

Pemanfaatan Citra Satelit Landsat untuk Analisis Kerapatan Vegetasi menggunakan Metode NDVI di Kota Serang Tahun 2014 dan 2024

Muhammad Saiful Ruuhulhaq^{1*}, Sarah Setianingrum¹

¹Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 24 June 2024
Accepted 4 October 2024
Available online 31
December 2024

Kata Kunci:

Kerapatan Vegetasi; Alih
Fungsi Lahan; NDVI

Keywords:

Vegetation Density; Land
Conversion; NDVI

ABSTRAK

Perubahan penggunaan lahan dan alih fungsi lahan menjadi salah satu isu penting yang dihadapi oleh banyak kota di Indonesia, termasuk Kota Serang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kerapatan vegetasi di Kota Serang sehingga diharapkan dapat memberikan gambaran perubahan kerapatan vegetasi selama satu dekade terakhir. Metode yang digunakan Indeks Vegetasi Diferensial Terormodifikasi atau Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) untuk menganalisis citra satelit. Hasil dari penelitian ini ialah adanya perubahan kerapatan vegetasi yang signifikan dari 2014 hingga 2024. Pada tahun 2014, wilayah dengan NDVI tinggi (≥ 0.45) dan sedang ($0.33 \leq \text{NDVI} \leq 0.45$) lebih luas dibandingkan dengan tahun 2024, mengindikasikan adanya degradasi vegetasi yang signifikan selama periode tersebut.

ABSTRACT

The change in land use and land conversion has become one of the critical issues faced by many cities in Indonesia, including Serang City. This study aims to analyze vegetation density in Serang City to provide an overview of changes in vegetation density over the past decade. The method used is the Modified Differential Vegetation Index or Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to analyze satellite images. The results of this study indicate a significant change in vegetation density from 2014 to 2024. In 2014, areas with high NDVI (≥ 0.45) and moderate ($0.33 \leq \text{NDVI} \leq 0.45$) were larger compared to 2024, indicating significant vegetation degradation during that period.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2024 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.



* Corresponding author.

E-mail addresses: ruuhulhaqgeo@upi.edu, sarahsetianingrum@upi.edu

1. Pendahuluan

Perubahan penggunaan lahan dan alih fungsi lahan menjadi salah satu isu penting yang dihadapi oleh banyak kota di Indonesia, termasuk Kota Serang. Urbanisasi yang cepat dan peningkatan populasi seringkali mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan, termasuk berkurangnya ruang terbuka hijau. Keberadaan ruang terbuka hijau memiliki peran vital dalam menjaga keseimbangan ekosistem perkotaan, mengurangi efek pemanasan global, dan menyediakan ruang rekreasi bagi masyarakat. Berdasarkan Undang-Undang No 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang bahwa suatu wilayah kota diwajibkan memiliki riang terbuka hijau minimal 30% dari luas kota dan minimal 20% adalah rung terbuka hijau public. Oleh karena itu, pemantauan kondisi vegetasi menjadi krusial untuk memastikan keberlanjutan lingkungan di kawasan perkotaan.

Salah satu metode yang efektif untuk melakukan pemantauan vegetasi adalah dengan memanfaatkan citra satelit dan metode penginderaan jauh. Citra satelit Landsat menyediakan data multitemporal dengan resolusi spasial yang memadai, memungkinkan analisis perubahan penggunaan lahan dan kerapatan vegetasi dalam jangka waktu tertentu. Indeks Vegetasi Diferensial Terormodifikasi atau Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam analisis citra satelit untuk menilai kondisi vegetasi. NDVI memanfaatkan perbedaan reflektansi antara pita merah dan pita inframerah dekat untuk mengidentifikasi tingkat kehijauan dan kesehatan vegetasi.

