



Klasifikasi Tutupan Lahan dan Estimasi Luas Hilangnya

Tutupan Pohon di Pekanbaru, Riau

Muhammad¹, Diva Maharani Basuki², Shavira Rachmawati³, Robert Kurniawan⁴

^{1, 2, 3}Program Studi D-IV Statistika, Politeknik Statistika STIS

⁴Program Studi D-IV Komputasi Statistik, Politeknik Statistika STIS

¹212112200@stis.ac.id

²212111994@stis.ac.id

³212112363@stis.ac.id

⁴robertk@stis.ac.id

Corresponding author email: 212112200@stis.ac.id

Abstract: In Pekanbaru, construction of the Trans-Sumatra Toll Road has been carried out since 2017. The construction of this toll road is thought to have resulted in a shift in tree cover resulting in a reduction in the area of tree cover. Therefore, this research aims to classify land cover, obtain the best method for classifying land cover, and estimate the extent of tree cover loss in Pekanbaru City in 2017 and 2023 using Landsat 8 imagery. Classification is carried out using supervised machine learning methods including Support Vector Machine (SVM), Classification and Regression Trees (CART), Random Forest (RF), and Gradient Boost (GB). From the analysis results, the best method obtained was RF with an Overall Accuracy of 94.762% with a kappa coefficient of 0.930. Apart from that, it was proven that there was a significant change in tree cover from 2017 to 2023, amounting to 4.244%. This change in tree cover could occur as a result of the construction of the Trans-Sumatra toll road, thus encouraging an increase in the level of urbanization in Pekanbaru which in turn could accelerate development and divert use of tree cover.

Keywords: tree cover, supervised classification, machine learning, Pekanbaru, random forest

Abstrak: Di Pekanbaru, pembangunan Jalan Tol Trans-Sumatra telah dilakukan sejak 2017. Pembangunan jalan tol ini diduga mengakibatkan pengalihan tutupan pohon sehingga terjadi pengurangan luas tutupan pohon. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan tutupan lahan, mendapatkan metode terbaik dalam mengklasifikasikan tutupan lahan, dan mengestimasi luas hilangnya tutupan pohon di Kota Pekanbaru pada tahun 2017 dan 2023 menggunakan citra Landsat 8. Klasifikasi dilakukan dengan metode *supervised machine learning* meliputi *Support Vector Machine* (SVM), *Classification and Regression Trees* (CART), *Random Forest* (RF), dan *Gradient Boost* (GB). Dari hasil analisis, metode terbaik yang didapatkan adalah RF dengan *Overall Accuracy* sebesar 94,762% dengan koefisien kappa sebesar 0,930. Selain itu, terbukti terjadi perubahan tutupan pohon yang signifikan dari tahun 2017 hingga 2023 sebesar 4,244%. Perubahan tutupan pohon ini dapat terjadi akibat pembangunan jalan tol Trans-Sumatra sehingga mendorong naiknya tingkat urbanisasi di Pekanbaru yang pada akhirnya dapat mengencarkan pembangunan dan mengalihgunakan tutupan pohon.

Kata kunci: tutupan pohon, *supervised classification*, *machine learning*, Pekanbaru, *random forest*

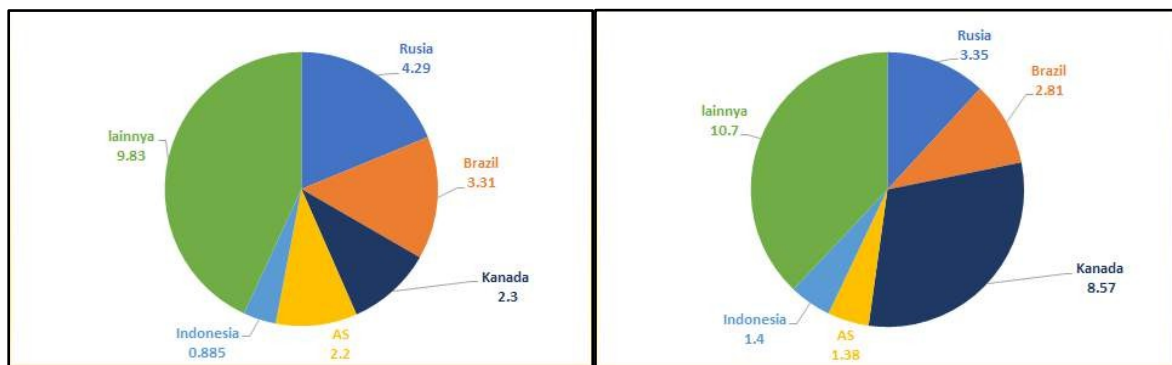
I. PENDAHULUAN

Di era sekarang, pembangunan gencar dilakukan di berbagai wilayah. Pembangunan dilakukan guna memaksimalkan inovasi yang dapat diterapkan untuk memudahkan kehidupan manusia. Namun di sisi lain, proses pembangunan biasanya memakan sumber daya dan merusak lingkungan. Dengan demikian, melindungi lingkungan dan mencapai pembangunan tidak dapat berjalan selaras [1]. Semakin majunya pembangunan dapat mengurangi keberadaan ekosistem alam yang telah ada sejak dulu, seperti tutupan pohon.

