

Analisis Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Algoritma CART untuk Evaluasi Kesesuaian Lahan Terhadap RTRW Kabupaten Tangerang

Gheo Damai Ramadhan¹, Hary Nugroho²

Program Studi Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional Bandung, 40124, Indonesia

Email: gheodamai@gmail.com¹

Received 15 Januari 2025 | Revised 25 Januari 2025 | Accepted 2 Februari 2025

ABSTRAK

Kabupaten Tangerang mengalami pertumbuhan penduduk pesat yang mendorong perubahan tutupan lahan. Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) 2020 digunakan sebagai panduan pemanfaatan lahan, dengan klasifikasi utama: lahan terbangun, badan air, vegetasi, dan lahan terbuka. Penelitian ini menganalisis perubahan tutupan lahan menggunakan algoritma Classification and Regression Trees (CART) pada citra Sentinel-2A tahun 2019 dan 2023 di Google Earth Engine. Hasil menunjukkan peningkatan luas bangunan dan lahan terbuka masing-masing 19,866 km² dan 17,877 km², sementara vegetasi dan badan air menurun 33,446 km² dan 4,297 km². Akurasi klasifikasi mendapatkan 89,36% (2019) dan 90,29% (2023). Selain itu, kesesuaian tutupan lahan dengan RTRW meningkat 36,71 km² atau 4%. Hasil ini menunjukkan efektivitas metode CART dalam memantau perubahan tutupan lahan serta relevansinya dengan kebijakan tata ruang di Kabupaten Tangerang.

Kata Kunci : Tutupan lahan; Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), Google Earth Engine (GEE), Classification and Regression Trees (CART), Penginderaan jauh.

ABSTRACT

Tangerang Regency is experiencing rapid population growth that is driving land cover change. The 2020 Regional Spatial Plan (RTRW) is used as a guide for land use, with the main classifications: built-up land, water bodies, vegetation, and open land. This study analyzed land cover change using the Classification and Regression Trees (CART) algorithm on 2019 and 2023 Sentinel-2A images in Google Earth Engine. The results showed an increase in building area and open land of 19.866 km² and 17.877 km² respectively, while vegetation and water bodies decreased by 33.446 km² and 4.297 km². The classification accuracy was 89.36% (2019) and 90.29% (2023). In addition, land cover conformity with the RTRW increased by 36.71 km² or 4%. These results demonstrate the effectiveness of the CART method in monitoring land cover change and its relevance to spatial policy in Tangerang District.

Keywords: Land cover, Regional Spatial Plan (RTRW), Supervised Classification, Google Earth Engine (GEE), Classification and Regression Trees (CART), Remote sensing

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Tangerang, yang terletak di bagian timur Provinsi Banten, mencakup 29 kecamatan dengan luas sekitar 103.454 hektar [1]. Dalam periode 2019 hingga 2023, jumlah penduduk di wilayah ini meningkat sebesar 514.396 jiwa [2], yang memicu tantangan signifikan dalam pengelolaan lahan. Pertumbuhan penduduk yang pesat telah mendorong peningkatan permintaan lahan terbangun, mengakibatkan alih fungsi lahan yang mengancam tata ruang dan lingkungan [3]. Tutupan lahan, yang mencakup segala jenis ketampakan permukaan bumi pada lahan tertentu [4], menjadi faktor penting dalam memahami perubahan yang terjadi.

Teknik penginderaan jauh merupakan alat esensial dalam memantau perubahan tutupan lahan. Penginderaan jauh telah terbukti efektif dalam menyediakan informasi spasial secara cepat, luas, dan akurat [5]. Pada Desember 2010, Google memperkenalkan *Google Earth Engine (GEE)*, sebuah platform komputasi berbasis *cloud* yang menyediakan katalog data penginderaan jauh berkapasitas multipetabyte dan algoritma *machine learning*. Kehadiran GEE memberikan kesempatan baru bagi peneliti dalam mengidentifikasi tutupan lahan dengan lebih efisien [6]. Salah satu algoritma yang digunakan dalam klasifikasi tutupan lahan adalah *Classification and Regression Tree (CART)*, yang merupakan teknik eksplorasi data *decision tree* untuk tugas klasifikasi dan regresi

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan tutupan lahan serta kesesuaiannya dengan pola ruang dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Tangerang pada tahun 2019 dan 2023. Metode klasifikasi yang digunakan adalah klasifikasi terbimbing (*supervised learning*) dengan algoritma CART. Data yang digunakan meliputi citra satelit Sentinel-2A, data RTRW yang telah direklasifikasi, dan data administrasi Kabupaten Tangerang.

