

## ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DI KAWASAN PIK 2 TAHUN 2013 - 2024 MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT DAN KLASIFIKASI ISO CLUSTER

Oliver Elvino Putra Pratama<sup>1</sup>, Sri Yulianto Joko Prasetyo<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>*Universitas Kristen Satya Wacana, Jawa Tengah 50711*

<sup>1</sup>[oloberelvino11@gmail.com](mailto:oloberelvino11@gmail.com), <sup>2</sup>[sri.yulianto@uksw.edu](mailto:sri.yulianto@uksw.edu)

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan tutupan lahan di Kawasan Pantai Indah Kapuk 2 (PIK 2) pada tahun 2013, 2019, dan 2024 menggunakan citra satelit Landsat dan pendekatan klasifikasi unsupervised ISO Cluster. Analisis spasial dilakukan dengan menghitung indeks NDBI (Normalized Difference Built-up Index) untuk memetakan area terbangun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kategori bangunan meningkat secara signifikan dari 15.88 km<sup>2</sup> pada tahun 2013 menjadi 31.24 km<sup>2</sup> pada tahun 2024 (kenaikan +18.57%). Sebaliknya, lahan terbuka menurun dari 21.07 km<sup>2</sup> menjadi 10.25 km<sup>2</sup> (penurunan -13.09%). Selain itu, dinamika vegetasi ringan dan vegetasi padat yang menunjukkan bagaimana perubahan lingkungan akibat pembangunan. Evaluasi akurasi klasifikasi menghasilkan nilai Overall Accuracy sebesar 86% dan Kappa Coefficient sebesar 76% yang menunjukkan tingkat keandalan tinggi dalam proses klasifikasi. Secara keseluruhan penelitian ini menunjukkan bahwa SIG dan penginderaan jauh adalah alat yang efektif untuk memantau perubahan tutupan lahan dan membantu pengambilan keputusan dalam perencanaan kawasan pesisir berkelanjutan.

**Kata kunci** : citra Landsat, ISO Cluster, klasifikasi unsupervised, NDBI, Perubahan tutupan lahan, PIK 2

### ABSTRACT

This research aims to analyze land cover change in Pantai Indah Kapuk 2 (PIK 2) area in 2013, 2019, and 2024. This research uses Landsat satellite imagery and the ISO Cluster unsupervised classification approach. Spatial analysis was conducted by calculating the NDBI index (Normalized Difference Built-up Index) to map the built-up area. The results showed that the built-up category increased significantly from 15.88 km<sup>2</sup> in 2013 to 31.24 km<sup>2</sup> in 2024 (+18.57%). Conversely, open land decreased from 21.07 km<sup>2</sup> to 10.25 km<sup>2</sup> (-13.09%). In addition, the dynamics of light vegetation and dense vegetation show how the environment changes due to development. Evaluation of classification accuracy resulted in an Overall Accuracy value of 86% and a Kappa Coefficient of 76%, indicating a high level of reliability in the classification process. Overall, this study confirm that GIS and remote sensing are effective tools to monitor land cover change and assist decision-making in sustainable coastal area planning.

**Keywords**: ISO cluster, land cover change, landsat imagery, NDBI, PIK 2, unsupervised classification

## 1. PENDAHULUAN

Perubahan tutupan lahan merupakan fenomena penting yang menunjukkan interaksi antara aktivitas manusia dan lingkungan. Tekanan terhadap penggunaan lahan meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang pesat, terutama di daerah pesisir[1]. Pergeseran fungsi lahan dari lahan terbuka, hutan mangrove, atau sawah menjadi area terbangun, permukiman, serta kawasan bisnis[2] menimbulkan dampak ekologis yang signifikan. Oleh karena itu, pemantauan perubahan tutupan lahan menjadi urgensi untuk mendukung perencanaan tata ruang, konservasi lingkungan, dan mitigasi dampak ekologis.

Pantai Indah Kapuk 2 (PIK 2), sebuah kawasan reklamasi dan pengembangan baru di pesisir utara Jakarta dan Kabupaten Tangerang yang mengalami transformasi ruang signifikan dalam kurun kurang dari dua dekade. Kawasan yang sebelumnya didominasi semak belukar, perairan, dan tanah kosong kini berkembang menjadi pusat pertumbuhan ekonomi baru dengan kawasan hunian eksklusif, area komersial, dan infrastruktur berskala besar[2], [3]. Perubahan tersebut tidak hanya mengubah tutupan lahan, tetapi juga berdampak pada ekosistem lokal dan mendorong pergeseran pola pemukiman masyarakat

Teknologi penginderaan jauh (remote sensing) dan Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat digunakan untuk memantau perubahan tutupan lahan secara berkala. Karena mereka memiliki keunggulan dalam hal ketersediaan data jangka panjang, resolusi spasial menengah, dan bebas biaya, citra satelit seperti Landsat telah banyak digunakan dalam penelitian tentang dinamika penggunaan lahan[4]. Selain itu, penggunaan indeks NDBI (Normalized Difference Built-up Index) juga mampu memberikan data yang akurat tentang

distribusi dan kerapatan terbangun di suatu wilayah[5]. Dengan menggabungkan analisis citra landsat dan perhitungan NDBI, distribusi spasial pembangunan dapat diamati secara detail sehingga menghasilkan pemetaan yang lebih akurat.

