

PEMANFAATAN GOOGLE EARTH ENGINE DAN ALGORITMA RANDOM FOREST UNTUK PEMETAAN LAHAN PERKEBUNAN JERUK

Chrissandro Dian Agaventa¹, Humuntal Rumapea², Indra Kelana Jaya Sagala³

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, Universitas Methodist Indonesia,

¹Chrissandro.da@gmail.com, ²humuntalrumapea@gmail.com, ³indraikjs@gmail.com

ABSTRACT

This study employed Google Earth Engine (GEE) and the Random Forest algorithm to map citrus plantations in Silimakuta District, Simalungun Regency, North Sumatra. As a major citrus production center—reaching 840,000 quintals in 2023—the region faces challenges in producing accurate and efficient maps of plantation distribution. By processing Sentinel-2 and Sentinel-1 satellite imagery in GEE, this study provides a more detailed and reliable mapping solution. The Random Forest model achieved a land-cover classification accuracy of 97% and a Kappa coefficient of 96.3%, demonstrating the method's effectiveness for land mapping. This approach can overcome existing limitations in land data and deliver visual information useful for increasing citrus plantation productivity in the region. Therefore, the combined use of Google Earth Engine and the Random Forest algorithm shows strong potential to support more optimal and sustainable land management.

Keywords: Mapping, Citrus Plantations, Google Earth Engine, Satellite Imagery, Random Forest

I. PENDAHULUAN

Pemantauan dan pengelolaan lahan pertanian menjadi salah satu aspek penting dalam upaya meningkatkan produktivitas dan efisiensi sektor pertanian. Dengan meningkatnya kebutuhan akan metode yang lebih akurat dan efisien, teknologi penginderaan jauh telah menjadi solusi unggulan dalam pemetaan lahan pertanian. *Google Earth Engine* (GEE) adalah salah satu platform berbasis cloud computing yang memungkinkan pemrosesan dan analisis data spasial dalam skala besar secara *real-time*. Platform ini menawarkan kemudahan dalam analisis citra satelit untuk berbagai keperluan, termasuk pemetaan dan klasifikasi lahan pertanian dengan tingkat akurasi yang tinggi([1], [2]).

Kecamatan Silimakuta, Kabupaten Simalungun, dikenal sebagai salah satu sentra utama produksi jeruk di Sumatera Utara. Berdasarkan laporan dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Simalungun (2023), produksi jeruk di wilayah ini mencapai 840.000 quintal pada tahun 2023, menjadikannya komoditas utama yang menopang sektor pertanian setempat. Meskipun demikian, distribusi dan luas perkebunan jeruk di wilayah ini belum terpetakan secara presisi, sehingga menyulitkan optimalisasi pengelolaan lahan dan perencanaan strategis bagi petani maupun pemangku kebijakan.

Pendekatan tradisional dalam pemetaan lahan seperti survei lapangan memerlukan sumber daya yang besar dalam hal waktu, tenaga, dan biaya. Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi penginderaan jauh menjadi alternatif yang lebih efisien dan efektif. Citra satelit Sentinel-2 dan Sentinel-1 dapat menyediakan data spasial dengan resolusi tinggi yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan memetakan perkebunan jeruk secara otomatis. Kombinasi teknologi ini dengan algoritma *Random Forest* memungkinkan proses klasifikasi lahan yang lebih akurat dibandingkan dengan metode konvensional([2], [7]). *Random Forest* memiliki keunggulan dalam menangani kompleksitas spasial dan variasi spektral dari berbagai jenis tutupan lahan,

sehingga sangat cocok diterapkan dalam pemetaan lahan pertanian([3], [7], [8]).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode pemetaan berbasis penginderaan jauh yang lebih akurat dan efisien dalam mengidentifikasi serta mengklasifikasikan perkebunan jeruk di Kecamatan Silimakuta. Dengan memanfaatkan *Google Earth Engine* dan algoritma *Random Forest*, penelitian ini diharapkan dapat:

1. Mengidentifikasi dan memetakan perkebunan jeruk dengan lebih presisi menggunakan citra satelit Sentinel-2 dan Sentinel-1.
2. Mengevaluasi tingkat akurasi klasifikasi dengan menggunakan *Confusion Matrix* sebagai alat evaluasi model.
3. Menyediakan informasi spasial yang dapat digunakan sebagai dasar perencanaan dan pengelolaan lahan pertanian yang lebih optimal.