2. METODOLOGI

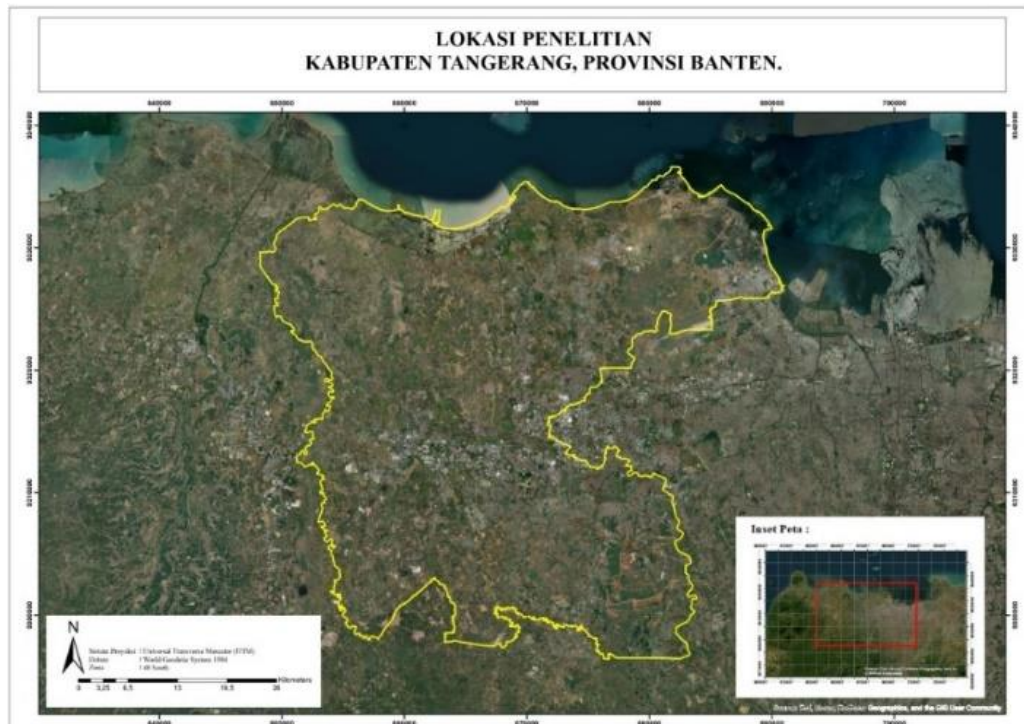
2.1 Fungsi dan Tutupan Lahan

Klasifikasi penggunaan lahan memegang peran yang sangat penting, karena pembagian kelas ini dapat digunakan sebagai input dalam perencanaan pembangunan berkelanjutan [8]. Fungsi lahan merujuk pada peruntukan atau pemanfaatan suatu area lahan yang didasarkan pada kebijakan tata ruang dan perencanaan wilayah. Setiap fungsi lahan ditetapkan untuk memenuhi tujuan tertentu, seperti permukiman, industri, pertanian, atau kawasan konservasi, sesuai dengan kebutuhan pembangunan dan pelestarian lingkungan. Dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), terdapat berbagai kelas fungsi lahan yang menggambarkan penggunaan lahan berdasarkan kebijakan tata ruang. Namun, memantau perubahan fungsi lahan melalui citra satelit sering kali menjadi tantangan, karena tidak semua fungsi lahan dapat diidentifikasi secara langsung melalui citra satelit.

Untuk mengatasi kesulitan ini, dilakukan reklasifikasi fungsi lahan menjadi kelas-kelas tutupan lahan yang lebih sederhana dan dapat dikenali melalui citra satelit. Tutupan lahan merujuk pada penutup fisik yang ada di permukaan bumi, seperti vegetasi, bangunan, badan air, dan tanah kosong. Dengan menggunakan citra satelit, kelas-kelas tutupan lahan ini dapat diidentifikasi dan dianalisis untuk memantau perubahan yang terjadi seiring waktu. Dalam penelitian ini, kelas tutupan lahan disederhanakan menjadi empat kategori utama: bangunan, badan air, vegetasi, dan tanah kosong. Melalui citra satelit, seperti Sentinel-2A, perubahan tutupan lahan dapat dipantau dengan lebih akurat dan berkelanjutan, sehingga memungkinkan evaluasi terhadap kesesuaian antara perubahan tutupan lahan dengan rencana tata ruang yang ada.

2.2 Area Studi

Berikut adalah gambar lokasi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Area Studi

Studi ini dilakukan di Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten, Indonesia. Pusat pemerintahan kabupaten ini berada di Kecamatan Tigaraksa, dan secara geografis terletak di bagian timur Provinsi Banten. Kabupaten Tangerang berada pada koordinat $106^{\circ}20'-106^{\circ}44'$ Bujur Timur dan $5^{\circ}58'-6^{\circ}21'$ Lintang Selatan. Mayoritas wilayah Kabupaten Tangerang merupakan dataran rendah. Sungai Cisadane, sungai terpanjang di wilayah ini, mengalir dari selatan dan bermuara di Laut Jawa. Kabupaten Tangerang berperan sebagai wilayah penyangga sekaligus kawasan berkembang bagi ibu kota Jakarta. Secara topografis, wilayah ini memiliki karakteristik yang relatif datar, dengan kemiringan tanah rata-rata 0-8% yang menurun ke arah utara. Ketinggian wilayah bervariasi antara 0 hingga 50 meter di atas permukaan laut. Bagian utara kabupaten ini terdiri dari daerah pesisir dan sebagian besar kawasan urban, bagian timur merupakan wilayah pedesaan dan pemukiman, sedangkan bagian barat didominasi oleh kawasan industri dan pengembangan perkotaan.

2.3 Data Penelitian

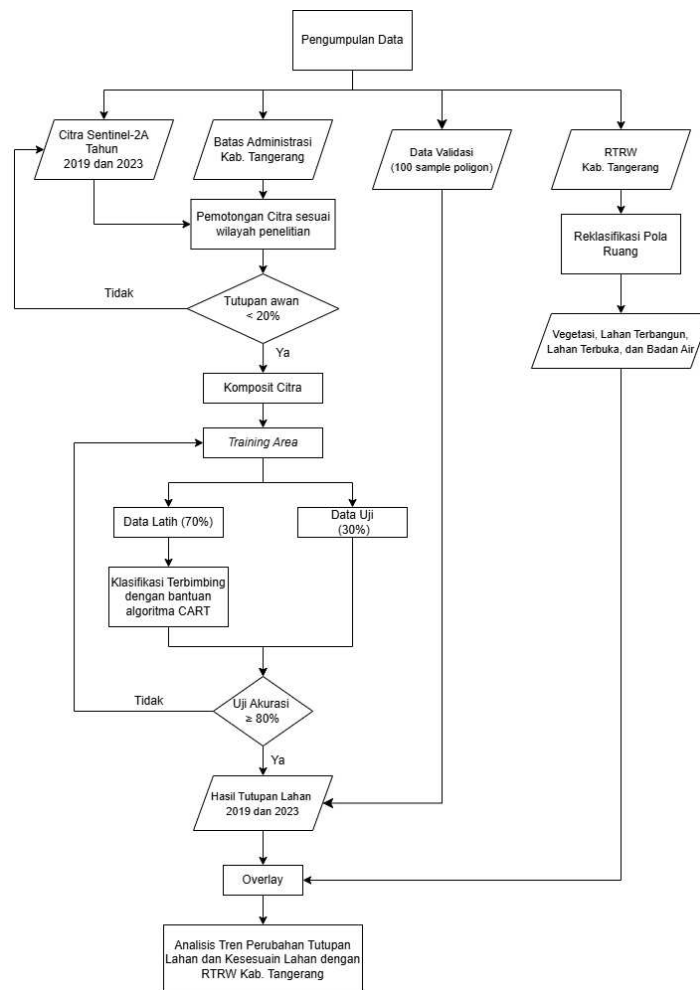
Data yang digunakan dalam penelitian ini, sebagaimana disajikan pada Tabel 1, berasal dari beberapa instansi terkait dan mencakup informasi penting untuk mendukung studi ini.