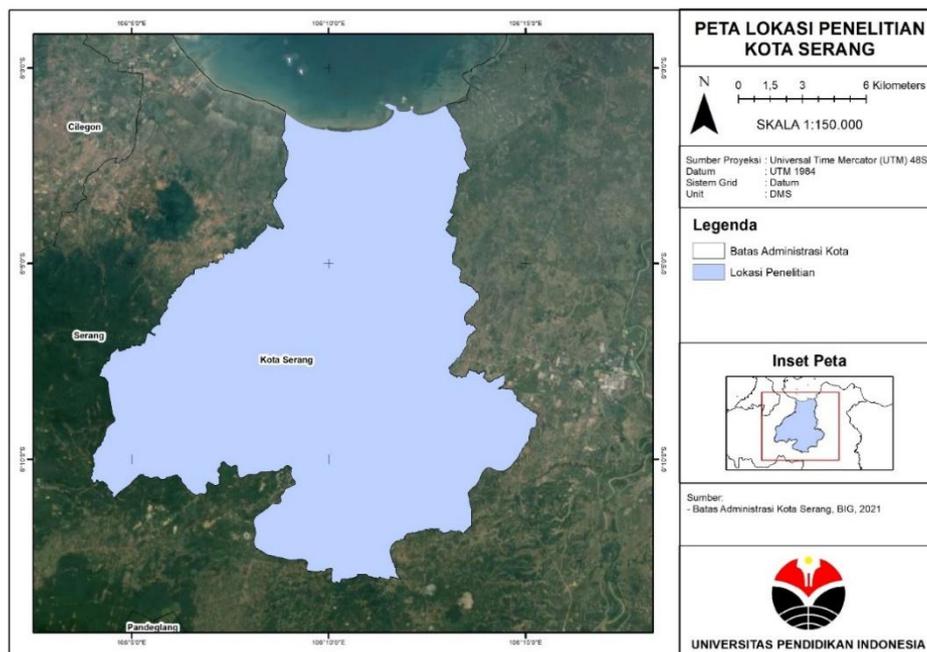
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kerapatan vegetasi di Kota Serang menggunakan citra satelit Landsat dan metode NDVI. Dengan memanfaatkan data Landsat dari tahun 2014 dan 2024, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran perubahan kerapatan vegetasi selama satu dekade terakhir. Analisis ini tidak hanya penting untuk memahami dinamika perubahan penggunaan lahan di Kota Serang, tetapi juga untuk menyediakan data yang relevan bagi perencanaan tata ruang dan pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan. Selain itu, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk merumuskan kebijakan yang mendukung konservasi ruang terbuka hijau.

Perubahan penggunaan lahan dan alih fungsi lahan menjadi isu yang mengancam keberlanjutan lingkungan perkotaan, termasuk Kota Serang. Urbanisasi yang pesat dan peningkatan populasi mengakibatkan berkurangnya ruang terbuka hijau (RTH) yang berdampak terhadap keseimbangan ekosistem, mengurangi dampak pemanasan global, dan menyediakan ruang publik, sehingga dibutuhkan penelitian yang menganalisis perubahan vegetasi.

2. Metode

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Kota Serang yang merupakan ibukota Provinsi Banten. Secara geografis Kota Serang terletak di antara 5 0.99'- 6 0.22' Lintang Selatan dan 106 0.07'- 106 0.25' Bujur Timur, dengan luas wilayah 25,218 ha.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Pengumpulan dan Pengolahan Data

Sebelum memanfaatkan citra untuk mendeteksi perubahan vegetasi, dilakukan serangkaian proses untuk melakukan koreksi geometrik dan radiometrik pada citra satelit. Citra yang digunakan yaitu tahun 2014 dan 2024 telah dilakukan koreksi geometrik yaitu citra tersebut disamakan proyeksi dan datumnya ke dalam sistem koordinat UTM Zone 48S dan datum WGS84. Hasil transformasi citra menunjukkan Root Mean Square (RMS) Error sebesar 0,4 hingga 0,6, yang menunjukkan akurasi yang tinggi.