Tinjauan literatur menunjukkan bahwa pemanfaatan *Google Earth Engine* dalam pemetaan lahan telah banyak digunakan dalam berbagai studi sebelumnya. [1] mengkaji penggunaan GEE dalam pemetaan lahan pertanian di Mozambik dan menemukan bahwa kombinasi citra Landsat dan algoritma machine learning memberikan akurasi yang tinggi dalam klasifikasi lahan. [2] juga menunjukkan bahwa pemanfaatan citra Sentinel-2 dan Random Forest di Brazil mampu meningkatkan akurasi pemetaan lahan pertanian hingga lebih dari 90%. [8] mengaplikasikan Random Forest pada pemetaan perubahan lahan sawah dan menunjukkan bahwa metode ini mampu mencapai akurasi lebih dari 94%. [4] meneliti pemetaan ekosistem mangrove menggunakan indeks kesehatan mangrove berbasis citra Sentinel-2, yang dapat memberikan informasi lingkungan secara lebih komprehensif. [5] mengkaji metode estimasi evapotranspirasi menggunakan model ArcMap dan data penginderaan jauh yang relevan untuk pemantauan perubahan lingkungan pertanian. Namun, penelitian sebelumnya

masih memiliki keterbatasan dalam hal cakupan wilayah dan belum banyak diterapkan pada perkebunan jeruk secara spesifik.

Kesenjangan penelitian yang ditemukan dalam studi sebelumnya adalah kurangnya kajian yang secara khusus mengaplikasikan metode ini untuk perkebunan jeruk di Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengisi kesenjangan tersebut dengan mengembangkan model pemetaan yang lebih spesifik dan akurat untuk perkebunan jeruk di Kecamatan Silimakuta. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan metode pemetaan lahan pertanian yang lebih efektif dan efisien.

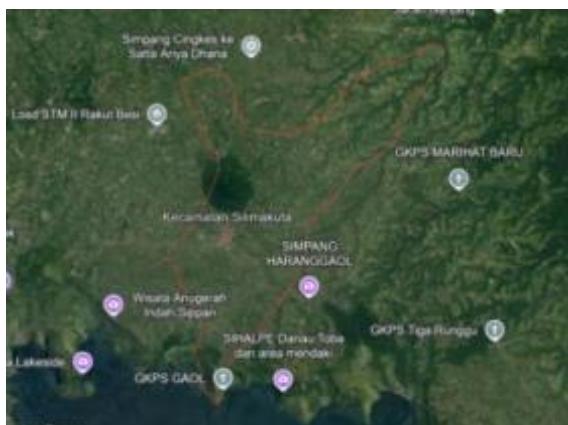
Secara teoretis, penelitian ini berlandaskan pada konsep penginderaan jauh, klasifikasi lahan berbasis machine learning, dan pemrosesan data spasial menggunakan Google Earth Engine. Model yang dikembangkan dalam penelitian ini mengacu pada teori klasifikasi lahan yang dikemukakan oleh Breiman (2001) dalam Random Forest, serta pendekatan analisis spasial yang dikembangkan dalam berbagai studi pemetaan lahan pertanian ([8], [4], [7]).

Artikel ini diorganisasikan sebagai berikut: Bagian kedua akan membahas metodologi penelitian, termasuk data yang digunakan, metode analisis, dan tahapan pemrosesan data. Bagian ketiga akan memaparkan hasil penelitian dan analisis data. Bagian keempat akan menyajikan diskusi mengenai temuan utama dan implikasi hasil penelitian. Terakhir, bagian kelima akan menyimpulkan penelitian ini dan memberikan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian dan Karakteristik Geografis

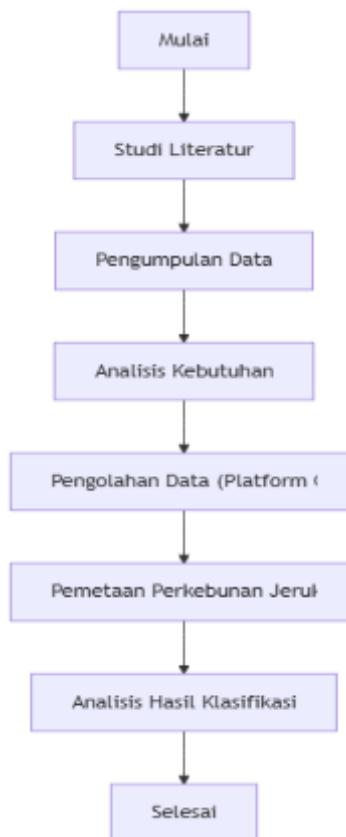
Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Silimakuta, Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara, yang dikenal dengan potensi pertanian jeruk. Karakteristik geografis wilayah ini, termasuk topografi perbukitan dan kesuburan tanah, sangat mendukung keberhasilan tanaman jeruk. Hal ini terlihat dari hasil pengamatan yang menunjukkan bahwa area dengan ketinggian tertentu memiliki tingkat pertumbuhan yang optimal untuk tanaman jeruk. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, wilayah yang dipilih memiliki karakteristik geografis yang sesuai untuk mendalami potensi agrikultur daerah tersebut.