Tabel 1. Data Penelitian

No.	Data	Tahun	Sumber
1.	Batas Administrasi Kabupaten Tangerang	2020	Dinas Tata Ruang dan Bangunan (DTRB) Kabupaten Tangerang
2.	Citra Satelit Sentinel-2A	2019 dan 2023	Copernicus
3.	RTRW Kabupaten Tangerang 2011-2031 (Pembaharuan)	2020	Dinas Tata Ruang dan Bangunan (DTRB) Kabupaten Tangerang

2.4 Diagram Alir Penelitian

Perancangan penelitian ini dilakukan mengikuti metodologi yang diuraikan pada Gambar 2. Penjelasan rinci terkait diagram alir tersebut telah disampaikan pada sub bab Pengolahan Data dan Analisis Data.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.5 Metode Classification and Regression Tree (CART)

Classification and Regression Tree (CART) merupakan algoritma yang berasal dari teknik pohon keputusan, yang juga dikenal sebagai *decision trees*. CART adalah algoritma statistik non-parametrik yang dapat digunakan untuk memprediksi variabel respons berdasarkan satu atau lebih variabel prediktor atau variabel independen [9].

Penggunaan analisis CART memiliki beberapa keunggulan, antara lain:

1. Bentuknya merupakan metode statistik non-parametrik, sehingga tidak memerlukan asumsi distribusi data maupun uji hipotesis.
2. Tidak memerlukan pemilihan variabel terlebih dahulu.
3. Efisien dalam perhitungan.
4. Mampu menangani *dataset* dengan struktur yang kompleks.
5. Tangguh dalam menghadapi *outlier*, di mana *outlier* biasanya diisolasi dalam satu atau beberapa *node*.
6. Dapat menggabungkan data kontinu/numerik dan kategorikal.
7. Hasil analisis CART tetap konsisten meskipun variabel respons mengalami transformasi monoton, seperti perubahan skala atau satuan.

Dalam algoritma CART, setiap sampel yang digunakan harus mempertimbangkan pola spektral pada panjang gelombang tertentu untuk memastikan bahwa daerah acuan yang dipilih dapat mewakili objek yang dimaksud [10]. Secara keseluruhan, analisis CART merupakan metode yang kuat dan fleksibel untuk pengklasifikasian data, dengan kemampuan memberikan interpretasi yang jelas melalui struktur pohon keputusan [11].

2.6 Matriks Konfusi (*Confusion Matrix*)

Matriks konfusi merupakan salah satu alat yang menunjukkan dan membandingkan *actual value* atau nilai sebenarnya dengan nilai hasil prediksi model. Alat ini dapat diperuntukkan untuk menghasilkan matriks evaluasi seperti *producer accuracy*, *user accuracy*, *overall accuracy*, dan *kappa accuracy* [12]. Tabel ilustrasi matriks konfusi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. *Confusion Matrix* [12]

Data hasil klasifikasi	Data uji klasifikasi			Total Baris	<i>Producer Accuracy</i>	Kesalahan Omisi
	A	B	C			
A	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{+1}		
B	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{+2}		
C	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{+3}		
Total Kolom	X_{1+}	X_{2+}	X_{3+}	N		
<i>User accuracy</i>					X_{ii}	
Kesalahan Omisi						
<i>Overall Accuracy</i>						
<i>Kappa Accuracy</i>						

Berbagai rumus yang digunakan untuk menghitung matriks konfusi antara lain yang dijelaskan dalam [12] ada pada keterangan berikut.

$$Producer\ Accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{i+}} \times 100\% \quad (1)$$

$$User\ Accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \times 100\% \quad (2)$$

$$Kesalahan\ omisi = 100\% - Producer\ accuracy \quad (3)$$

$$Kesalahan\ komisi = 100\% - User\ accuracy \quad (4)$$

$$Overall\ accuracy = \left(\frac{\sum_{i=1}^r X_{ii}}{N} \right) \times 100\% \quad (5)$$

$$Kappa\ accuracy = \left(\frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} \cdot X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} \cdot X_{+i})} \right) \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

N : Banyaknya piksel dalam contoh

X_{1+} : Jumlah piksel dalam baris ke-i

X_{+1} : Jumlah piksel dalam kolom ke-i

X_{ii} : Nilai diagonal dari matriks kontingen baris ke-i dan kolom ke-i

Citra hasil pengolahan memiliki akurasi baik dimana syarat minimum *overall accuracy* adalah 80% [3]. Sedangkan untuk *kappa accuracy*, dikategorikan menjadi 6 kelas [13]. Kategori kelas akurasi *kappa* sebagai berikut.

Tabel 3. Kategori Kelas Akurasi Kappa [4]

Nilai akurasi kappa	Keterangan
<0%	<i>Less than chance agreement</i>
1% – 20%	<i>Slight agreement</i>
21% – 40%	<i>Fair agreement</i>
41% – 60%	<i>Moderate agreement</i>
61% – 80%	<i>Substantial agreement</i>
81% – 99%	<i>Almost perfect agreement</i>

Tabel 3 mengklasifikasikan kesepakatan antar-penilai dalam hal nilai kappa namun dapat diketahui nilai kappa itu sendiri adalah statistik peluang. Untuk mengevaluasi apakah kappa yang diamati signifikan secara statistik, disarankan untuk memberikan nilai P atau interval kepercayaan. Meskipun nilai P menunjukkan apakah kappa berbeda dari nol secara kebetulan, kekuatan kesepakatan tidak tercermin dalam nilai P itu sendiri. Selain itu, nilai P dan interval kepercayaan bergantung pada ukuran sampel. Dengan demikian, kappa yang kecil sekalipun dapat menjadi signifikan secara statistik jika sampelnya besar. Penggunaan perangkat lunak dalam penghitungan metrik ini memastikan akurasi dalam interpretasi tingkat kesepakatan.

2.7 Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW)

Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) adalah dokumen perencanaan yang menyusun tata ruang untuk suatu wilayah, termasuk seluruh unsur terkait, dengan batasan dan sistem yang ditentukan berdasarkan aspek administratif [14]. Pemerintah Pusat mewajibkan pemerintah daerah untuk menyusun RTRW guna mengatur penataan ruang di wilayahnya. RTRW terbagi dalam tiga hierarki: Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional, Provinsi, dan Kabupaten/Kota. Dokumen ini mencakup ruang darat, laut, udara, dan ruang bawah tanah, serta berfungsi sebagai pedoman pelaksanaan pembangunan wilayah [7]. Tujuan utama tata ruang adalah mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya daerah melalui pengelolaan ruang yang efektif, mencakup perencanaan, pengendalian, dan pengaturan. Skala ketelitian peta RTRW ditentukan berdasarkan tingkat wilayah: 1:250.000 untuk Provinsi, 1:50.000 untuk Kabupaten, dan 1:25.000 untuk Kota [14].