Tutupan pohon merupakan proporsi dari tumbuh-tumbuhan pada suatu segmen pada satu titik di tanah [2]. Eksistensi tutupan pohon sebagai bagian dari ekosistem sebenarnya telah diatur dalam *Sustainable Development Goals* (SDGs) tujuan 15 target ke-2, yang dinarasikan dalam bentuk hutan,

salah satu bentuk tutupan pohon. Dalam tujuan tersebut, ditargetkan pada 2030 implementasi manajemen berkelanjutan pada semua tipe hutan akan tercapai, deforestasi akan terhambat, restorasi hutan terdegradasi dan secara substansial meningkatkan aforestasi dan reforestasi secara global.

Dari target tersebut, salah satu fenomena yang menjadi perhatian dunia dalam SDGs dan saat ini telah terjadi pada tutupan pohon adalah deforestasi. Deforestasi adalah konversi lahan hutan untuk penggunaan lain atau pengurangan tutupan hutan dalam jangka panjang di bawah ambang batas sepuluh persen [3]. Deforestasi, sebagai salah satu bentuk penyebab hilangnya tutupan pohon, merupakan salah satu masalah lingkungan yang terjadi karena aktivitas manusia yang dapat mengakibatkan perubahan iklim [4]. Di seluruh dunia, laju deforestasi meningkat pada level yang mengkhawatirkan [5]. Menurut Global Forest Watch [6], sejak tahun 2001 hingga 2023, secara total dunia mengalami kehilangan tutupan pohon sebesar 488 Mha di mana 22 persen dari hilangnya tutupan pohon di dunia sejak tahun 2001 hingga 2023 disebabkan karena deforestasi. Sedangkan di Indonesia, 85 persen dari hilangnya tutupan pohon di Indonesia sejak tahun 2001 hingga 2023 disebabkan karena deforestasi.



Gambar 1a.

Gambar 1b.

Gambar 1. Luas Kehilangan Tutupan Pohon di Dunia (1a) tahun 2022 (1b) tahun 2023

Menurut Global Forest Watch [6], sejak tahun 2001 hingga 2023, Indonesia konsisten berada dalam kategori lima besar negara penyumbang kehilangan tutupan pohon di dunia. Terakhir pada tahun 2023, Indonesia berada di urutan keempat dengan luas kehilangan 1,40 Mha tutupan pohon, disusul Amerika Serikat (AS) sebesar 1,38 Mha yang dapat dilihat pada Gambar 1b. Angka ini meningkat pesat dibanding tahun 2022. Pada 2022 yang dapat dilihat pada Gambar 1a, Indonesia berada di urutan kelima dengan luas kehilangan tutupan pohon sebesar 885 kha, cukup jauh berbeda dengan Amerika Serikat yang pada tahun itu kehilangan 2,20 Mha. Peningkatan luas kehilangan tutupan pohon di Indonesia ini menjadi fenomena yang perlu diamati.

Jika ditarik mundur ke belakang, dalam rentang waktu 22 tahun, sejak tahun 2001 hingga 2023, Indonesia sudah kehilangan tutupan pohon sebanyak 30,8 Mha [6]. Di Indonesia sendiri, tercatat bahwa Provinsi Riau adalah provinsi yang mengalami kehilangan tutupan pohon paling besar di Indonesia. Sejak tahun 2001 hingga 2023, Provinsi Riau sudah kehilangan tutupan pohon sebesar 4,20 Mha.

Provinsi Riau merupakan salah satu wilayah yang akan dijadikan sebagai pusat perdagangan Indonesia bagian barat, terutama di Pulau Sumatra. Adapun pusat sentra ekonomi terbesar di Provinsi Riau adalah Kota Pekanbaru. Kota Pekanbaru merupakan kota yang memiliki perkembangan kependudukan yang dinamis, seperti pertumbuhan, migrasi, dan urbanisasi yang tinggi. Seiring dengan itu, pembangunan di Kota Pekanbaru juga terus berkembang.



Salah satu faktor penting yang mempengaruhi jumlah luas tutupan pohon adalah penggunaan lahan [7]. Kota Pekanbaru telah mengalami banyak pembangunan infrastruktur dalam beberapa tahun terakhir, beberapa di antaranya termasuk ke dalam infrastruktur besar, seperti pembangunan jalan tol trans-Sumatra. Gambar 2 menunjukkan peta ruas jalan tol di Kota Pekanbaru yang diambil dari PT Hutama Karya [8], BUMN yang mengurus pembangunan jalan tol trans-Sumatra. Pada gambar tersebut, terlihat bahwa Kota Pekanbaru dicanangkan akan menjadi titik pusat dari 3 pertemuan jalur jalan tol. Beberapa jalan tol yang dibangun di Kota Pekanbaru adalah tol Pekanbaru-Dumai yang dibangun pada tahun 2017, tol Pekanbaru-Bukittinggi yang dibangun pada tahun 2018, dan tol Rengat-Pekanbaru yang dibangun tahun 2018. Berdasarkan data dari PT Hutama Karya [8], jalan tol Pekanbaru-Dumai telah beroperasi sejak 2020 dan jalan tol Pekanbaru-Bukittinggi baru beroperasi pada bagian jalur Pekanbaru-Bangkinang sejak 2022.