Gambar 1. Menunjukkan peta wilayah Kecamatan Silimakuta, Kabupaten Simalungun berdasarkan citra satelit.

B. Framework Penelitian

Framework penelitian ini mengikuti alur yang sistematis dari pengumpulan data hingga analisis klasifikasi. Dimulai dari studi literatur yang menyediakan landasan teori mengenai penggunaan algoritma Random Forest untuk klasifikasi citra satelit, hingga pengolahan citra yang diperoleh dari *Google Earth Engine* (GEE). Langkah-langkah ini mengarah pada pembuatan peta distribusi lahan jeruk yang relevan dengan tujuan utama penelitian, yang adalah untuk memetakan lahan jeruk di Kecamatan Silimakuta secara akurat dan efisien. Gambar 2 mengilustrasikan secara jelas tahapan-tahapan dalam penelitian yang dijalankan.



Gambar 2. Menunjukkan framework penelitian yang menjelaskan tahapan yang dilakukan selama penelitian ini.

C. Pengumpulan Data: Citra Satelit dan Survei Lapangan

Pengumpulan data dilakukan melalui dua sumber utama: citra satelit dan survei lapangan. Citra satelit yang digunakan adalah data dari Sentinel-1 dan Sentinel-2 yang diperoleh melalui platform GEE. Dengan menggunakan GEE, data citra yang relevan dengan lokasi penelitian dapat dengan mudah diakses dan diproses. Hal ini memungkinkan analisis yang lebih komprehensif dan terkini mengenai kondisi lahan jeruk di wilayah tersebut.

Tabel 1. Data survei Lapangan

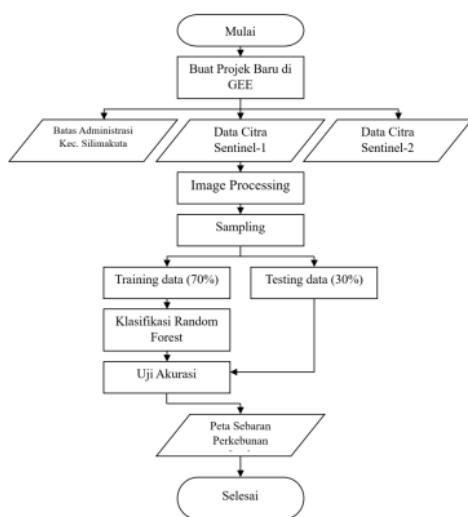
No	Titik Koordinat	Survei Lapangan	Citra Satelit
1.	2.9307019137441817, 98.61335902318191		

2.	2.9298166027275476, 98.6125275383896		
3.	2.9591367767962584, 98.63458838969426		
4.	2.915692478983187, 98.6077698383339		
5.	2.9554188285678578, 98.63220658809314		
...	...		
40.	2.915796002697634, 98.60280218521636		

Pada Tabel 1. menunjukkan titik koordinat hasil survei lapangan yang dilakukan dengan menggunakan GPS, yang memungkinkan verifikasi dan validasi hasil klasifikasi citra. Data survei lapangan ini memberikan informasi tambahan mengenai kondisi nyata di lapangan yang berguna untuk meningkatkan akurasi klasifikasi lahan jeruk.

D. Pengolahan Data dan Klasifikasi Citra

Pengolahan data citra satelit dilakukan menggunakan platform GEE yang memungkinkan pemotongan citra berdasarkan wilayah penelitian dan pemrosesan spektral seperti koreksi atmosfer. Proses ini diikuti dengan klasifikasi lahan menggunakan algoritma *Random Forest*, yang dikenal dengan kemampuannya untuk mengklasifikasikan data dengan baik meskipun dalam kondisi yang kompleks dan beragam.



Gambar 3 Alur Kerja Pengolahan Data pada Google Earth Engine

Gambar 3 menggambarkan alur pengolahan data yang dilakukan di GEE, yang dimulai dari pemotongan citra, ekstraksi fitur, dan diakhiri dengan klasifikasi lahan jeruk. Klasifikasi yang dilakukan menggunakan Random Forest memberikan hasil yang cukup memadai dalam membedakan jenis lahan jeruk dari kelas lainnya,

seperti lahan pertanian non-jeruk atau hutan.