2.8 Pengolahan Data

Penelitian ini dimulai mengumpulkan data-data yang diperlukan, selanjutnya menetapkan batas wilayah penelitian menggunakan file *shapefile* yang diunggah ke *Google Earth Engine* untuk menentukan batas administratif wilayah yang akan diteliti. Selanjutnya, citra satelit Sentinel-2A dipilih berdasarkan rentang waktu tertentu untuk memperoleh citra terbaik. Dalam penelitian ini, citra yang digunakan mencakup periode dari 1 Januari 2019 hingga 31 Desember 2019, serta dari 1 Januari 2023 hingga 31 Desember 2023. Setelah pemilihan citra, dilakukan kombinasi band untuk visualisasi, di mana band 4 digunakan sebagai kanal merah, band 3 sebagai kanal hijau, dan band 2 sebagai kanal biru.

Pada tahap berikutnya, kanal dan indeks spektral yang akan digunakan dalam klasifikasi ditentukan. Kanal yang dipilih memiliki resolusi spasial 10 m dan mencakup *kanal near-infrared* (NIR), yaitu kanal 2, 3, 4, dan kanal 8. Indeks spektral yang digunakan meliputi *Simple Ratio (SR)* atau *Ratio Vegetation Index (RVI)* serta *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*. Indeks-indeks ini dipilih untuk mengidentifikasi karakteristik spesifik dalam citra yang tidak dapat terlihat hanya dengan satu band tunggal. Selanjutnya, area latih dibentuk di *Google Earth Engine* berdasarkan kelas tutupan lahan yang telah ditentukan, yaitu vegetasi, badan air, lahan terbangun, dan lahan terbuka. Sebanyak 300 sampel poligon dikumpulkan dan dibagi menjadi dua kelompok: data latih (210 sampel poligon, 70%) dan data uji (90 sampel poligon, 30%). Pemilihan sampel untuk penelitian ini dilakukan secara langsung berdasarkan identifikasi visual dan analisis citra satelit Sentinel-2A pada *Google Earth Engine*. Untuk pemilihan data validasi diambil 100 sampel poligon dari *Google Earth Pro*. Data latih digunakan untuk

membangun model klasifikasi, sementara data uji digunakan untuk mengevaluasi akurasi model tersebut dan data validasi digunakan untuk melihat *overfitting*.

Proses klasifikasi terbimbing dilakukan menggunakan algoritma CART di *Google Earth Engine*. Algoritma ini dipilih karena kemampuannya dalam mengelompokkan data secara akurat. Data latih digunakan untuk membangun model, yang kemudian digunakan untuk menghasilkan hasil klasifikasi. Akhirnya, uji akurasi dilakukan untuk menilai ketelitian dan kesalahan dalam klasifikasi. Akurasi hasil klasifikasi dievaluasi menggunakan matriks konfusi untuk menghitung nilai akurasi. Menurut [1], citra hasil pengolahan dianggap akurat jika nilai *overall accuracy* mencapai minimal 80%. Data uji diperoleh dari citra satelit dengan sampel yang berbeda dari yang digunakan dalam pelatihan model.

Proses selanjutnya adalah *overlay* dengan *tools overlay intersect* antara hasil klasifikasi tutupan lahan 2019 dan 2023 dengan pola ruang Kabupaten Tangerang dilakukan di ArcMap 10.8, kemudian dapat melihat hasil kesesuaiannya untuk dilakukan analisis.

2.9 Analisis Data

Tahapan analisis dalam penelitian ini melibatkan dua kegiatan utama: analisis kecenderungan perubahan tutupan lahan di Kabupaten Tangerang dari 2019 hingga 2023, serta analisis kesesuaian tutupan lahan dengan Pola Ruang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Tangerang tahun 2011 yang diperbaharui tahun 2020. Analisis kecenderungan perubahan tutupan lahan bertujuan untuk mengidentifikasi tren perubahan tutupan lahan dari tahun ke tahun. Dalam tahap ini, luas masing-masing kelas tutupan lahan yang telah diklasifikasikan dihitung dan dianalisis untuk mengidentifikasi pola perubahan. Sementara itu, analisis kesesuaian tutupan lahan dengan RTRW dilakukan dengan membandingkan data tutupan lahan setiap tahun dengan data Pola Ruang RTRW yang telah direklasifikasi. Luas setiap kelas tutupan dihitung dan dibandingkan dengan data RTRW, baik dari segi posisi maupun luasannya. Kedua analisis ini memberikan wawasan mengenai dinamika perubahan tutupan lahan serta tingkat kesesuaian antara tutupan lahan aktual dengan perencanaan tata ruang yang telah ditetapkan.

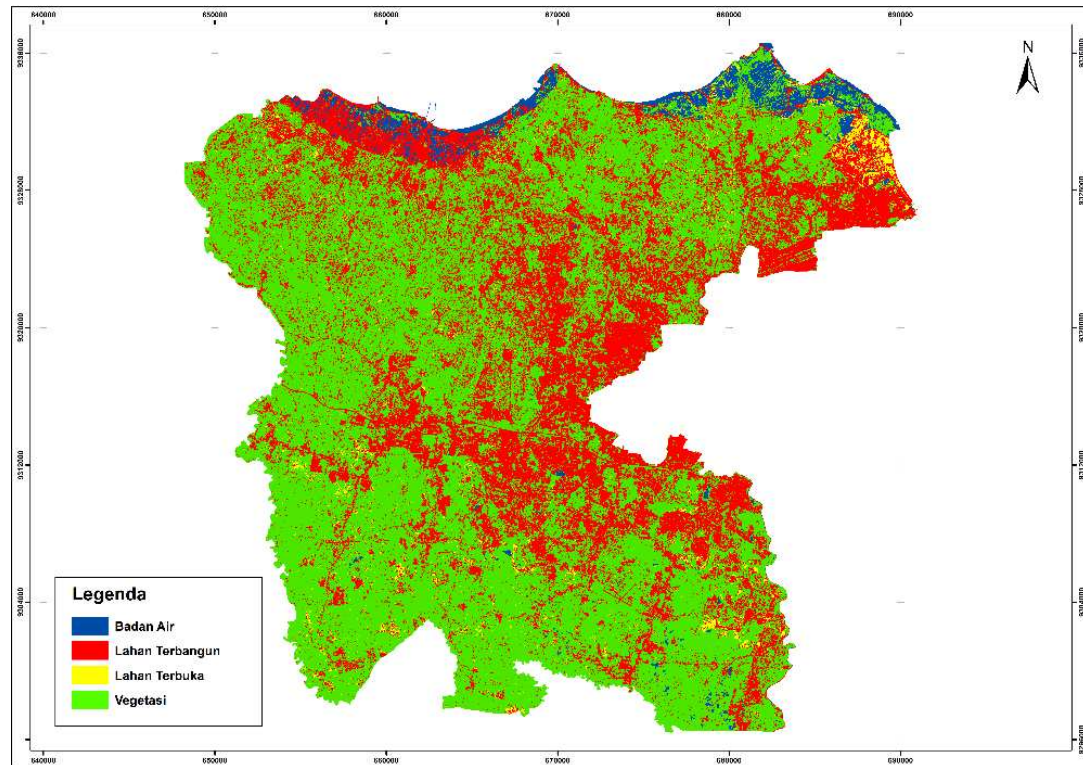
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil dan Analisis Tutupan Lahan 2019 dan 2023