Gambar 2. Ruas Jalan Tol Trans-Sumatra

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang membahas kehilangan tutupan pohon dengan memanfaatkan citra landsat. Penelitian terdahulu menganalisis laju deforestasi akibat perubahan tutupan lahan di Zimbabwe [9]. Penelitian lain melakukan klasifikasi *Land Use-Land Cover* (LULC) di Jambi, Riau, dan Sumatra Barat dengan membandingkan beberapa metode klasifikasi di mana diperoleh hasil bahwa metode *Random Forest* (RF) menghasilkan akurasi tertinggi [10]. Penelitian lain mengklasifikasikan LULC di Selangor, Malaysia dan diperoleh metode terbaik adalah k-NN [11]. Penelitian lain juga melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengklasifikasikan tutupan lahan, hutan, dan jenis pohon menggunakan Bi-temporal ZiYuan-3 multispektral dan gambar stereo dengan membandingkan 6 algoritma klasifikasi, yaitu *Maximum Likelihood Classifier* (MLC), *k-Nearest Neighbor* (k-NN), *Decision Tree*, *Random Forest* (RF), *Artificial Neural Network* (ANN), dan *Support Vector Machine* (SVM). Hasil menunjukkan bahwa algoritma RF dan SVM memberikan hasil yang lebih baik [12].

Beberapa penelitian terdahulu tersebut telah memanfaatkan citra landsat dan metode *machine learning* untuk mengklasifikasikan tutupan pohon atau lahan. Namun, kajian mengenai pola pada kawasan yang mengalami kehilangan tutupan pohon di Indonesia masih kurang, terutama di Kota Pekanbaru. Padahal menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Riau, pada awal 2023 Pekanbaru telah berstatus siaga darurat karena kebakaran hutan dan lahan (karhutla) dengan total kehilangan lahan terbesar sebanyak 6,62 hektar [13]. Hal ini mengindikasikan situasi darurat terhadap tutupan pohon di Pekanbaru. Selain itu, penelitian mengenai perbandingan kondisi tutupan pohon pada waktu sebelum dan setelah pembangunan jalan tol trans-Sumatra di Pekanbaru juga belum ada, padahal



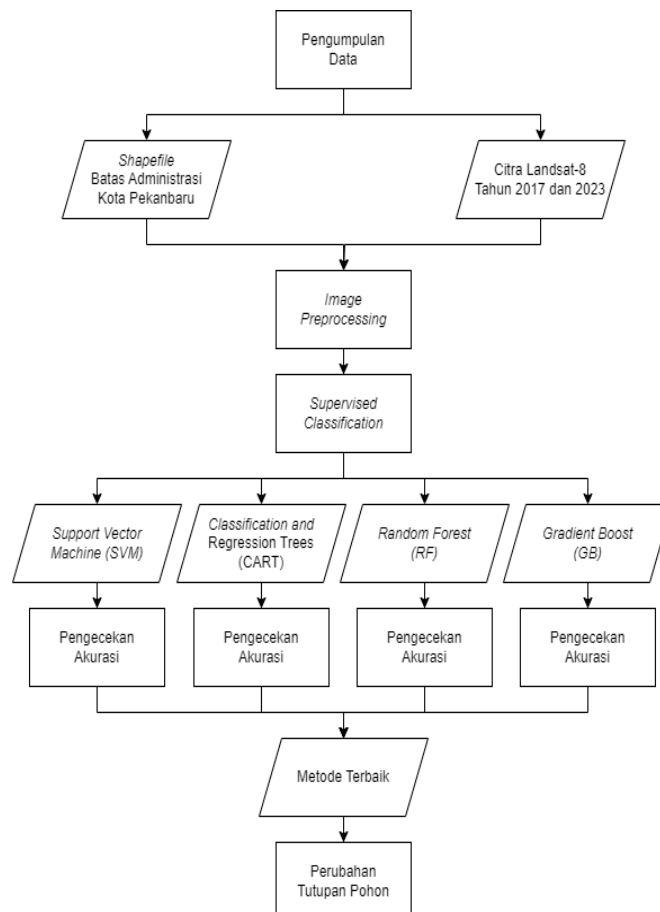
menurut Yang & Lo pembangunan jalan merupakan pembangunan vital yang dapat memicu degradasi lingkungan [14].

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan tutupan lahan, mendapatkan metode terbaik dalam mengklasifikasikan tutupan lahan, dan mengestimasi luas hilangnya tutupan pohon yang ada di Kota Pekanbaru pada tahun 2017 dan tahun 2023. Diharapkan penelitian ini dapat berkontribusi sebagai dasar pengambilan kebijakan oleh pemerintah agar memperhatikan keseimbangan antara pembangunan infrastruktur dan keberlanjutan lingkungan sebagaimana yang tertera pada SDGs tujuan 15.

II. METODE PENELITIAN

II.1. Klasifikasi dan Analisis Menggunakan Citra Landsat 8

Landsat 8 merupakan sensor terbaru yang mampu mendapatkan gambar multitemporal dengan kualitas dan kapasitas yang lebih baik dibandingkan sensor Landsat sebelumnya [15] salah satunya dalam memetakan tutupan lahan dalam skala yang besar. Citra landsat digunakan karena ketersediaan data dalam waktu yang lama (sejak 1972), serta resolusi yang tinggi untuk mendeteksi perubahan tutupan lahan baik yang terjadi secara alamiah maupun yang disebabkan oleh aktivitas manusia seperti urbanisasi dan pertanian [9]. Penelitian ini menggunakan *Google Earth Engine* (GEE) dan QGIS dalam mengolah dan menghasilkan gambar yang dibutuhkan. Gambar 3 menunjukkan diagram alir prosedur penelitian ini.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian



II.2. Pengambilan Gambar Citra dan Pre-processing

Gambar yang digunakan adalah gambar citra landsat tahun 2017 dan 2023 dengan resolusi 30 meter. Gambar yang digunakan telah disesuaikan dengan sistem koordinat EPSG:4326. Setelah gambar citra diperoleh kemudian dilakukan clip dengan *region of interest* (roi) yaitu batas administrasi Pekanbaru, Riau. Gambar yang telah diclip kemudian dilakukan tahap pre-processing dengan cara menghilangkan awan, awan tipis (cirrus), bayangan awan, dan daerah yang terdilasi.