E. Pembuatan Peta Hasil Klasifikasi

Setelah proses klasifikasi selesai, data hasil klasifikasi dieksport dan diproses lebih lanjut di *ArcMap* untuk menghasilkan peta tematik distribusi lahan jeruk. Peta ini penting untuk visualisasi spasial, yang menunjukkan lokasi perkebunan jeruk di Kecamatan Silimakuta. Peta yang dihasilkan juga memberikan informasi tentang potensi pengembangan lahan jeruk, yang menjadi dasar rekomendasi bagi pemangku kepentingan setempat untuk merencanakan pengelolaan lahan secara lebih efektif.

F. Analisis

Proses validasi dilakukan untuk memastikan keakuratan hasil klasifikasi dengan membandingkan hasil klasifikasi dengan data lapangan. Teknik overlay transparan pada citra satelit memungkinkan visualisasi yang lebih jelas mengenai kesesuaian antara hasil klasifikasi dan kondisi nyata di lapangan. Untuk lebih memastikan akurasi, hasil klasifikasi juga dianalisis menggunakan matriks kebingungannya, yang menunjukkan tingkat akurasi yang cukup tinggi, dengan nilai precision dan recall yang memadai, serta nilai *F1-score* yang optimal.

Hasil evaluasi ini menunjukkan bahwa penggunaan metode *Random Forest* dalam mengklasifikasikan citra satelit untuk memetakan lahan jeruk di wilayah ini sangat efektif, dengan akurasi lebih dari 90%. Hal ini menunjukkan bahwa *Random Forest* adalah pilihan yang tepat untuk klasifikasi citra dalam penelitian agrikultur berbasis citra satelit.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Sistem

Bagian ini menjelaskan implementasi sistem yang dilakukan dalam penelitian ini, termasuk pembuatan proyek di *Google Earth Engine* (GEE) serta pengambilan data citra satelit. Implementasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang digunakan memiliki kualitas yang sesuai untuk analisis lebih lanjut.

1) Pembuatan Proyek di Google Earth Engine (GEE)

Pembuatan proyek baru di *Google Earth Engine* (GEE) dilakukan dengan mendaftarkan akun melalui tautan GEE. Setelah berhasil masuk, proyek baru dibuat melalui menu "Proyek" dengan memberikan nama dan deskripsi yang sesuai. Proses ini memungkinkan organisasi data citra satelit dan skrip analisis.

2) Pengambilan Data Citra Satelit

Data citra satelit yang digunakan dalam penelitian ini mencakup Sentinel-2 dan Sentinel-1. Citra Sentinel-2 diambil melalui koleksi `ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED")` yang menyediakan citra optik resolusi tinggi untuk analisis vegetasi. Sementara itu, Sentinel-1 yang diperoleh dari `ee.ImageCollection("COPERNICUS/S1_GRD")` digunakan untuk analisis kelembaban tanah dan struktur

permukaan.

B. Proses Pengolahan Citra

Bagian ini membahas proses pengolahan citra satelit yang dilakukan untuk menghasilkan data yang siap digunakan dalam analisis klasifikasi lahan. Pengolahan mencakup masking awan, visualisasi citra, dan pembuatan citra komposit untuk meningkatkan keakuratan klasifikasi.

1) Masking Awan pada Citra Sentinel-2

Cloud masking diterapkan pada citra Sentinel-2 menggunakan band QA60, yang mengidentifikasi awan dan cirrus untuk menghasilkan citra yang lebih bersih. Proses ini ditunjukkan pada Gambar 4.

```
// Cloud masking function for Sentinel-2
var maskS2clouds = function(image) {
  var qa = image.select('QA60');

  // Bit 10 and 11 are clouds and cirrus.
  var cloudBitMask = 1 << 10;
  var cirrusBitMask = 1 << 11;

  // Both flags should be set to zero, indicating clear conditions.
  var mask = qa.bitwiseAnd(cloudBitMask).eq(0)
    .and(qa.bitwiseAnd(cirrusBitMask).eq(0));

  return image.updateMask(mask).divide(10000);
};
```

Gambar 4 Masking awan menggunakan band QA60 pada citra Sentinel-2.