Metode *Classification and Regression Tree* (CART) yang digunakan dalam penelitian ini mengklasifikasikan tutupan lahan dengan cara mengelompokkan piksel-piksel citra menjadi beberapa kelas berdasarkan sampel piksel pelatihan (*training*). Klasifikasi tutupan lahan di Kabupaten Tangerang untuk tahun 2019 dan 2023 dibagi menjadi empat kelas utama. Pengelompokan kelas ini didasarkan pada kemampuan satelit dalam mengidentifikasi objek di permukaan bumi. Jenis-jenis kelas yang digunakan dalam klasifikasi ini dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Kesesuaian Tutupan Lahan dengan RTRW

No.	Kelas	Value
1.	Vegetasi	0
2.	Lahan Terbangun	1
3.	Lahan Terbuka	2
4.	Badan Air	3



Gambar 3. Peta Tutupan Lahan Kabupaten Tangerang Tahun 2019

Tabel 5. Matriks Konfusi Hasil Klasifikasi Data Uji Tutupan Lahan 2019

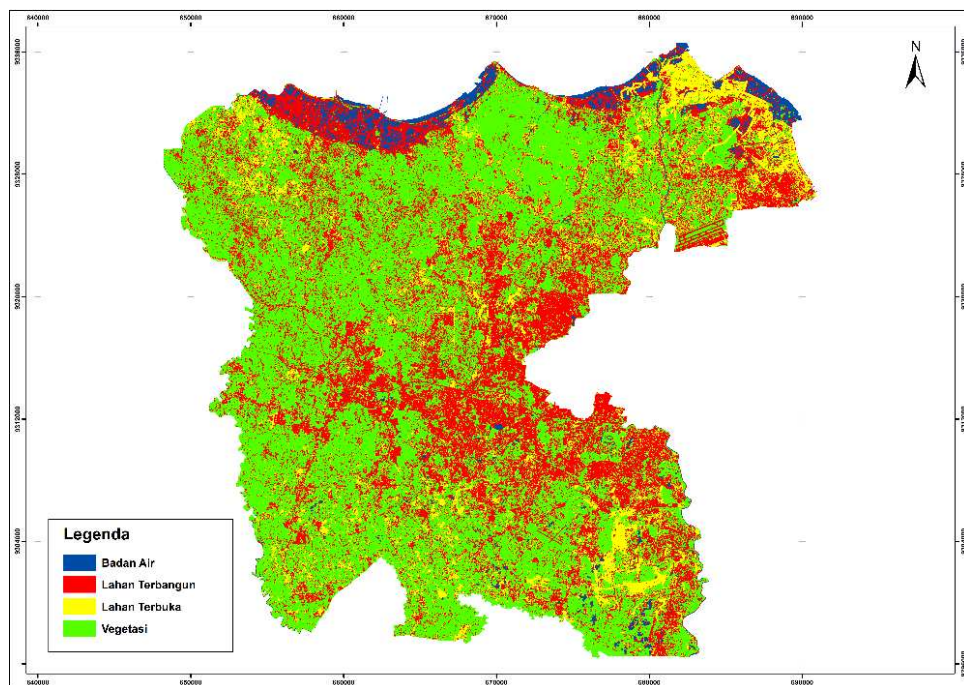
Sampel	0	1	2	3	Total	Producer Accuracy	Omisi
0	1480	68	12	0	1560	94,8718	5,12821
1	103	1058	37	0	1198	88,3139	11,6861
2	108	78	426	0	612	69,6078	30,3922
3	1	0	0	453	454	99,7797	0,22026
Total	1692	1204	475	453	3824 (N)		
<i>User Accuracy</i>	87,4704	87,8738	89,6842	100		3417 (xii)	
Komisi	12,5296	12,1262	10,3158	0			
<i>Overall Accuracy</i>				89,35669456			
<i>Kappa Accuracy</i>				84,50558314			

Tabel 6. Matriks Konfusi Hasil Klasifikasi Data Validasi Tutupan Lahan 2019

Sampel	0	1	2	3	Total	Producer Accuracy	Omisi
0	1594	20	48	6	1668	95,5636	4,43645
1	39	1260	50	3	1352	93,1953	6,80473
2	30	43	231	2	306	75,4902	24,510
3	6	7	11	474	498	95,1807	4,81928
Total	1669	1330	340	485	3824 (N)		
User Accuracy	95,5063	94,7368	67,9412	97,7320		3559 (xii)	
Komisi	4,49371	5,26316	32,0588	2,26804			
Overall Accuracy				93,0700837			
Kappa Accuracy				89,5479835			

Pada klasifikasi tahun 2019 memiliki *overall accuracy* yaitu 89% dapat dilihat pada Tabel 5, dimana *accuracy* tersebut sudah dinyatakan cukup untuk citra pengolahan klasifikasi yang di nyatakan USGS. Serta *overall accuracy* data validasi menunjukkan 93% dapat dilihat pada Tabel 6, menyatakan tidak *overfitting*.