Meskipun penelitian mengenai urbanisasi Jakarta sudah banyak dilakukan, studi multitemporal di kawasan reklamasi PIK 2 dengan integrasi metode unsupervised classification ISO cluster dan analisis NDBI masih jarang. Penelitian berbasis deep learning juga telah digunakan pada konteks lain untuk memodelkan ekspansi urban dan dinamika LULC[6], namun penelitian ini secara khusus berfokus pada pemanfaatan metode NDBI dan klasifikasi ISO Cluster. Gap ini menjadi dasar dilakukan penelitian untuk memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai dinamika pembangunan di kawasan tersebut. Tujuan penelitian adalah mengevaluasi perubahan tutupan lahan di PIK 2 pada tahun 2013, 2019, dan 2024, serta mengidentifikasi kategori lahan yang mengalami perubahan paling signifikan. Kontribusi penelitian ini terletak pada penyediaan data empiris mengenai transformasi spasial kawasan pesisir, yang diharapkan dapat mendukung perencanaan wilayah berkelanjutan berbasis SIG dan penginderaan jauh.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perubahan tutupan lahan di kawasan Pantai Indah Kapuk 2 (PIK 2) pada tahun 2013, 2019, dan 2024. Analisis dilakukan menggunakan citra satelit Landsat dengan pendekatan klasifikasi tak terbimbing (*unsupervised classification*), serta pemodelan spasial melalui perhitungan indeks *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI). Seluruh proses pengolahan

dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS versi 10.8 dan QGIS versi 3.42.3.

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber terbuka. Tabel berikut menyajikan rincian sumber data yang digunakan:

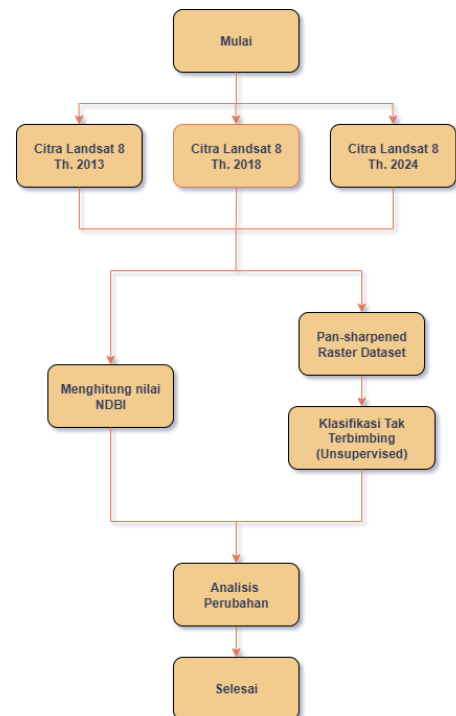
**Tabel 1.** Sumber Data

Jenis Data	Sumber	Keterangan
Citra Satelit Landsat	USGS Earth Explorer	Landsat 8 OLI/TIRS tahun 2013, 2018, dan 2024
Shapefile Batas Wilayah	GADM	Dipotong manual untuk kawasan PIK 2

Dalam penelitian ini, citra satelit landsat digunakan sebagai variabel bebas yang menjadi input utama untuk melakukan klasifikasi tutupan lahan dan perhitungan indeks pembangunan. Citra dari tiga tahun berbeda (2013, 2019, 2024) dianalisis untuk melihat perubahan secara temporal. Sedangkan variabel terikat terdiri dari dua bentuk keluaran, yaitu nilai NDBI dan klasifikasi tutupan lahan (Land Use Land Cover). Nilai NDBI merepresentasikan tingkat pembangunan atau lahan terbangun sedangkan hasil klasifikasi tutupan lahan (Land Use Land Cover) diperoleh dari metode *unsupervised classification* menggunakan algoritma *ISO Cluster*. Nilai – nilai ini menjadi indikator utama dalam mengukur dan mengevaluasi perubahan spasial yang terjadi di wilayah studi.

Alur kerja penelitian terdiri dari beberapa tahapan utama. Pertama, pengumpulan citra

landsat 8 tahun 2013, 2019, dan 2024 yang bebas awan sebagai data utama. Kedua pra-pemrosesan berupa pan-sharpening dengan metode Brovey Transform untuk mempertahankan informasi spektral sekaligus meningkatkan ketajaman spasial citra. Ketiga, perhitungan NDBI dengan band SWIR dan NIR untuk mendeteksi area terbangun. Keempat, klasifikasi citra menggunakan metode ISO Cluster Unsupervised Classification menjadi enam kelas: lahan terbuka, vegetasi padat, vegetasi ringan, lahan kosong, bangunan, dan area industri. Kelima, analisis perubahan tutupan lahan dilakukan dengan metode post-classification comparison untuk membandingkan hasil klasifikasi antar tahun. Terakhir, hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan peta tematik yang menunjukkan dinamika tutupan lahan di kawasan PIK 2 tahun 2013 – 2024.



**Gambar 1.** Flowchart Alur Kerja

## 2.1 Pengumpulan Data

Pengambilan citra satelit dilakukan melalui portal resmi USGS Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov>), yang menyediakan berbagai dataset penginderaan jauh untuk kepentingan penelitian. Dalam penelitian ini, citra yang digunakan adalah Landsat 8 OLI/TIRS Level-1 untuk observasi tahun ke tahun, yaitu 2013, 2019, dan 2024. Jenis citra ini memiliki resolusi spasial 30 meter untuk band multispektral dan 15 meter untuk band pankromatik, serta mencakup 11 band spektral[7]. Proses pengambilan data dilakukan dengan cara menentukan Area of Interest (AOI) menggunakan koordinat wilayah PIK 2, lalu memfilter data berdasarkan sensor, tahun, dan tingkat awan kurang dari 10%. Setelah data diunduh, citra disusun ulang berdasarkan kombinasi band tertentu untuk keperluan visualisasi dan analisis spasial.