II.3. Supervised Classification

Penelitian ini membandingkan empat metode pengklasifikasian tutupan lahan yaitu *Support Vector Machine* (SVM), *Classification and Regression Trees* (CART), *Random Forest* (RF), dan *Gradient Boost* (GB). Terdapat 4 kelas pengklasifikasian tutupan lahan dalam penelitian ini, yaitu tutupan pohon, lahan terbangun, lahan terbuka, dan badan air dengan jumlah sampel yang relatif seimbang. Keterangan mengenai setiap kelas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Keterangan Kelas Tutupan Lahan dan Jumlah Sampel

Kelas	Jumlah Sampel	Keterangan
Tutupan Pohon	1021	Area hijau yang didominasi oleh pohon-pohon dan hutan
Lahan Terbangun	989	Area yang digunakan secara intensif dimana sebagian besar lahan ditutupi oleh bangunan dan fasilitas publik
Lahan Terbuka	970	Area vegetasi ringan (sawah, padang rumput) dan area tanpa vegetasi (seluruh area yang terbuka baik yang terjadi secara alamiah maupun hasil ulah tangan manusia seperti penggundulan hutan dan pertambangan)
Badan Air	975	Area dengan penampakan perairan

II.4. Pengecekan Akurasi

Overall, *producer*, dan *user accuracy* serta koefisien kappa digunakan dalam penelitian ini untuk membandingkan kelima metode klasifikasi dan mendapatkan metode terbaik beserta nilai akurasi [9]. Sebelum menghitung akurasi, dibuat terlebih dulu *confusion matrix*. *Confusion matrix* mendeskripsikan kualitas dari klasifikasi dengan membandingkan nilai prediksi dengan nilai aslinya.

Tabel 2. *Confusion Matrix*

		Actual values	
		Positive	Negative
Predicted values	Positive	TP (True Positive)	FP (False Positive)
	Negative	FN (False Negative)	TN (True Negative)

dimana

TP : diklasifikasikan sebagai positif dan klasifikasi sebenarnya adalah positif

FP : diklasifikasikan sebagai positif dan klasifikasi sebenarnya adalah negatif

FN : diklasifikasikan sebagai negatif dan klasifikasi sebenarnya adalah positif

TN : diklasifikasikan sebagai negatif dan klasifikasi sebenarnya adalah negatif

II.4.1. Overall Accuracy

Overall accuracy adalah proporsi yang mewakili probabilitas klasifikasi yang benar pada peta untuk suatu titik yang dipilih secara acak [16]. Persamaan (1) merupakan formula untuk menghitung *overall accuracy*.

$$\text{Overall accuracy} = \frac{(T P + TN)}{\text{Sample Size}} \quad (1)$$



II.4.2. *Producer Accuracy*

Producer accuracy atau yang biasa disebut *recall* adalah akurasi untuk setiap kelas yang menunjukkan proporsi piksel dalam kelas tersebut yang terklasifikasikan dengan benar, dihitung sebagai jumlah piksel yang teridentifikasi dengan benar dari suatu kelas tertentu dibagi dengan jumlah total piksel sebenarnya dalam kelas tersebut [17]. Persamaan (2) merupakan formula untuk menghitung *producer accuracy*.

$$Producer\ accuracy_i = \frac{TP_i}{(TP_i + FN_i)} \quad (2)$$

dimana

i : kelas klasifikasi tutupan lahan

II.4.3. *User Accuracy*

User accuracy atau yang biasa disebut presisi adalah akurasi untuk setiap kelas yang menunjukkan proporsi piksel yang terklasifikasi pada peta sebagai kelas tertentu yang sebenarnya juga berada dalam kelas tersebut di kondisi aslinya, dihitung sebagai jumlah piksel yang diklasifikasikan dengan benar dari kelas tertentu dibagi dengan jumlah total piksel yang terklasifikasikan sebagai kelas tersebut [17]. Persamaan (3) merupakan formula untuk menghitung *user accuracy*.

$$User\ accuracy_i = \frac{TP_i}{(TP_i + FP_i)} \quad (3)$$

dimana

i : kelas klasifikasi tutupan lahan

II.4.4. *Koefisien Kappa*

Koefisien kappa adalah ukuran yang mengevaluasi seberapa baik kinerja klasifikasi dibandingkan dengan klasifikasi acak [17]. Persamaan (4) merupakan formula untuk menghitung koefisien kappa.

$$Koefisien\ kappa = \frac{Observed\ accuracy - chance\ agreement}{1 - chance\ agreement} \quad (4)$$

dimana

observed accuracy adalah *overall accuracy*, sedangkan *chance agreement* dihitung dengan mengalikan total dari tiap kolom dan baris untuk setiap kelas.