Gambar 3 menunjukkan bahwa tutupan lahan di Kabupaten Tangerang pada tahun 2019 didominasi oleh kelas vegetasi, yang mencakup area seluas 813,482 km² atau 79% dari total area. Kelas lahan terbangun menempati posisi kedua dengan luas 155,949 km² atau 15%. Selanjutnya, kelas badan air memiliki luas 19,506 km² atau 2%, sedangkan kelas lahan terbuka menempati urutan ketiga dengan total luas 45,606 km² atau 4%.



Gambar 4. Peta Tutupan Lahan Kabupaten Tangerang Tahun 2023

Tabel 7. Matriks Konfusi Hasil Klasifikasi Data Uji Tutupan Lahan 2023

Sampel	0	1	2	3	Total	Producer Accuracy	Omisi
0	1620	61	33	0	1714	94,5158	5,484
1	199	1480	41	1	1721	85,9965	14,00
2	35	88	864	0	987	87,538	12,462
3	0	10	0	387	397	97,4811	2,519
Total	1854	1639	938	388	4819 (N)		
<i>User Accuracy</i>	87,3786	90,299	92,1109	99,7423		4351 (xii)	
Komisi	12,6214	9,70104	7,88913	0,25773			
<i>Overall Accuracy</i>				90,28844159			
<i>Kappa Accuracy</i>				86,03053781			

Tabel 8. Matriks Konfusi Hasil Klasifikasi Data Validasi Tutupan Lahan 2023

Sampel	0	1	2	3	Total	Producer Accuracy	Omisi
0	1578	47	10	0	1635	96,5138	3,48624
1	92	1765	42	19	1918	92,0229	7,97706
2	14	36	514	0	564	91,1348	8,86525
3	0	20	0	682	702	97,151	2,849
Total	1684	1868	566	701	4819 (N)		
<i>User Accuracy</i>	93,7055	94,4861	90,8127	97,2896		4539 (xii)	
Komisi	6,29454	5,51392	9,18728	2,71041			
<i>Overall Accuracy</i>				94,18966591			
<i>Kappa Accuracy</i>				91,60623793			

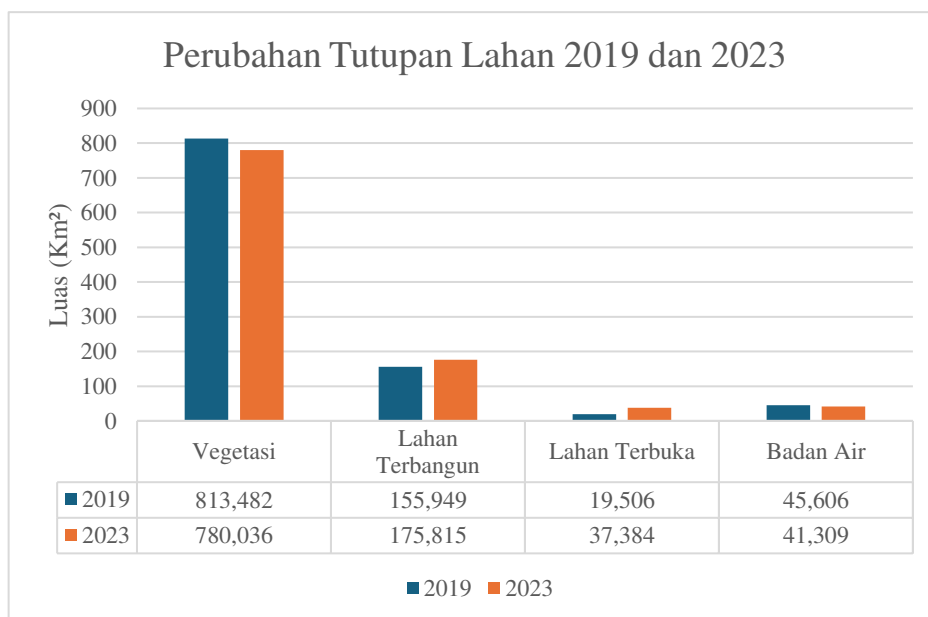
Pada klasifikasi tahun 2023 memiliki *overall accuracy* data uji yaitu 90% dapat dilihat pada Tabel 7, dimana *accuracy* tersebut sudah dinyatakan cukup untuk citra pengolahan klasifikasi yang di nyatakan USGS. Serta *overall accuracy* data validasi menunjukkan 94% dapat dilihat pada Tabel 8, menyatakan tidak *overfitting*.

Gambar 4 menunjukkan bahwa tutupan lahan di Kabupaten Tangerang pada tahun 2023 didominasi oleh kelas vegetasi, yang mencakup area seluas 780,036 km² atau 75% dari total area. Kelas lahan terbangun menempati posisi kedua dengan luas 175,815 km² atau 17%. Selanjutnya, kelas badan air memiliki luas 41,309 km² atau 4%, dan kelas lahan terbuka menempati urutan keempat dengan total luas 37,384 km² atau 4%

Tabel 9. Luas Tutupan Lahan 2019 dan 2023

No.	Tutupan Lahan	2019		2023		Selisih (km ²)
		Luas (km ²)	(%)	Luas (km ²)	(%)	
1.	Vegetasi	813,482	79	780,036	75	-33,446
2.	Lahan Terbangun	155,949	15	175,815	17	19,866
3.	Lahan Terbuka	19,506	2	37,384	4	17,877
4.	Badan Air	45,606	4	41,309	4	-4,297
Total		1034,544	100	1034,544	100	0

Tabel 9 menunjukkan perubahan tutupan lahan di Kabupaten Tangerang, di mana kelas vegetasi mendominasi, diikuti oleh lahan terbangun, badan air, dan lahan terbuka. Kelas lahan terbangun mengalami peningkatan luas terbesar sebesar 19,866 km², yang disebabkan oleh pembangunan infrastruktur. Sementara itu, lahan terbuka meningkat sebesar 17,877 km² akibat reklamasi. Sebaliknya, kelas vegetasi mengalami penurunan luas terbesar sebesar -33,446 km², yang dipengaruhi oleh pembangunan dan perubahan cuaca. Kelas badan air mengalami penurunan kecil sebesar -4,297 km² akibat reklamasi dan perubahan iklim. Gambar 5 menyajikan perbandingan perubahan tutupan lahan.