## 2.2 Pra-pemrosesan Citra

Tahap pra-pemrosesan dilakukan untuk meningkatkan kualitas data citra sebelum masuk ke tahap analisis lanjutan. Proses pertama adalah **pan-sharpening**, yaitu penggabungan band pankromatik (15 m) dengan band multispektral (30 m) menggunakan metode **Brovey Transform**. Metode ini dipilih karena mampu mempertajam detail spasial citra tanpa menghilangkan informasi spektral yang penting. Secara matematis, transformasi Brovey dituliskan dengan rumus sebagai berikut:

$$Band_{Brovey} = \frac{Band_i}{\sum Band_{R,G,B}} \times Pan$$

### Rumus 1. Brovey Transform[8]

Di mana **Band<sub>i</sub>** adalah band RGB, dan **Pan** adalah band pankromatik. Proses pan-sharpening dilakukan menggunakan tool Create Pan-sharpened Raster Dataset pada ArcGIS 10.8 yang tersedia di menu Data Management Tools > Raster > Raster Dataset. Hasil pan – sharpening digunakan untuk meningkatkan kualitas tampilan, mendukung interpretasi visual, dan sebagai referensi dalam verifikasi hasil klasifikasi lahan[8].

Selain pan-sharpening, tahap pra-pemrosesan juga meliputi koreksi citra, yang mencakup layer stacking untuk menyusun band multispektral, pemotongan Area of Interest (AOI) agar sesuai dengan batas administrasi kawasan PIK 2, serta koreksi awan untuk meminimalisasi pengaruh atmosfer. Dengan tahapan pra-pemrosesan ini, citra yang digunakan sudah dalam kondisi optimal untuk perhitungan indeks NDBI dan klasifikasi tutupan lahan.

## 2.3 Perhitungan NDBI (Normalized Difference Built-up Index)

Normalized Difference Built-up Index merupakan indeks spektral yang digunakan untuk mendeteksi area terbangun dengan membandingkan reflektansi pada band SWIR dan NIR. Indeks ini dikembangkan karena wilayah terbangun memiliki reflektansi tinggi pada SWIR dan rendah pada NIR[9]. Rumus NDBI secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$$

**Rumus 2.** Normal Difference Built-up Index[7]

Pada Landsat 8, Band 6 digunakan sebagai SWIR (1.57 – 1.65  $\mu m$ ) dan Band 5 sebagai NIR (0.85 – 0.88  $\mu m$ ). Perhitungan dilakukan menggunakan Raster Calculator pada ArcGIS versi 10.8, dengan memasukan ekspresi raster sesuai rumus di atas. Hasilnya berupa raster indeks dengan rentang nilai antara -1 hingga +1, di mana nilai mendekati +1 menunjukkan area yang terbangun, dan nilai negatif mengindikasikan tutupan vegetasi atau badan air[7].

**2.4 Klasifikasi Tutupan Lahan**

Klasifikasi tutupan lahan dilakukan dengan metode ISO Cluster Unsupervised Classification, sebuah teknik tak terbimbing berbasis algoritma ISO (*Iterative Self-Organizing*) yang mengelompokkan piksel berdasarkan kemiripan statistik nilai spektralnya, di mana pendekatan serupa pada penelitian lain juga banyak dikembangkan melalui platform Google Earth Engine menggunakan algoritma machine learning seperti RF, SVM, dan CART yang terbukti meningkatkan akurasi klasifikasi LULC[10]. Proses klasifikasi ini tidak memerlukan data latih (*training sample*), namun memungkinkan pengguna menentukan jumlah kelas (*clusters*) dan parameter iterasi. Tool ini tersedia di ArcGIS versi 10.8 melalui *Spatial Analyst Tools > Multivariate > ISO Cluster Unsupervised Classification*. Secara umum, ISO Cluster bekerja dengan menghitung distribusi nilai – nilai band (mean dan covariance), kemudian mengelompokkan piksel ke dalam kelas berdasarkan kedekatan

statistik terhadap centroid kelas. Fungsi matematis dari ISO Cluster melibatkan iterasi perhitungan jarak Euclidean antar piksel dan centroid:

$$D(x, \mu) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu_i)^2}$$

**Rumus 3.** Jarak Euclidean[11]

Di mana  $\chi$  adalah nilai spektral piksel dan  $\mu$  adalah nilai rata – rata tiap cluster. Jumlah kelas ditentukan sebanyak 5 hingga 7, yang kemudian direklasifikasi menjadi enam kategori utama tutupan lahan, yaitu lahan terbuka, vegetasi padat, vegetasi ringan, lahan kosong, bangunan, dan area industri. Setelah klasifikasi dilakukan untuk masing-masing tahun (2013, 2019, dan 2024), diperoleh peta tutupan lahan multitemporal yang digunakan sebagai dasar analisis perubahan[11].

**2.5 Analisis Perubahan Tutupan Lahan**

Analisis perubahan tutupan lahan dilakukan dengan metode **post-classification comparison**, yaitu membandingkan hasil klasifikasi dari beberapa tahun pengamatan untuk melihat pergeseran luas pada tiap kategori tutupan lahan. Perhitungan luas dilakukan dengan menghitung jumlah piksel yang termasuk dalam masing-masing kelas hasil klasifikasi, lalu dikalikan dengan resolusi spasial citra Landsat (30 meter = 900 m<sup>2</sup> per piksel). Hasil analisis kemudian disajikan dalam bentuk tabel perubahan dan grafik tren spasial untuk memperlihatkan dinamika penggunaan lahan di kawasan PIK 2 pada periode 2013, 2019, dan 2024. Melalui pendekatan ini dapat diketahui

kategori lahan yang mengalami konversi paling signifikan serta pola transformasi wilayah yang terjadi selama lebih dari satu dekade.