II.5. *Deteksi Perubahan Tutupan Lahan*

Pendeteksian perubahan tutupan lahan merupakan proses dalam mengidentifikasi perbedaan kondisi lahan yang teridentifikasi sebagai pohon dengan mengamatinya dalam 2 waktu yang berbeda. Pendeteksian perubahan ini menangkap perubahan spasial dari citra satelit multi-temporal baik akibat dari ulah tangan manusia maupun kejadian alamiah [18]. Perubahan tutupan lahan diidentifikasi pada 2 waktu yang berbeda yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tahun 2017 dan 2023. Untuk mendeteksi perubahan tutupan lahan dalam rentang 2 waktu ini, digunakan formula seperti pada (5) [9].

$$p_i = \frac{u_i - v_i}{u_i} \times 100 \quad (5)$$

dimana

p_i : persentase perubahan tutupan lahan kelas ke- i (%)

u_i : luas area tutupan lahan kelas ke- i tahun 2017 (km²)

v_i : luas area tutupan lahan kelas ke- i tahun 2023 (km²)

II.6. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

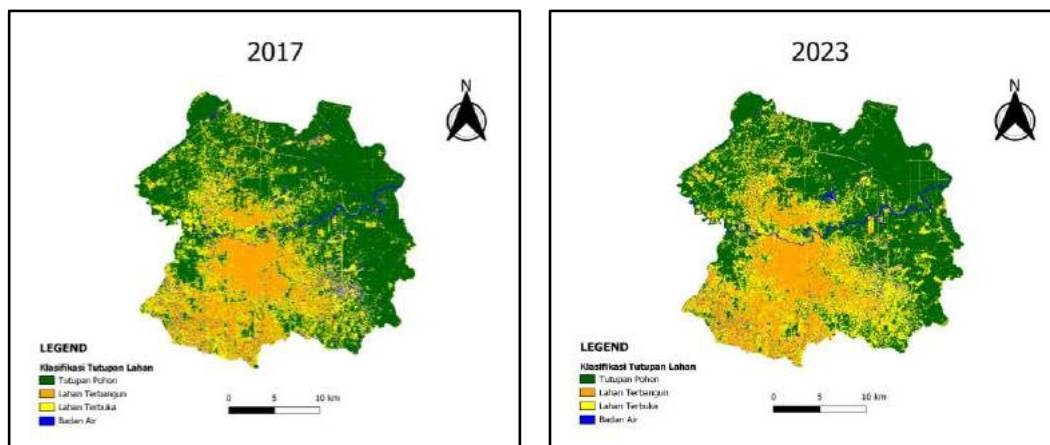
Setelah didapatkan gambar citra landsat 8 untuk roi Pekanbaru, selanjutnya menghitung bagaimana kualitas vegetasi lahan berubah dari tahun 2017 hingga 2023 menggunakan NDVI. NDVI digunakan karena mampu mencerminkan jumlah dan kualitas vegetasi pada suatu area dan efektif dalam mengamati perubahan vegetasi [19]. NDVI menangkap informasi berkaitan dengan jumlah radiasi yang diserap dalam cahaya tampak (merah) dan dipantulkan dalam inframerah (NIR) oleh vegetasi (6). Indeks vegetasi ini dihitung berdasarkan reflektansi merah dan inframerah dekat yang diterima oleh Landsat [19].

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (6)$$

Nilai NDVI memiliki rentang -1 sampai 1, dimana nilai negatif mengindikasikan adanya pengurangan kualitas vegetasi dan nilai positif mengindikasikan adanya peningkatan kualitas vegetasi pada suatu area [20].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil klasifikasi citra landsat 8 yang diolah menggunakan GEE dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar 4 menunjukkan hasil klasifikasi 4 kelas tutupan lahan tahun 2017(4a) dan 2023(4b). Dari gambar tersebut terlihat bahwa terdapat peningkatan luas area lahan terbangun dan lahan terbuka pada tahun 2023 dibandingkan tahun 2017 terutama di wilayah bagian barat dan timur Kota Pekanbaru.



Gambar 4a. Gambar 4b.
Gambar 4. Hasil klasifikasi tutupan lahan (4a) tahun 2017 (4b) tahun 2023

III.1. Pengecekan Akurasi dan Perbandingan Metode

Tabel 3 menunjukkan hasil pengklasifikasian tutupan lahan menggunakan metode SVM, CART, RF, dan GB. Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa metode RF memiliki nilai *Overall Accuracy* dan Koefisien Kappa tertinggi dibandingkan metode lain. Hal ini berarti metode *Random Forest* adalah metode terbaik untuk mengklasifikasikan tutupan lahan berdasarkan 4 kelas pada penelitian ini. Nilai *Overall Accuracy* yang didapatkan sebesar 94,762% sudah memenuhi ukuran minimum pengklasifikasian yang baik sebesar 85% menurut skema klasifikasi Anderson [25].



Tabel 3. Keterangan Kelas Tutupan Lahan dan Jumlah Sampel

Metode	Overall Accuracy	Koefisien Kappa	Tipe	TP	LTG	LTB	BA
	89,890	0,865	PA	98,611	95,111	79,894	83,769
SVM			UA	97,706	95,536	81,183	82,902
CART	91,717	0,889	PA	98,611	92,889	84,127	90,052
			UA	99,533	95,434	84,127	86,432
RF	94,762	0,930	PA	99,074	97,333	88,888	92,670
			UA	100,000	96,903	89,362	91,710
GB	93,788	0,917	PA	98,611	97,333	86,772	91,099
			UA	99,533	95,633	87,700	91,099

Keterangan: PA: *Producer Accuracy*; UA: *User Accuracy*; TP: Tutupan Pohon; LTG: Lahan Terbangun; LTB: Lahan Terbuka; BA: Badan Air.