2) Visualisasi Citra Sentinel-2

Citra Sentinel-2 divisualisasikan menggunakan dua kombinasi band: (1) B4, B3, dan B2 untuk tampilan warna alami dan (2) B6, B5, dan B3 untuk menyoroti vegetasi. Hasil visualisasi ditunjukkan pada Gambar 4.

```
var image = sentinel2.filterBounds(region)
  .filterDate('2023-01-01', '2023-12-31')
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 20))
  .map(maskS2clouds)
  .median()
  .clip(region);

// Add Sentinel-2 visualization parameters
var imageVisParam = {
  bands: ['B4', 'B3', 'B2'],
  min: 0, max: 0.3, gamma: 1.4
};
var imageVisParam2 = {
  bands: ['B6', 'B5', 'B3'],
  min: 0, max: 0.3, gamma: 1.4
};

// Add Sentinel-2 layer to map
Map.addLayer(image, imageVisParam, 'Sentinel-2 (B4-B3-B2)');
Map.addLayer(image, imageVisParam2, 'Sentinel-2 (B6-B5-B3)');
```

Gambar 5 Visualisasi citra Sentinel-2 dengan filter awan dan parameter warna di Google Earth Engine.

3) Pengolahan Citra Sentinel-1

Citra Sentinel-1 diolah dengan mempertimbangkan orbit ascending dan descending serta menggunakan dua polaritas, VV dan VH. Proses ini menghasilkan citra komposit yang difilter dengan metode median untuk mengurangi noise, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6.

```
var image2 = sentinel1.filterBounds(region)
  .filterDate('2023-01-01', '2023-12-31')
  .filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation', 'VV'))
  .filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation', 'VH'))
  .filter(ee.Filter.eq('instrumentMode', 'IW'));
var desc = image2.filter(ee.Filter.eq('orbitProperties_pass', 'DESCENDING'));
var asc = image2.filter(ee.Filter.eq('orbitProperties_pass', 'ASCENDING'));
print(desc.size(), 'Descending images count');
print(asc.size(), 'Ascending images count');

// Create Sentinel-1 composite from ascending and descending orbits
var compositeSentinel1 = ee.Image.cat([
  asc.select('VH').mean().rename('VH_asc'),
  asc.select('VV').mean().rename('VV_asc'),
  desc.select('VH').mean().rename('VH_desc')
]).focal_median().clip(region);

// Add Sentinel-1 layer to map
Map.addLayer(compositeSentinel1, {min: [-25, -20, -25], max: [0, 10, 0]}, 'Sentinel-1');
```

Gambar 6. Komposit citra Sentinel-1 dari orbit ascending dan descending.

C. Klasifikasi dengan Random Forest

Bagian ini menjelaskan penerapan algoritma Random Forest untuk klasifikasi tutupan lahan berdasarkan data yang telah diolah. Klasifikasi ini dilakukan dengan membentuk data pelatihan serta menerapkan model untuk menghasilkan peta klasifikasi.

1) Pembentukan Data Pelatihan

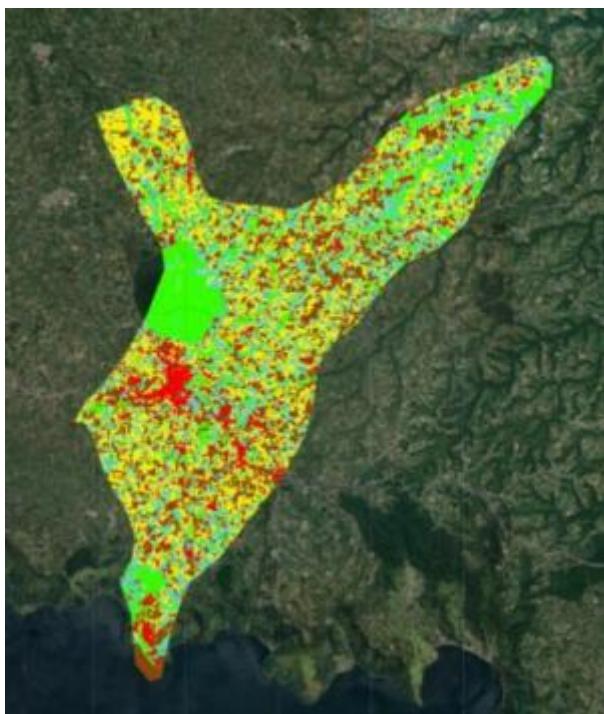
Pengambilan sampel dilakukan untuk lima kelas tutupan lahan: perkebunan jeruk, vegetasi tinggi, lahan terbangun, tanah kosong, dan vegetasi rendah. Klasifikasi jenis lahan dan kode warna untuk area penelitian ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi jenis lahan dan kode warna untuk area penelitian.