### 2.6 Uji Akurasi

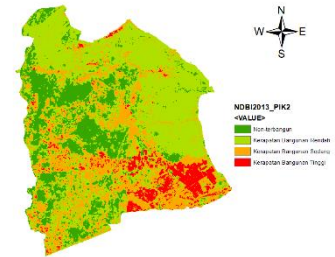
Uji akurasi dilakukan menggunakan **confusion matrix** dengan parameter *Overall Accuracy*, *User Accuracy*, *producer Accuracy*, dan **Kappa Coefficient**[12][13]. Data referensi diperoleh dari citra resolusi tinggi (Google Earth), sehingga dapat dibandingkan dengan hasil klasifikasi citra landsat. Nilai *Overall Accuracy* menunjukkan proporsi piksel yang benar terklasifikasi, sedangkan *User Accuracy* dan *Producer Accuracy* menilai ketepatan klasifikasi per kelas. **Kappa Coefficient** digunakan untuk mengukur tingkat kesesuaian dengan memperhitungkan peluang kesesuaian acak, di mana nilai di atas 0.70 menunjukkan klasifikasi yang andal[13]. Hasil penelitian menghasilkan *Overall Accuracy* sebesar 86% dan Kappa 76%, sehingga peta tutupan lahan dapat dianggap akurat dan representatif.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

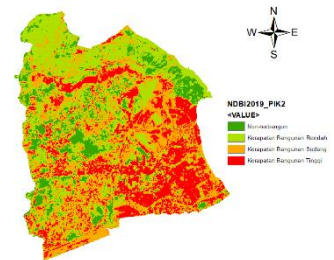
#### NDBI (Normalized Difference Built-up Index)

Analisis nilai NDBI digunakan untuk mendeteksi dan memetakan area terbangun berdasarkan pantulan spektral dari kanal SWIR dan NIR pada citra Landsat. Semakin tinggi nilai NDBI, semakin besar kemungkinan area tersebut merupakan wilayah terbangun seperti permukiman, bangunan, atau infrastruktur. Guna mengetahui dinamika perubahan lahan terbangun di wilayah PIK 2, dilakukan perhitungan nilai NDBI pada tiga tahun

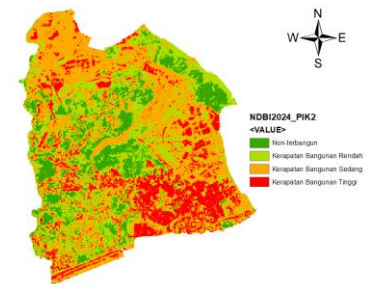
pengamatan, yaitu 2013, 2019, dan 2024. Hasil klasifikasi kemudian dikategorikan ke dalam empat kelas: Non-terbangun, Kerapatan Bangunan Rendah, Kerapatan Bangunan Sedang, dan Kerapatan Bangunan Tinggi.



**Gambar 2.** Peta NDBI Th. 2013



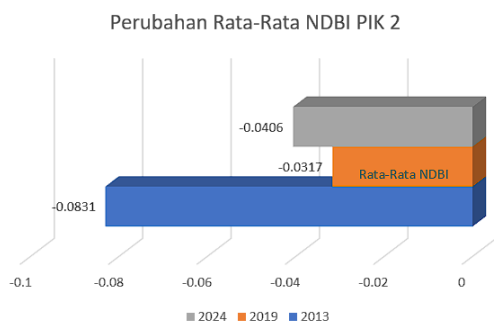
**Gambar 3.** Peta NDBI Th. 2019



**Gambar 4.** Peta NDBI Th. 2024

Analisis NDBI dilakukan untuk mengidentifikasi dan memantau perkembangan wilayah terbangun di kawasan PIK 2 dalam rentang waktu 2013, 2019, dan 2024. Pada gambar 1, terlihat bahwa pada tahun 2013, wilayah PIK 2 masih didominasi oleh kelas non-terbangun dan kerapatan bangunan rendah yang

tersebar luas, terutama di bagian tengah dan utara. Namun, gambar 2 menunjukkan bahwa pada tahun 2019 mulai terjadi peningkatan signifikan pada kelas kerapatan bangunan sedang hingga tinggi, terutama di bagian selatan dan tenggara kawasan. Perubahan ini semakin nyata pada gambar 3, di mana pada tahun 2024 wilayah PIK 2 didominasi oleh area dengan kerapatan bangunan tinggi, menandakan ekspansi masif area terbangun ke seluruh penjuru wilayah. Transformasi ini mengindikasikan laju pembangunan yang pesat dan konversi lahan non-terbangun menjadi kawasan urban dalam kurun waktu lebih dari satu dekade.



**Grafik 1.** Nilai rata - rata NDBI per tahun

Berdasarkan Grafik 1 perubahan nilai rata-rata NDBI kawasan Pantai Indah Kapuk 2 (PIK 2) pada tahun 2013, 2019, dan 2024, terlihat adanya peningkatan nilai indeks secara bertahap dari tahun ke tahun. Pada tahun 2013, rata-rata NDBI tercatat sebesar -0.0831 yang mencerminkan dominasi area non-terbangun seperti lahan terbuka, vegetasi, atau badan air. Selanjutnya, pada tahun 2019, nilai rata-rata NDBI meningkat menjadi -0.0317, yang mengindikasikan mulai berlangsungnya aktivitas pembangunan di kawasan studi, terutama pada area-area yang sebelumnya belum berkembang. Peningkatan ini berlanjut pada tahun 2024, di mana nilai rata-rata NDBI mencapai -0.0406. Meskipun terjadi sedikit penurunan dibandingkan 2019, nilai tersebut tetap lebih tinggi daripada tahun 2013,

sehingga secara umum menunjukkan adanya tren peningkatan pembangunan selama satu dekade terakhir.

