 data-based forest degradation monitoring of Sundarban Biosphere Reserve," *Sustain. Horizons*, vol. 9, no. September 2023, p. 100088, 2024, doi: 10.1016/j.horiz.2023.100088.
- [4] G. Gebrie, B. Kefale, and A. Mengaw, "Assessing spatio-temporal dynamics of land degradation neutrality using Google Earth Engine in the Alawuha Watershed of North Wello," *Environ. Challenges*, vol. 20, no. May, p. 101202, 2025, doi: 10.1016/j.envc.2025.101202.
- [5] X. Zhang, Y. He, L. Pan, and Z. Yao, "Sales Data Analysis of Cloud Computing Products based on Big Data," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 55, no. 10, pp. 1404–1409, 2022, doi: 10.1016/j.ifacol.2022.09.587.
- [6] M. F. A. Aziz *et al.*, "Analisis Perubahan Tutupan Lahan di Kawasan Hutan Lindung Sekaroh," vol. 05, no. 62, pp. 115–124, 2022, doi: 10.22219/avicennia.v5i2.21500.
- [7] I. Rashid, S. Danish, and R. Kashani, "Environmental and Sustainability Indicators Forest dynamics and above-ground forest biomass changes utilizing Google Earth Engine , machine learning , and field-based observations in the Kashmir Himalaya , India," *Environ. Sustain. Indic.*, vol. 27, no. May, p. 100759, 2025, doi: 10.1016/j.indic.2025.100759.
- [8] F. and A. O. of the U. N. (FAO), "Global Forest Resources Assessment 2020 – Main Report," 2020, doi: 10.4060/ca9825en.
- [9] European Space Agency, "Sentinel-2 MSI – Overview," 2024, [Online]. Available: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2/overview>