I D	Nama Kelas	Kode Warna	Deskripsi
0	Perkebunan Jeruk	#fdf100	Area yang digunakan untuk budidaya jeruk, terutama jeruk Siam atau Keprok, dengan pola tanaman yang teratur dan rapat.
1	Vegetasi Tinggi	#36ff00	Area dengan tanaman tinggi lebih dari 2 meter, seperti pohon besar atau hutan, yang mendominasi kawasan tersebut.
2	Lahan Terbangun	#ff0000	Area yang telah mengalami perubahan menjadi bangunan atau infrastruktur, seperti perumahan, jalan, dan gedung.
3	Tanah Kosong	#8e4806	Area yang tidak dimanfaatkan untuk pertanian atau pembangunan, biasanya berupa lahan kosong atau bekas lahan pertanian.
4	Vegetasi Rendah	#138004	Area dengan tanaman rendah kurang dari 2 meter, seperti padang rumput, semak, atau vegetasi yang tidak terlalu tinggi.

2) Pelatihan Model *Random Forest*

Model *Random Forest* dilatih menggunakan kombinasi data Sentinel-1 dan Sentinel-2 dengan 400 pohon keputusan (trees). Proses ini menghasilkan klasifikasi tutupan lahan yang divisualisasikan dalam Gambar 7.



Gambar 7 Peta hasil klasifikasi dengan Random Forest.

D. Evaluasi Model Klasifikasi

Bagian ini membahas evaluasi model klasifikasi menggunakan *confusion matrix* dan perhitungan koefisien Kappa untuk menilai akurasi model. Evaluasi ini penting untuk memastikan bahwa model yang diterapkan memiliki tingkat kepercayaan yang tinggi.

1) Confusion Matrix

Evaluasi model dilakukan menggunakan confusion matrix, yang memberikan gambaran mengenai seberapa baik model dalam mengklasifikasikan masing-masing kelas tutupan lahan. Tabel 3.2 menunjukkan matriks kebingungannya, yang menunjukkan akurasi prediksi untuk setiap kelas tutupan lahan.

Tabel 3. *Confusion Matrix* untuk Evaluasi Klasifikasi

Kelas Prediksi	PJ	VT	LT	TK	VR
Perkebunan Jeruk	90%	5%	2%	1%	2%
Vegetasi Tinggi	3%	91%	2%	1%	3%
Lahan Terbangun	1%	2%	95%	1%	1%
Tanah Kosong	2%	1%	3%	92%	2%
Vegetasi Rendah	1%	3%	2%	2%	92%

Ket:

- PJ = Perkebunan Jeruk
- VT = Vegetasi Tinggi
- LT = Lahan Terbangun
- TK = Tanah Kosong
- VR = Vegetasi Rendah

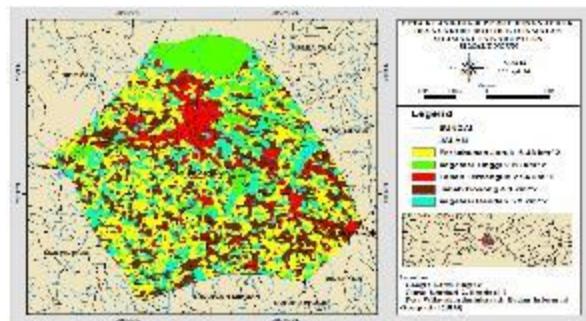
2) Evaluasi Koefisien Kappa

Evaluasi koefisien Kappa digunakan untuk mengukur kesepakatan antara klasifikasi model dan klasifikasi lapangan. Koefisien Kappa yang dihitung menunjukkan nilai 0.89, yang menunjukkan bahwa model klasifikasi memiliki tingkat keakuratan yang sangat baik. Koefisien Kappa ini menunjukkan bahwa

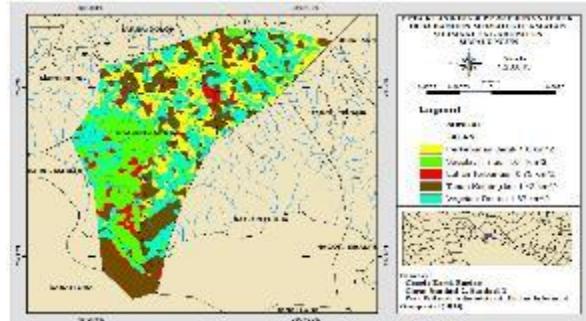
model memiliki tingkat keandalan yang tinggi dalam mengklasifikasikan jenis lahan.