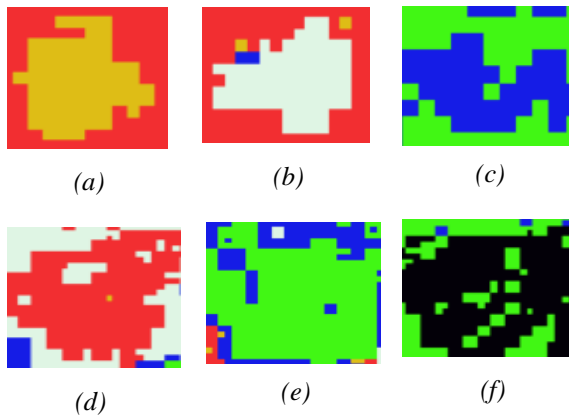
Jika dilihat dari selisih antar tahun, terjadi peningkatan sebesar +0.0514 dari tahun 2013 ke 2019, dan sedikit penurunan sebesar -0.0089 dari tahun 2019 ke 2024. Secara keseluruhan, perubahan nilai dari tahun 2013 ke 2024 menunjukkan kenaikan sebesar +0.0425, yang mengindikasikan transformasi spasial wilayah dari area alami menjadi kawasan terbangun. Penurunan kecil pada tahun 2024 ini dapat disebabkan oleh adanya area penghijauan baru yang meningkatkan luasan vegetasi, serta sebagian area reklamasi yang belum sepenuhnya terbangun sehingga masih berupa lahan kosong atau vegetasi sementara. Meskipun demikian, tren jangka panjang tetap memperlihatkan peningkatan pembangunan di kawasan PIK 2.

### Klasifikasi Tutupan Lahan

Klasifikasi tutupan lahan di kawasan PIK 2 dilakukan menggunakan metode unsupervised classification berdasarkan citra Landsat 8 dan Landsat 9 untuk tahun 2013, 2018, dan 2024. Sebelum dilakukan klasifikasi, citra mengalami proses pan-sharpening untuk meningkatkan ketajaman spasial gambar dengan menggabungkan band pankromatik (band 8) dan band RGB (band 4, 3, 2). Metode ini memungkinkan visualisasi fitur permukaan bumi dengan lebih jelas dan tajam sehingga membantu dalam proses klasifikasi.

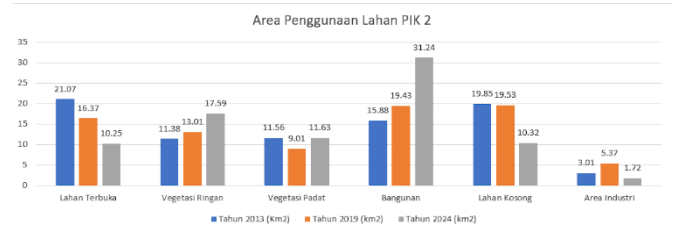
Hasil dari unsupervised classification menghasilkan peta penutup lahan untuk masing-masing tahun analisis. Klasifikasi ini menghasilkan enam kelas utama, yaitu: lahan terbuka, vegetasi padat, vegetasi

ringan, lahan kosong, bangunan, dan area industri.



**Gambar 5.** Contoh kenampakan objek permukaan bumi hasil klasifikasi (a) Area Industri, (b) Lahan Kosong, (c) Vegetasi Padat, (d) Bangunan, (e) Vegetasi Ringan, dan (f) Lahan Terbuka.

Setelah klasifikasi selesai, langkah selanjutnya adalah menghitung luas wilayah untuk masing-masing kelas tutupan lahan. Perhitungan dilakukan dengan menghitung jumlah piksel yang termasuk ke dalam masing-masing kelas, lalu dikalikan dengan luas area yang diwakili oleh setiap piksel. Karena citra Landsat memiliki resolusi spasial 30 meter, maka satu piksel mewakili area seluas 900 m<sup>2</sup> (0,09 hektar). Dengan demikian, total luas tutupan lahan untuk setiap kelas dapat dihitung berdasarkan jumlah piksel teridentifikasi. Hasil perhitungan ini digunakan untuk menganalisis perubahan distribusi penutup lahan antara tahun 2013, 2019, dan 2024 serta untuk mengamati kecenderungan urbanisasi atau perubahan lahan lainnya di wilayah studi.



**Grafik 2.** Penggunaan Lahan PIK 2

Pada grafik 2 menampilkan dinamika penggunaan lahan di kawasan PIK 2 selama kurun waktu 2013, 2019, dan 2024. Terlihat bahwa tren perubahan penggunaan lahan menunjukkan adanya transformasi wilayah yang signifikan, terutama pada kategori bangunan dan lahan terbuka. Kategori bangunan mengalami peningkatan konsisten dari tahun ke tahun, menunjukkan proses pembangunan dan urbanisasi yang terus berkembang di kawasan ini. Sebaliknya, lahan terbuka dan lahan kosong mengalami penurunan, mengindikasikan bahwa area – area tersebut kemungkinan besar telah mengalami konversi fungsi menjadi kawasan terbangun. Perubahan tren ini juga sejalan dengan arah kebijakan dalam dokumen Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Tangerang 2011-2031 (Perda No. 13 Tahun 2011)[14], yang menetapkan kawasan pesisir utara termasuk PIK 2 sebagai zona pengembangan permukiman, komersial, dan pusat pertumbuhan ekonomi baru. Dengan demikian, hasil pengolahan citra satelit tidak hanya menggambarkan dinamika spasial, tetapi juga merefleksikan implementasi kebijakan tata ruang yang sedang berlangsung di lapangan. Secara umum, grafik ini memberikan gambaran awal tentang pola perubahan tata guna lahan yang kemudian diperkuat dengan penjabaran pada tabel berikut.