**Gambar 5. Grafik Perubahan Tutupan Lahan 2019 dan 2023**

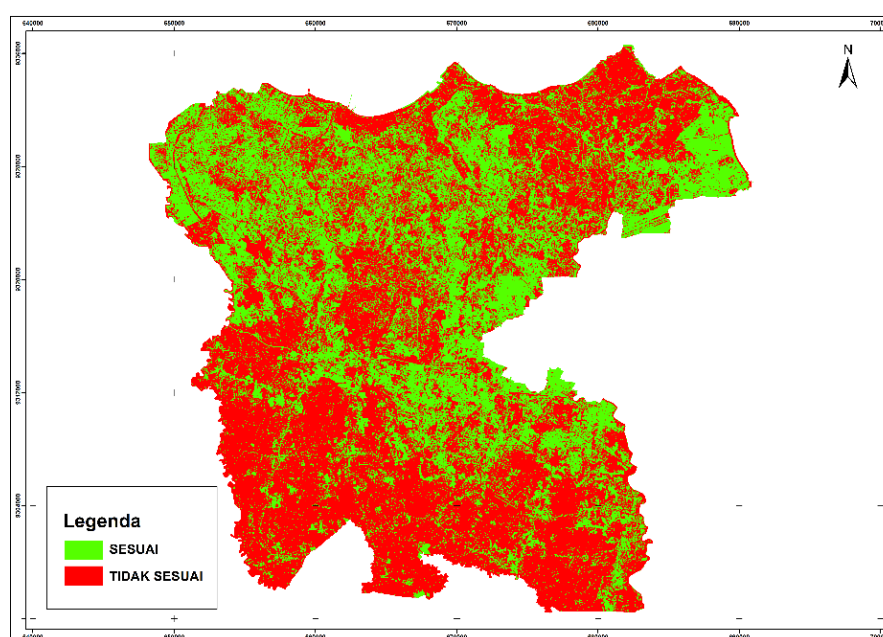
3.2 Hasil dan Analisis Kesesuaian Tutupan Lahan 2019 dan 2023 dengan RTRW

Analisis kesesuaian antara tutupan lahan di Kabupaten Tangerang untuk tahun 2019 dan 2023 dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dilakukan untuk mengatasi keterbatasan identifikasi citra dalam klasifikasi. Penyetaraan kelas tutupan lahan dengan kelas pola ruang di RTRW sangat penting, dan hasil penyetaraan tersebut disajikan dalam Tabel 8.

Tabel 10. Pengelompokan Kelas RTRW dengan Tutupan Lahan

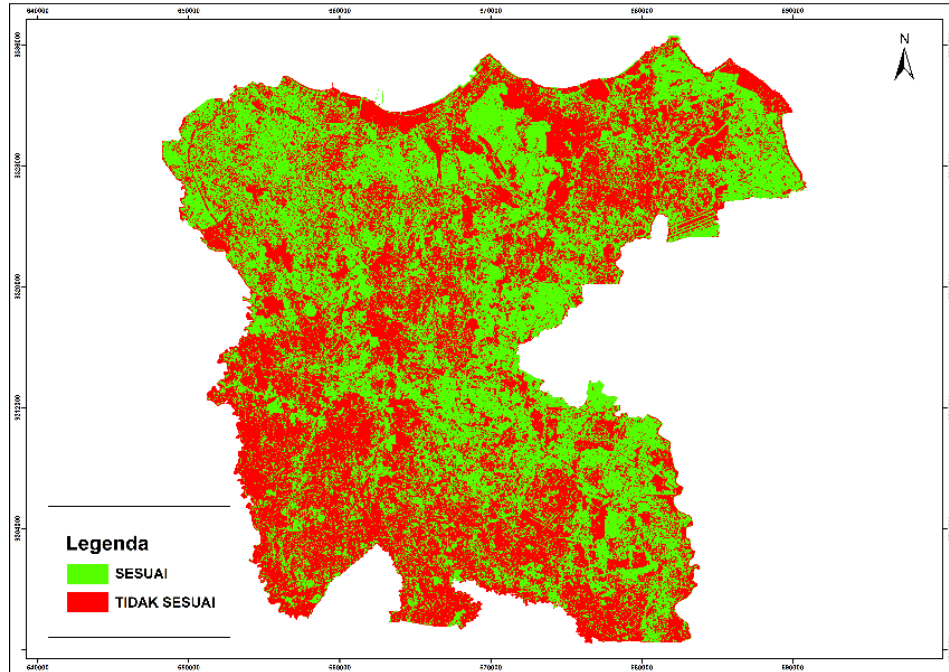
No.	Kelas Tutupan lahan berdasarkan hasil klasifikasi	Kelas Pola Ruang dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) di Kabupaten Tangerang	Kesesuaian
1.	Vegetasi	Kawasan Tanaman Pangan, Kawasan Hutan Lindung, Kawasan Peternakan	Sesuai
2.	Lahan Terbangun	Kawasan Permukiman Kota, Kawasan Permukiman Perdesaan, Kawasan Pertambangan dan Energi, Kawasan Pembangkit Tenaga Listrik, Kawasan Peruntukan Industri, Kawasan Transportasi	Sesuai
3.	Lahan Terbuka	Kawasan Permukiman Kota, Kawasan Permukiman Perdesaan, Kawasan Pertambangan dan Energi, Kawasan Pembangkit Tenaga Listrik, Kawasan Peruntukan Industri, Kawasan Transportasi, Kawasan Tanaman Pangan, Kawasan Hutan Lindung, Kawasan Peternakan	Sesuai
4.	Badan Air	Sempadan Sungai, Sempadan Pantai, Kawasan Sekitar Danau/Waduk, Kawasan Perikanan Budidaya	Sesuai

Berdasarkan Tabel 10, analisis Kesesuaian dilakukan untuk memverifikasi apakah hasil klasifikasi penggunaan lahan menggunakan *Google Earth Engine (GEE)* sesuai dengan pedoman Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Tangerang. Dalam analisis ini, lahan terbuka disesuaikan dengan hasil reklasifikasi, termasuk kawasan reklamasi Pantai Indah Kapuk 2 (PIK 2) yang masih dalam tahap pembangunan dan diklasifikasikan sebagai lahan terbuka. Selain itu, sawah kering juga terklasifikasi sebagai lahan terbuka setelah proses panen.



Gambar 6. Peta Kesesuaian Tutupan Lahan Tahun 2019

Gambar 6 menunjukkan perbandingan antara tutupan lahan di Kabupaten Tangerang pada tahun 2019 dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Tangerang. Dari perbandingan ini, diperoleh peta kesesuaian yang menunjukkan bahwa kesesuaian tutupan lahan di Kabupaten Tangerang pada tahun 2019 mencapai 29%.