E. Analisis Visual Hasil Klasifikasi

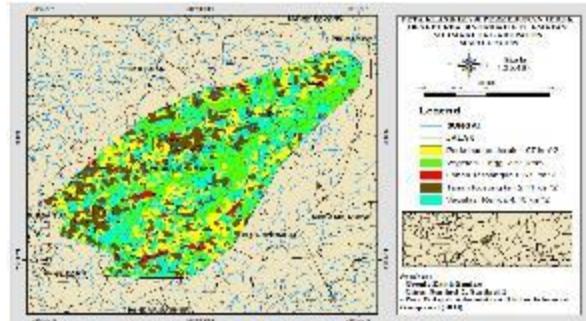
Bagian ini menunjukkan hasil visualisasi dari klasifikasi tutupan lahan yang dihasilkan oleh model *Random Forest*. Visualisasi ini memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai sebaran masing-masing kelas tutupan lahan di wilayah penelitian. Gambar 8 menunjukkan peta hasil klasifikasi yang terperinci, yang membedakan dengan jelas area perkebunan jeruk, vegetasi tinggi, dan lahan terbangun.



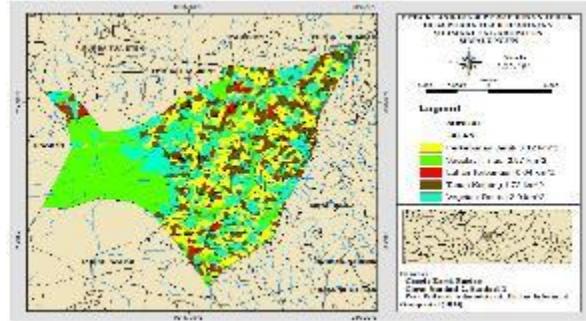
(a)



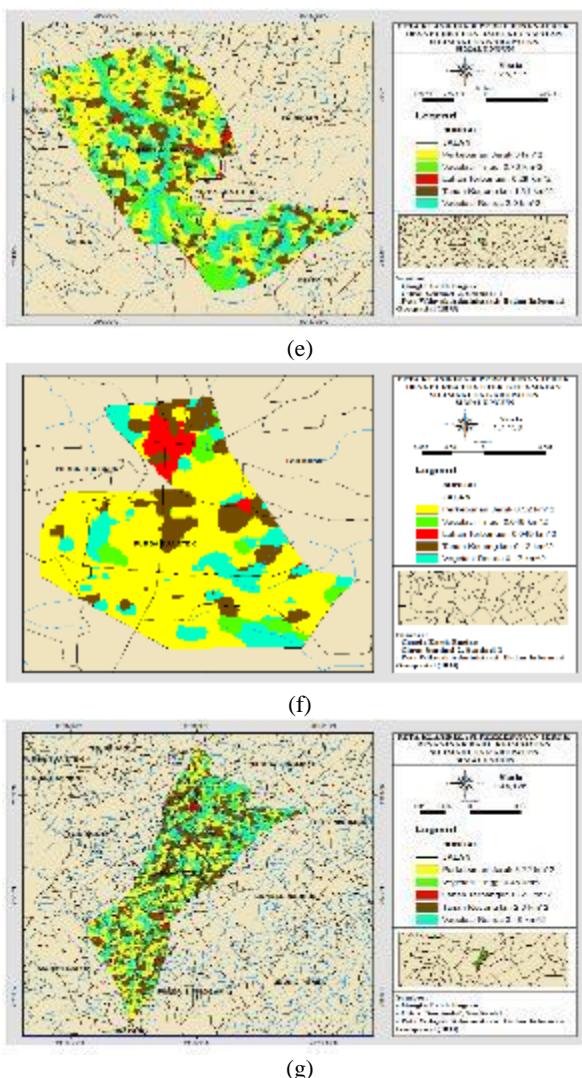
(b)



(c)



(d)



Gambar 8. Peta Klasifikasi Desa Saribu Dolok (a),Peta Klasifikasi Desa Bangun Meriah (b),Peta Klasifikasi Desa Purba Sinombah (c),Peta Klasifikasi Purba Tua (d), Peta Klasifikasi Purba Tua Baru (e),Peta Klasifikasi Desa Purba Tua Etek (f),Peta Klasifikasi Desa Sinar Baru (g).