III.2. Perubahan Tutupan Lahan

Tabel 4. Distribusi Luas Tutupan Lahan

Kelas	2017		2023	
	km ²	%	km ²	%
Tutupan Pohon	341,632	52,797	327,134	50,556
Lahan Terbangun	113,689	17,570	122,125	18,874
Lahan Terbuka	158,308	24,465	167,941	25,954
Badan Air	33,438	5,168	29,867	4,616
Total	647,067	100,000	647,067	100,000

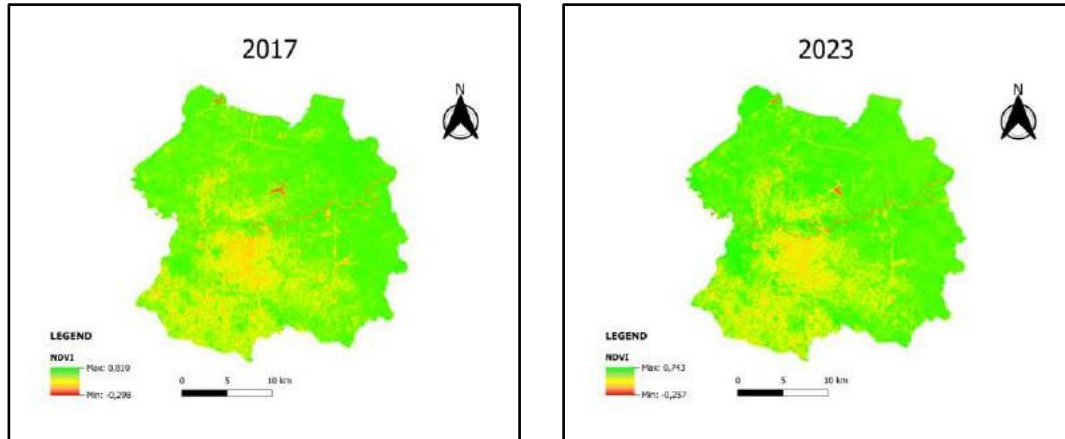
Secara visual berdasarkan klasifikasi yang terbentuk pada Gambar 4 diketahui bahwa terdapat perubahan tutupan lahan yang cukup signifikan terutama pada wilayah Pekanbaru bagian utara dan tenggara. Berdasarkan Tabel 4, tutupan pohon merupakan kelas dengan area terluas baik pada tahun 2017 maupun 2023 dengan persentase luas area tutupan pohon masih di atas 50%, diikuti oleh lahan terbuka, lahan terbangun, dan badan air.

Tabel 5. Perubahan Luas Tutupan Lahan (2017 - 2023)

Kelas	Luas Area (km ²)		Perubahan (km ²)		Persen Perubahan (%)	
	2017	2023	2017 - 2023	2017 - 2023	2017 - 2023	2017 - 2023
Tutupan Pohon	341,632	327,134	- 14,498	- 4,244	- 4,244	- 4,244
Lahan Terbangun	113,689	122,125	+ 8,436	+ 7,420	+ 7,420	+ 7,420
Lahan Terbuka	158,308	167,941	+ 9,633	+ 6,085	+ 6,085	+ 6,085
Badan Air	33,438	29,867	- 3,571	- 10,679	- 10,679	- 10,679

Dari Tabel 4, dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan luas area pada setiap kelas pada tahun 2017 dan 2023. Besarnya perubahan luas area ditunjukkan oleh Tabel 5 dimana terdapat kelas yang mengalami penambahan dan juga pengurangan. Di tahun 2017, luas area tutupan pohon sebesar 341,632 km², kemudian mengalami penurunan pada tahun 2023 menjadi sebesar 327,134 km² atau mengalami pengurangan luas area sebesar 14,498 km² (4,244%). Di tahun 2017, luas area lahan terbangun sebesar 113,689 km², kemudian mengalami kenaikan pada tahun 2023 menjadi sebesar 122,125 km² atau mengalami penambahan luas area sebesar 8,436 km² (7,420%). Di tahun 2017, luas area lahan terbuka sebesar 158,308 km², kemudian mengalami kenaikan pada tahun 2023 menjadi sebesar 167,941 km² atau mengalami penambahan luas area sebesar 9,633 km² (6,085%). Di tahun 2017, luas area badan air sebesar 33,438 km², kemudian mengalami penurunan pada tahun 2023 menjadi sebesar 29,867 km² atau mengalami pengurangan luas area sebesar 3,571 km² (10,679%).

III.3. Perubahan Kerapatan Vegetasi Hijau



Gambar 5a.

Gambar 5b.

Gambar 5. Peta NDVI (5a) tahun 2017 (5b) tahun 2023

Tabel 6. Rata-rata Indeks Vegetasi (NDVI)

Tahun	Rata-rata NDVI
2017	0,524
2023	0,503

Gambar 5 menunjukkan peta NDVI Pekanbaru untuk tahun 2017 dan 2023 yang diolah menggunakan Citra Landsat 8 pada GEE. Dari hasil pemetaan tersebut cukup terlihat perbedaan tingkat vegetasi hijau antara tahun 2017 dan 2023. Tahun 2017 memiliki nilai maksimum NDVI yang lebih besar dan nilai minimum NDVI yang lebih kecil dibandingkan tahun 2023. Hal tersebut menandakan adanya pengurangan area vegetasi hijau di Pekanbaru pada tahun 2023. Berdasarkan perhitungan NDVI pada Tabel 6 didapatkan rata-rata NDVI pada tahun 2017 sebesar 0,524. Sedangkan tahun 2023 memiliki rata-rata NDVI sebesar 0,503. Hal tersebut sejalan dengan hasil klasifikasi tutupan lahan pada Tabel 5 dimana tutupan pohon yang mencerminkan vegetasi hijau mengalami penurunan luas area dari tahun 2017 hingga 2023.