Gambar 7. Peta Kesesuaian Tutupan Lahan Tahun 2023

Gambar 7 menunjukkan perbandingan antara tutupan lahan di Kabupaten Tangerang pada tahun 2023 dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Tangerang. Dari perbandingan ini, diperoleh peta kesesuaian yang menunjukkan bahwa kesesuaian tutupan lahan di Kabupaten Tangerang pada tahun 2023 mencapai 33%.

Tabel 11. Kesesuaian Tutupan Lahan 2019 dan 2023

No.	Kesesuaian Lahan	2019		2023		Selisih (Km ²)
		Luas (Km ²)	(%)	Luas (Km ²)	(%)	
1.	Sesuai RTRW	303,67	29	340,39	33	36,71
2.	Tidak Sesuai RTRW	730,87	71	694,16	67	-36,71
	Total	1034,544	100	1034,544	100	0

Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Tangerang berfungsi sebagai pedoman untuk pemanfaatan lahan oleh pemerintah dan masyarakat. Kesesuaian tutupan lahan dengan RTRW, yang tertera dalam Tabel 11, menunjukkan bahwa tingkat kesesuaian di Kabupaten Tangerang masih rendah, yaitu 29% pada tahun 2019 dan 33% pada tahun 2023. Penurunan kesesuaian ini mungkin disebabkan oleh penerapan RTRW yang baru pada tahun 2020, sementara banyak area tutupan lahan masih mengikuti RTRW yang berlaku dari 2011 hingga 2031. Tabel 11 juga menunjukkan bahwa kesesuaian tutupan lahan mengalami peningkatan sebesar 36,71 km² atau 4%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil prediksi klasifikasi dan analisis, dapat disimpulkan bahwa kecenderungan perubahan tutupan lahan di Kabupaten Tangerang untuk tahun 2019 dan 2023, yang diklasifikasikan menggunakan metode klasifikasi terbimbing dengan algoritma CART, menunjukkan dominasi kelas vegetasi, diikuti oleh lahan terbangun, badan air, dan lahan terbuka. Kelas lahan terbangun dan lahan terbuka mengalami peningkatan luas masing-masing sebesar 19,866 km² dan 17,877 km², sementara kelas vegetasi

mengalami penurunan signifikan sebesar 33,446 km², dan kelas badan air mengalami penurunan sebesar 4,297 km². Tingkat kesesuaian antara tutupan lahan di Kabupaten Tangerang dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) pada tahun 2019 dan 2023 masih rendah, dengan kesesuaian 29% pada tahun 2019 dan meningkat menjadi 33% pada tahun 2023. Penggunaan algoritma CART dalam penelitian ini menunjukkan keunggulan dalam kemudahan komputasi, namun memiliki keterbatasan dalam menangani data yang kompleks, karena hanya menggunakan satu pohon keputusan dan memerlukan ketepatan dalam pemilihan parameter data latih.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pemerintah Kabupaten Tangerang. (2020). Peraturan daerah nomor 9 tahun 2020 tentang perubahan atas peraturan daerah nomor 13 tahun 2011 tentang rencana tata ruang wilayah Kabupaten Tangerang tahun 2011 2031. LD Kabupaten Tangerang (9), 157 hlm
- [2] Badan Pusat Statistik. (2020). Kabupaten Tangerang Dalam Angka 2020. Tangerang: Badan Pusat Statistik Kabupaten Tangerang.
- [3] USGS. (2016). Landsat 8 (L8) Data Users Handbook. Dipetik pada tanggal 10 Juli 2024 dari <https://www.usgs.gov/landresources/nli/landsat/landsat-8-data-users-handbook>.
- [4] Suryo, A. B., & Hariyanto, T. (2013). Studi Perubahan Tutupan Lahan DAS Ciliwung Dengan Metode Klasifikasi Terbimbing Citra Landsat 7 ETM+ Multitemporal Tahun 2001 & 2008 (Studi Kasus: Bogor). GEOID, 09, 1–6.
- [5] GIS Geography. (2019). Sentinel 2 Bands and Combinations. Diakses pada 10 Juli 2024, dari <https://gisgeography.com/sentinel-2-bandscombinations/>. “Google Developers.” <https://developers.google.com/earth-engine/> (August 6, 2021).
- [6] U.S. Geological Survey. (2010). Thousands of Landsat scenes in Google’s Earth Engine. <https://www.usgs.gov/core-sciencesystems/nli/landsat/december-5-2010-thousandslandsat-scenes-google-earth-engine>
- [7] Timofeev, R. (2005). Classification and Regression Trees (CART) Theory and Applications. [tesis]. Berlin: Humboldt University.
- [8] Rwanga, S. S., & Ndambuki, J. M. (2017). *Accuracy Assessment of Land Use / Land Cover Classification Using Remote Sensing and GIS*. 2017, 611–622. <https://doi.org/10.4236/ijg.2017.84033>
- [9] M. M. Ghiasi, S. Zendehboudi, and A. A. Mohsenipour, “Decision tree-based diagnosis of coronary artery disease: CART model,” *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 192, p. 105400, 2020, doi: 10.1016/j.cmpb.2020.105400
- [10] Afasel, D., Purnamasari, R., & Edwar. (2022). Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Supervised Machine Learning pada Citra Satelit Menggunakan Google Earth Engine. Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom. Bandung.
- [11] AN, A. Ningsih. (2019). Penerapan Metode CART (Classification and Regression Tree) Pada Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja di Kota Makassar. Laporan. Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Diakses pada tanggal 27 Juni 2024, dari <http://repository.uinalauddin.ac.id/16053/>.
- [12] Stuckenber, T. dkk. (2013). Multi-temporal Remote Sensing Land-cover Change Detection for Biodiversity Assessment in the Berg River Catchment. 2(3), 189–205.
- [13] Viera, A. J., & Garrett, J. M. (2005). Understanding Interobserver Agreement: The Kappa Statistic. May, 360–363.
- [14] Peraturan Menteri ATR/BPN Republik Indonesia. (2021). Permen ATR/BPN No. 11 Tahun 2021. Tentang Tata Cara Penyusunan, Peninjauan Kembali, Revisi, Dan Penerbitan Persetujuan Substansi Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi, Kabupaten, Kota, Dan Rencana Detail Tata Ruang. Jakarta.