**Tabel 2.** Perubahan Luasan Lahan

Keterangan	Th. 2013 (km <sup>2</sup> )	Th. 2019 (km <sup>2</sup> )	Th. 2024 (km <sup>2</sup> )	Selisih 2013-2019	Selisih 2019-2024	Selisih 2013-2024
<b>Lahan Terbuka</b>	21.07	16.37	10.25	-4.70	-6.12	-10.82
<b>Vegetasi Ringan</b>	11.38	13.01	17.59	+1.63	+4.58	+6.21
<b>Vegetasi Padat</b>	11.56	9.01	11.63	-2.55	+2.62	+0.07
<b>Bangunan</b>	15.88	19.43	31.24	+3.55	+11.81	+15.36
<b>Lahan Kosong</b>	19.85	19.53	10.32	-0.32	-9.21	-9.53
<b>Area Industri</b>	3.01	5.37	1.72	+2.36	-3.65	-1.29

Berdasarkan tabel 2, perubahan terjadi pada ketiga kategori utama: bangunan, lahan terbuka, dan lahan kosong. Peningkatan signifikan pada kategori bangunan mencerminkan intensifikasi urbanisasi yang membawa implikasi sosial dan ekologis. Secara sosial, pertumbuhan kawasan terbangun memperluas akses hunian dan fasilitas ekonomi, namun juga menimbulkan tekanan baru berupa kepadatan penduduk, kebutuhan infrastruktur, serta meningkatnya konsumsi energi dan polusi. Dari sisi ekologis, dominasi bangunan mempercepat hilangnya ruang hijau, memicu peningkatan suhu lokal (urban heat island) dan menurunkan kualitas lingkungan pesisir.

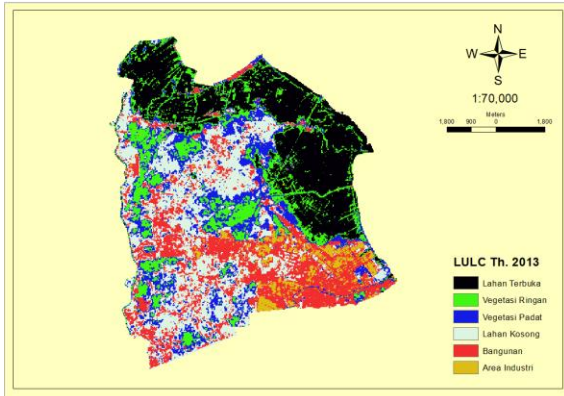
Penurunan lahan terbuka berimplikasi pada berkurangnya kapasitas wilayah dalam menyerap air hujan. Kondisi ini meningkatkan potensi banjir dan genangan, terlebih karena PIK 2 berada di kawasan pesisir yang rawan banjir rob dan kenaikan muka air laut. Hilangnya lahan terbuka juga berarti berkurangnya fungsi ekologis

sebagai habitat flora dan fauna lokal serta ruang penyangga ekologis.

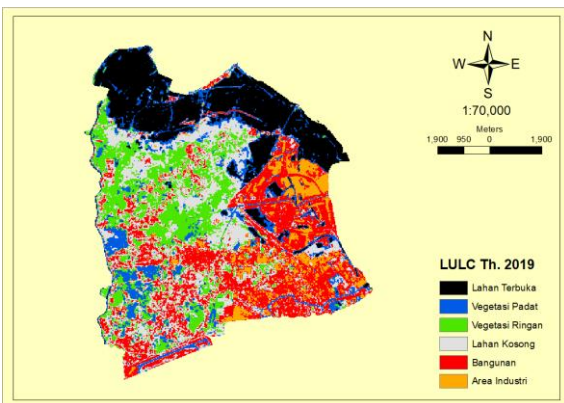
Sementara itu, penurunan kategori lahan kosong menandakan semakin sedikitnya ruang cadangan ekologis dan sosial. Hilangnya lahan kosong mengurangi peluang untuk pengembangan ruang terbuka hijau maupun ruang publik yang dapat dimanfaatkan masyarakat. Dari sisi ekologi, berkurangnya lahan kosong juga memperkecil kemungkinan pemulihan lingkungan alami dan menekan potensi kawasan untuk mendukung sistem ekologi jangka panjang.

Secara keseluruhan, ketiga kategori ini menjadi indikator utama terjadinya perluasan kawasan terbangun di wilayah PIK 2, yang menunjukkan tekanan pembangunan terhadap tutupan lahan alami maupun lahan non-terbangun lainnya. Analisis ini menguatkan hasil visual pada grafik sebelumnya dan memberikan gambaran laju perubahan penggunaan lahan selama lebih dari satu dekade terakhir. Peta

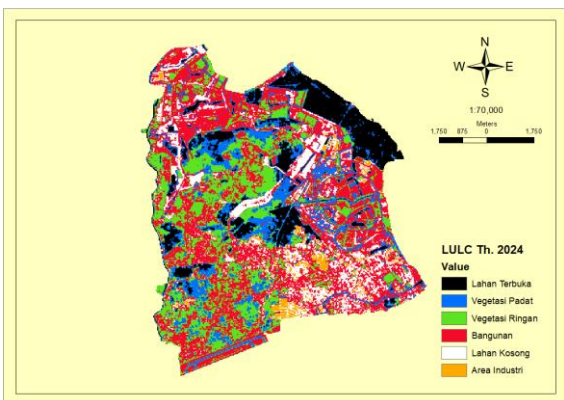
penggunaan lahan (Land Use Land Cover) tahun 2013, 2019, dan 2024 disertakan untuk memperjelas distribusi spasial dari perubahan tersebut. Peta LULC ini memperlihatkan pola perubahan untuk masing-masing kategori secara visual dan terintegrasi, sehingga memudahkan analisis dinamika penggunaan lahan antar tahun.