III.4. Pembahasan

Metode terbaik dalam mengklasifikasikan tutupan lahan di Pekanbaru, Riau adalah metode *random forest*. Hal ini sejalan dengan penelitian Shiraiishi [10] dan Xie [12] yang menyebutkan bahwa metode klasifikasi *random forest* merupakan metode terbaik dalam mengklasifikasikan tutupan lahan di wilayah penelitian mereka.

Penelitian ini memberikan hasil bahwa terdapat perubahan tutupan pohon dan vegetasi hijau di Pekanbaru dari tahun 2017 hingga 2023. Hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang dilakukan Nugraha [21] dan Firmansyah [22] yang menyatakan bahwa terjadi penurunan luas area tutupan lahan hijau di Pekanbaru dari 2 waktu penelitian mereka. Penurunan luas area tutupan pohon dapat disebabkan oleh berbagai faktor, baik faktor manusia maupun faktor alamiah.

Adanya pengurangan tutupan lahan hijau dan penambahan lahan terbangun dan terbuka ini disebabkan oleh adanya fenomena urbanisasi di daerah Pekanbaru, Riau [22]. Teori Urban Ecology yang dikemukakan oleh Robert E. Park menyebutkan bahwa fenomena urbanisasi di suatu wilayah menyebabkan perluasan wilayah perkotaan ke daerah pinggiran yang sebelumnya merupakan lahan hijau [23]. Pekanbaru merupakan ibukota Provinsi Riau dimana fenomena urbanisasi merupakan hal yang normal terjadi setiap tahunnya. Fenomena urbanisasi ini menyebabkan adanya pembangunan yang



lebih masif di wilayah perkotaan dibandingkan wilayah pedesaan. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya pembangunan di wilayah perkotaan akibat fenomena urbanisasi, diantaranya adalah jumlah penduduk dan ketersediaan fasilitas dan infrastruktur yang memadai [22]. Dalam mendukung pertumbuhan populasi dan aktivitas ekonomi di Pekanbaru, lahan hijau yang tersedia seringkali dikonversi menjadi bangunan komersial perumahan, maupun infrastruktur publik. Ketersediaan infrastruktur ini ditandai dengan adanya pembangunan jalan tol yang menjadi jalan penghubung antar kabupaten/kota dan antar provinsi. Pembangunan Jalan Tol Pekanbaru - Bukittinggi, Pekanbaru - Dumai, dan Rengat - Pekanbaru mengindikasikan salah satu penyebab berkurangnya luas area tutupan pohon dan bertambahnya luas area lahan terbangun dan terbuka. Hal ini dapat dilihat pada peta klasifikasi dimana terdapat perubahan yang cukup signifikan pada daerah barat laut dan utara Pekanbaru yang merupakan daerah pembangunan jalan tol Pekanbaru - Dumai. Central Place Theory menjelaskan bahwa pembangunan jalan dan infrastruktur di suatu wilayah menyebabkan kemudahan akses ke wilayah tersebut dan mendorong terjadinya urbanisasi di wilayah tersebut [24].

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini mengklasifikasikan tutupan lahan di Pekanbaru, Riau ke dalam 4 kelas. Metode terbaik dalam mengklasifikasikan tutupan lahan adalah *random forest* dengan nilai *overall accuracy* sebesar 94,762%. Penelitian ini menangkap adanya perubahan tutupan pohon yang signifikan dari tahun 2017 hingga 2023 sebesar 4,244%. Penurunan tutupan pohon ini diindikasikan sebagai akibat dari adanya pembangunan Jalan Tol Pekanbaru - Bukittinggi, Pekanbaru - Dumai, dan Rengat - Pekanbaru. Pembangunan infrastruktur jalan tol selama tahun 2017 hingga 2023 menyebabkan bertambahnya tingkat urbanisasi di wilayah Pekanbaru, Riau karena mempermudah akses menuju wilayah tersebut. Fenomena urbanisasi yang terjadi ini dapat mendorong terus dilakukannya pembangunan berbagai fasilitas dan infrastruktur publik yang memerlukan lahan hijau dalam pelaksanaannya. Kebijakan mengenai penggunaan lahan dalam pembangunan di Pekanbaru perlu terus dilakukan. Berbagai upaya perlu dilakukan terutama oleh pemerintah untuk tetap menjaga pelestarian alam di wilayah Pekanbaru dengan melakukan pembangunan yang tetap berorientasi pada lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada berbagai pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun paper ini. Secara khusus kami sampaikan rasa terima kasih kepada teman-teman penulis yang ikut memberikan dukungan agar makalah ini dapat diselesaikan dengan baik dan tim SENADA yang telah meluangkan waktunya untuk mengadakan event ini dan mereview paper ini supaya lebih baik lagi.

REFERENSI

1. P. Combes Motel, J. Choumert, A. Minea, and T. Sterner, “Explorations in the Environment-Development Dilemma,” *Environ. Resour. Econ.*, vol. 57, no. 4, pp. 479–485, 2014, doi: 10.1007/s10640-013-9745-9.
2. S. B. Jennings, N. D. Brown, and D. Sheil, “Assessing forest canopies and understorey illumination: Canopy closure, canopy cover and other measures,” *Forestry*, vol. 72, no. 1, pp. 59–73, 1999, doi: 10.1093/forestry/72.1.59.
3. FAO, “Fra 2000 ON DEFINITIONS OF FOREST AND FOREST CHANGE,” no. November 1999, 2000.
4. M. G. Ghebregabher, T. Yang, X. Yang, X. Wang, and M. Khan, “Extracting and analyzing forest and woodland cover change in Eritrea based on landsat data using supervised classification,” *Egypt. J. Remote Sens. Sp. Sci.*, vol. 19, no. 1, pp. 37–47, 2016, doi: 10.1016/j.ejrs.2015.09.002.
5. F. Achard *et al.*, “Determination of tropical deforestation rates and related carbon losses from 1990 to 2010,” *Glob. Chang. Biol.*, vol. 20, no. 8, pp. 2540–2554, 2014, doi: 10.1111/gcb.12605.