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan model klasifikasi tutupan lahan menggunakan algoritma *Random Forest* yang didukung oleh *platform Google Earth Engine* untuk pemetaan area perkebunan jeruk di Kecamatan Silimakuta, Kabupaten Simalungun. Berdasarkan hasil pengujian, model *Random Forest* menunjukkan akurasi yang sangat tinggi, mencapai 97%, dengan koefisien Kappa sebesar 96,3%, yang menandakan tingkat kesesuaian yang tinggi antara hasil prediksi dan data aktual. Penggunaan citra satelit Sentinel-2 dan Sentinel-1 terbukti efektif dalam mendukung klasifikasi berbagai kelas tutupan lahan, dengan kontribusi signifikan dari fitur VH *descending* (Sentinel-1) dalam mengurangi ketidakmurnian data dan meningkatkan akurasi klasifikasi. Meskipun model ini memberikan hasil yang memuaskan dalam pemetaan lahan perkebunan jeruk, analisis visual menunjukkan adanya beberapa kesalahan klasifikasi, terutama pada

area dengan pola tanam yang heterogen. Kesalahan ini terjadi pada area perkebunan jeruk yang teridentifikasi sebagai vegetasi rendah atau vegetasi tinggi, serta pada area non-perkebunan yang terklasifikasikan sebagai perkebunan jeruk. Oleh karena itu, meskipun model ini memiliki performa yang baik, masih diperlukan perbaikan lebih lanjut untuk menangani pola tanam yang lebih kompleks dan meningkatkan akurasi klasifikasi di area dengan pola tanam heterogen.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan pemetaan perkebunan jeruk berbasis citra satelit dengan menggunakan algoritma *Random Forest*, yang dapat diaplikasikan lebih luas pada pemetaan tutupan lahan lainnya, meskipun terdapat ruang untuk perbaikan dalam klasifikasi area dengan pola tanam yang bervariasi.

V. REFERENSI

- [1] S. Mananze, I. Pôças, and M. Cunha, “Mapping and assessing the dynamics of shifting agricultural landscapes using google earth engine cloud computing, a case study in Mozambique,” *Remote Sens (Basel)*, vol. 12, no. 8, Apr. 2020, doi: 10.3390/RS12081279.
- [2] A. Paludo, W. R. Becker, J. Richetti, L. C. D. A. Silva, and J. A. Johann, “Mapping summer soybean and corn with remote sensing on Google Earth Engine cloud computing in Parana state–Brazil,” *Int J Digit Earth*, vol. 13, no. 12, pp. 1624–1636, 2020, doi: 10.1080/17538947.2020.1772893.
- [3] D. W. Triscowati, W. Pura Buana, and A. H. Marsuhandi, “Pemetaan Potensi Lahan Jagung menggunakan Citra Satelit dan Random Fores Pada GEE (Dwi Wahyu Triscowati, dkk) Pemetaan Potensi Lahan Jagung Menggunakan Citra Satelit Dan Random Forest Pada Cloud computing Google Earth Engine Studi Kasus di 10 Kabupaten Jawa Timur (Mapping Corn Potential Area Using Satellite Imagery And Random Forest On Google Earth Engine Cloud Computing).”
- [4] Z. Hidayah, H. A. Rachman, and A. R. As-Syakur, “Pemetaan kondisi hutan mangrove di kawasan pesisir Selat Madura dengan pendekatan Mangrove Health Index memanfaatkan citra satelit Sentinel-2,” *Majalah Geografi Indonesia*, vol. 37, no. 1, p. 84, Mar. 2023, doi: 10.22146/mgi.78136.
- [5] S. Dimitriadou and K. G. Nikolakopoulos, “Reference evapotranspiration (Eto) methods implemented as arcmap models with remote-sensed and ground-based inputs, examined along with modis et, for peloponnese, greece,” *ISPRS Int J Geoinf*, vol. 10, no. 6, Jun. 2021, doi: 10.3390/ijgi10060390.
- [6] L. Somantri, “Pemetaan mobilitas penduduk di kawasan pinggiran Kota Bandung,” *Majalah Geografi Indonesia*, vol. 36, no. 2, p. 95, Jun. 2022, doi: 10.22146/mgi.70636.
- [7] M. Schonlau and R. Y. Zou, “The random forest algorithm for statistical learning,” *Stata Journal*, vol. 20, no. 1, pp. 3–29, Mar. 2020, doi: 10.1177/1536867X20909688.
- [8] W. Siska, W. Widiatmaka, Y. Setiawan, and S. H. Adi, “Pemetaan Perubahan Lahan Sawah Kabupaten Sukabumi Menggunakan Google Earth Engine,” *TATALOKA*, vol. 24, no. 1, pp. 74–83, Apr. 2022, doi: 10.14710/tataloka.24.1.74-83.