**Gambar 6.** Peta LULC Th. 2013



**Gambar 7.** Peta LULC Th. 2019



**Gambar 8.** Peta LULC Th. 2024

## Pengujian Akurasi

Salah satu langkah penting dalam proses klasifikasi citra penginderaan jauh adalah pengujian akurasi. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui seberapa tepat hasil klasifikasi dapat menunjukkan kondisi tutupan lahan sebenarnya di lapangan. Tanpa pengujian ini, hasil klasifikasi bisa menyesatkan, terutama konteks perencanaan wilayah dan pengambilan kebijakan berbasis spasial. Akurasi klasifikasi dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk kualitas gambar, resolusi spasial, metode klasifikasi yang digunakan, dan kesamaan spektral antar kelas[12]. Salah satu metode evaluasi yang paling umum digunakan dalam studi tutupan lahan adalah *confusion matrix* yang membandingkan data hasil klasifikasi dengan data referensi atau *ground truth*. Berbagai parameter penting, seperti User Accuracy, Producer Accuracy, Overall Accuracy, dan Kappa Coefficient yang memberikan gambaran sejauh mana klasifikasi dilakukan secara benar[13].

**Tabel 3.** Tabel Confusion Matrix Th. 2024

OID	Ground Truth/classified	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	GT_Total	User_Accuracy
Lahan Terbuka	GT_1	11	3	2	2	0	0	18	1
Vegetasi Padat	GT_2	0	8	1	0	0	0	9	50%
Vegetasi Ringan	GT_3	0	1	20	1	0	0	22	83%
Bangunan	GT_4	0	2	1	33	0	0	36	85%
Lahan Kosong	GT_5	0	2	0	3	7	0	12	100%
Area Industri	GT_6	0	0	0	0	0	3	3	100%
Total		11	16	24	39	7	3	100	
Producer_Accuracy		61%	89%	91%	92%	58%	100%	4.91	86%
Kappa		76%							

Pada Tabel 3 menunjukkan tabel Confusion Matrix hasil klasifikasi tutupan lahan tahun 2024. Kelas “Area Industri“ (GT\_6) dan “Lahan Kosong” (GT\_5) memperoleh akurasi tertinggi dengan User Accuracy sebesar 100%, yang menandakan konsistensi dan keakuratan tinggi pada kelas tersebut. Selanjutnya kelas “Bangunan“ (GT\_4) memiliki performa cukup baik, dengan menghasilkan nilai User Accuracy sebesar 85% dan Producer Accuracy sebesar 92%.

Sebaliknya, kelas “Vegetasi padat“ (GT\_2) memiliki performa terendah, yaitu User Accuracy 50%. Rendahnya akurasi ini disebabkan oleh tumpang tindih spektral antara vegetasi padat dengan vegetasi ringan, sehingga sebagian besar piksel vegetasi padat justru terklasifikasi ke dalam kelas vegetasi ringan. Hal ini merupakan salah satu keterbatasan penggunaan citra landsat dengan resolusi menengah yang kurang optimal untuk membedakan tipe vegetasi dengan karakteristik reflektansi yang mirip.

Secara keseluruhan, pengujian akurasi menghasilkan nilai Overall Accuracy sebesar 86% dan nilai Kappa Coefficient sebesar 76%. Nilai ini mengindikasikan adanya kesesuaian sustansial antara hasil klasifikasi dan data referensi. Menurut C. Kamusoko[13], nilai Kappa di atas 0.70 dapat dianggap menunjukkan tingkat keandalan klasifikasi yang tinggi. Jika dibandingkan dengan standar interpretasi akurasi dari Anderson et al. (1976)[15], nilai akurasi klasifikasi penutup lahan yang dapat diterima umumnya > 85%. Dengan demikian, capaian akurasi 86% dalam penelitian ini sudah memenuhi standar tersebut dan dapat dikategorikan baik.

Hasil ini memberikan keyakinan bahwa metode klasifikasi yang digunakan cukup andal untuk menggambarkan kondisi spasial tutupan lahan di PIK 2. Namun demikian, adanya catatan pada kelas vegetasi padat menegaskan perlunya pengembangan lanjutan, misalnya dengan penggunaan citra beresolusi lebih tinggi atau metode klasifikasi berbasis machine learning, agar