6. G. F. Watch, “Indonesia Deforestation Rates & Statistics.” Accessed: Jun. 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.globalforestwatch.org/dashboards/country/IDN/>
7. D. J. Nowak, R. A. Rowntree, E. G. Mcpherson, S. M. Sisinni, E. R. Kerkmann, and J. C. Stevens, “LANDSCAPE AND URBAN PLANNING Measuring and analyzing urban tree cover,” *Landsc. Urban Plan.*, vol. 36, pp. 49–57, 1996.
8. P. H. Karya, “Trans Sumatera.” Accessed: Jun. 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.hutamakarya.com/trans-sumatera>
9. L. Zvobgo and J. Tsoka, “Deforestation rate and causes in Upper Manyame Sub-Catchment, Zimbabwe: Implications on achieving national climate change mitigation targets,” *Trees, For. People*, vol. 5, no. April, p. 100090, 2021, doi: 10.1016/j.tfp.2021.100090.
10. T. Shiraishi, T. Motohka, R. B. Thapa, M. Watanabe, and M. Shimada, “Comparative assessment of supervised classifiers for land use-land cover classification in a tropical region using time-series PALSAR mosaic data,” *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.*, vol. 7, no. 4, pp. 1186–1199, 2014, doi: 10.1109/JSTARS.2014.2313572.
11. M. S. Tehrany, B. Pradhan, and M. N. Jebuv, “A comparative assessment between object and pixel-based classification approaches for land use/land cover mapping using SPOT 5 imagery,” *Geocarto Int.*, vol. 29, no. 4, pp. 351–369, 2014, doi: 10.1080/10106049.2013.768300.
12. Z. Xie, Y. Chen, D. Lu, G. Li, and E. Chen, “Classification of land cover, forest, and tree species classes with Ziyuan-3 multispectral and stereo data,” *Remote Sens.*, vol. 11, no. 2, pp. 1–27, 2019, doi: 10.3390/rs11020164.
13. B. P. B. Daerah, “Pekanbaru dan Bengkalis Tetapkan Status Siaga Darurat Karhutla, Selanjutnya Provinsi Riau.” Accessed: Jun. 07, 2024. [Online]. Available: <https://bpbd.riau.go.id/berita/detail/pekanbaru-dan-bengkalis-tetapkan-status-siaga-darurat-karhutla-selanjutnya-provinsi-riau>
14. X. Yang and C. P. Lo, “Modelling urban growth and landscape changes in the Atlanta metropolitan area,” *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, vol. 17, no. 5, pp. 463–488, 2003, doi: 10.1080/1365881031000086965.
15. B. C. Ko, H. H. Kim, and J. Y. Nam, “Classification of potential water bodies using landsat 8 OLI and a combination of two boosted random forest classifiers,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 15, no. 6, pp. 13763–13777, 2015, doi: 10.3390/s150613763.
16. J. A. Richards, *Remote sensing digital image analysis: An introduction*, vol. 9783642300622. 2013. doi: 10.1007/978-3-642-30062-2.
17. J. A. Cardille, M. A. Crowley, D. Saah, and N. E. Clinton, *Cloud-Based Remote Sensing with Google Earth Engine*. 2024. doi: 10.1007/978-3-031-26588-4.
18. A. Asokan and J. Anitha, “Change detection techniques for remote sensing applications: a survey,” *Earth Sci. Informatics*, 2019, doi: 10.1007/s12145-019-00380-5.
19. A. Zaitunnah, Samsuri, A. G. Ahmad, and R. A. Safitri, “Plastic degrading fungi *Trichoderma viride* and *Aspergillus nomius* isolated from Nouban, F. and Abazid, M. (2017) ‘Plastic degrading fungi *Trichoderma viride* and *Aspergillus nomius* isolated from local landfill soil in Medan’, *Iopscience.Iop.Org*, 8(February),” *Iopscience.Iop.Org*, vol. 8, no. February 2018, pp. 68–74, 2017, doi: 10.1088/1755-1315.
20. W. A. F, B. U. Musa, and I. M. I, “Assessment of Deforestation Level in Some Selected Forests in Nigeria. A Case Study of Duddurun Gaya Forest Reserve, Gaya Local Government Kano State, Nigeria,” *Direct Res. J. Public Heal. Environ. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–7, 2019, doi: 10.26765/DRJPHET.2019.6902.
21. I. Nugraha, F. Dalilla, M. H. Tanjung, R. Ardiansyah, and M. I. Hisyam, “Spatiotemporal Analysis of Urban Land Cover: Case Study - Pekanbaru City, Indonesia,” no. ICoSET 2019, pp. 74–79, 2020, doi: 10.5220/0009106300740079.
22. F. Firmansyah and A. B. Raharja, “Quantification of Land Cover Changes in Sub-urban Areas of Pekanbaru City,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 887, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/887/1/012020.
23. R. E. Park and E. W. Burgess, “Introduction To the Science of Sociology,” 1928.
24. S. Brown, “Central Place Theory: Sixty Years On.” 1993.
25. J. R. Anderson, E. E. Hardy, J. T. Roach, and R. E. Witmer, “A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data,” *Biol. Cent.*, vol. 2, pp. v–413, 1929.