akurasi antar kelas dapat ditingkatkan di masa mendatang.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini mengombinasikan metode ISO Cluster Unsupervised classification dengan analisis NDBI multitemporal untuk memetakan dinamika perubahan tutupan lahan di kawasan reklamasi pesisir Pantai Indah Kapuk 2 (PIK 2) pada periode 2013-2024. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada kategori bangunan, dari 15,88 km<sup>2</sup> pada tahun 2013 menjadi 31,24 km<sup>2</sup> pada tahun 2024, disertai penurunan luas lahan terbuka dan lahan kosong. Nilai rata-rata NDBI juga meningkat, yang menandakan dominasi kawasan terbangun, sementara vegetasi padat menunjukkan fluktuasi dan vegetasi ringan cenderung meningkat. Uji akurasi menghasilkan Overall Accuracy sebesar 86% dan Kappa Coefficient 76%, yang telah memenuhi standar akurasi penutup lahan  $\geq 85\%$  menurut Anderson et al. (1976), sehingga membuktikan bahwa integrasi ISO Cluster dan NDBI andal untuk pemetaan perubahan lahan pesisir. Secara ilmiah, penelitian ini memberikan kontribusi dalam menyediakan data empiris berbasis penginderaan jauh mengenai transformasi spasial kawasan reklamasi pesisir. Temuan ini juga memiliki relevansi praktis bagi perencanaan kota, pengembang, dan pemerintah daerah sebagai dasar penyusunan kebijakan tata ruang, pengendalian alih fungsi lahan, serta perencanaan infrastruktur yang berkelanjutan. Untuk pengembangan selanjutnya, penelitian dapat

ditingkatkan melalui penggunaan citra resolusi lebih tinggi (Sentinel-2, PlanetScope), penerapan algoritma machine learning (Random Forest, SVM), serta validasi lapangan lebih luas guna meningkatkan ketelitian klasifikasi dan memperkuat kontribusi pada kebijakan spasial maupun kajian akademis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Ermandita, P. Sianturi, A. W. Hasyim, A. Rohman, and T. Hidayat, "PENGARUHNYA BAGI ASPEK SOSIAL-EKONOMI," vol. 8, no. 0341, 2019.
- [2] E. Suwandana, "Dinamika morfologi pantai Kabupaten Tangerang Banten dan Pantai Indah Kapuk Jakarta melalui analisis citra google earth," *J. Perikan. dan Kelaut.*, vol. 9, no. 1, pp. 55–68, 2019.
- [3] F. A. Mahmud and A. Kurniawan, "VEGETASI DI KOTA BATU MENGGUNAKAN CITRA SATELIT MULTI-TEMPORAL," vol. 04, no. 01, pp. 1–10, 2025, doi: 10.12962/jpji.v4i1.3209.
- [4] A. Adrian, W. Widiatmaka, K. Munibah, and I. Firmansyah, "Pola Spasial Perubahan Tutupan Lahan/Penggunaan Lahan Menggunakan Google Earth Engine di Kabupaten Majalengka," *J. Pembang. Wil. dan Kota*, vol. 19, no. 4, pp. 447–463, 2023, doi: 10.14710/pwk.v19i4.46254.
- [5] A. H. Aditiyanti, L. M. Sabri, and B. Sasmito, "Analisis Pengaruh Perubahan NDVI dan Tutupan Lahan Terhadap Suhu Permukaan Di Kota Semarang," *J. Geod. Undip*, vol. 2, no. 3, pp. 10–19, 2013, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/3713>

- [6] Y. Zhu, C. Geiß, E. So, R. Bardhan, H. Taubenböck, and Y. Jin, “Urban expansion simulation with an explainable ensemble deep learning framework,” *Heliyon*, vol. 10, no. 7, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e28318.
- [7] F. A. Piawai, A. S. A. F. Permana, A. M. Fajar, R. Ridwana, and L. Somantri, “Pemanfaatan Citra Landsat 8 Untuk Pemetaan Sebaran Dan Kerapatan Ekosistem Mangrove Di Kecamatan Cijulang Kabupaten Pangandaran,” *J. Geogr.*, vol. 11, no. 1, pp. 53–64, 2022, doi: 10.24036/geografi/vol11-iss1/2552.
- [8] I. M. D. Pradipta, I. M. O. Widyantara, and R. S. Hartati, “Penajaman Citra Satelit Landsat 8 Menggunakan Transformasi Brovey,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 18, no. 3, p. 353, 2019, doi: 10.24843/mite.2019.v18i03.p08.
- [9] M. Deffry and I. B. Mataburu, “Pemetaan kerapatan bangunan pada tahun 2018 dan 2023 menggunakan Normalized Difference Built-Up Index ( NDBI ) di Kota Sukabumi,” vol. 2, no. 1, pp. 31–40, 2024, doi: 10.2210/jsg.vxlix.xxx.
- [10] W. Tesfaye, E. Elias, B. Warkineh, M. Tekalign, and G. Abebe, “Modeling of land use and land cover changes using google earth engine and machine learning approach: implications for landscape management,” *Environ. Syst. Res.*, vol. 13, no. 1, 2024, doi: 10.1186/s40068-024-00366-3.
- [11] A. Setiawan, “Perbandingan Penggunaan Jarak Manhattan, Jarak Euclid, dan Jarak Minkowski dalam Klasifikasi Menggunakan Metode KNN pada Data Iris,” *J. Sains dan Edukasi Sains*, vol. 5, no. 1, pp. 28–37, 2022, doi: 10.24246/juses.v5i1p28-37.
- [12] P. Danoedoro, “Pengolahan Citra digital Teori dan Aplikasinya dalam Bidang Penginderaan Jauh,” 1996.
- [13] C. Kamusoko, “Land Cover Classification Accuracy Assessment,” *Springer Geogr.*, vol. 80, pp. 105–118, 2022, doi: 10.1007/978-981-16-5149-6\_6.
- [14] P. K. Tangerang, “Peraturan Daerah Kabupaten Tangerang Nomor 13 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Tahun 2011–2031,” Tangerang, 2011. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/20055/perda-kab-tangerang-no-13-tahun-2011>
- [15] “A Land Use And Land Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data,” vol. 2001, 2001.