Koreksi radiometrik bertujuan untuk mengoreksi nilai piksel agar sesuai dengan nilai yang seharusnya, dengan mempertimbangkan gangguan atmosfer sebagai sumber utama kesalahan. Efek atmosfer dapat menyebabkan nilai pantulan objek di permukaan bumi yang terekam oleh sensor menjadi tidak akurat, baik lebih besar karena hamburan maupun lebih kecil karena penyerapan. Selain pengaruh kondisi atmosfer, kecerahan data citra juga dipengaruhi oleh sudut sinar matahari dan sensitivitas sensor. Proses pengolahan data citra satelit Landsat dimulai dengan konversi nilai Digital Number (DN) menjadi nilai reflektansi. Data Landsat kemudian dikoreksi radiometrik menggunakan metode koreksi ToA, yang mencakup ToA reflektansi dan koreksi sudut matahari. Koreksi ToA reflektansi dilakukan dengan mengkonversi nilai DN menjadi nilai reflektansi menggunakan persamaan berikut:

$$\rho\lambda' = M\rho Q_{cal} + A\rho \tag{1}$$

dimana:

$\rho\lambda'$ = TOA reflektansi, tanpa koreksi untuk sudut matahari .

$M\rho$ = REFLECTANCE_MULT_BAND_x , di mana x adalah nomor Band

$A\rho$ = REFLECTANCE_ADD_BAND_x , di mana x adalah nomor Band

Q_{cal} = Nilai digital number (DN)

Selanjutnya, citra dikoreksi untuk sudut matahari guna menghilangkan perbedaan nilai DN yang disebabkan oleh posisi matahari. Posisi matahari terhadap bumi berubah bergantung pada waktu perekaman dan lokasi objek yang direkam. Persamaan untuk koreksi sudut matahari adalah:

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{(\cos(\theta SZ))} = \frac{\rho\lambda'}{(\sin(\theta SE))} \tag{2}$$

dimana:

$\rho\lambda$ = ToA reflektansi

θSE = sun elevation

θSZ = sudut zenith matahari

$\theta SZ = 90^\circ - \theta SE$

NDVI, sebagaimana disebutkan sebelumnya, adalah fungsi dari dua band citra, yaitu band red dan band near infra-red yang dapat dihitung pada kedua band tersebut menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \tag{3}$$

dimana:

NIR= radiasi inframerah dekat dari piksel

RED= radiasi cahaya merah dari piksel

Salah satu cara efektif untuk memonitor perubahan kerapatan vegetasi dari waktu ke waktu adalah dengan menganalisis tren nilai NDVI. NDVI, sebagai indeks yang sensitif terhadap kehijauan vegetasi, dapat memberikan gambaran umum tentang kondisi vegetasi suatu area. Dengan membandingkan nilai NDVI pada tahun-tahun yang berbeda, kita dapat mengidentifikasi pola perubahan kerapatan vegetasi secara spasial dan temporal.

Vegetasi sangat rendah umumnya memiliki tutupan yang sangat jarang, tinggi tanaman yang sangat pendek, kerapatan rendah, dan kondisi yang sangat kering atau bahkan mati. Sementara itu, vegetasi rendah memiliki karakteristik yang sedikit lebih baik, namun masih menunjukkan tanda-tanda kekurangan nutrisi atau stres lingkungan. Penggunaan alat dapat membantu dalam pengukuran yang lebih akurat. Kriteria klasifikasi dan kondisi lingkungan setempat dapat mempengaruhi hasil interpretasi.

Jika nilai NDVI pada suatu area menunjukkan peningkatan yang signifikan dari tahun ke tahun, hal ini umumnya mengindikasikan adanya peningkatan kerapatan vegetasi. Peningkatan NDVI dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti rehabilitasi lahan, peningkatan curah hujan, atau pengelolaan hutan yang baik. Sebaliknya, penurunan nilai NDVI mengindikasikan adanya penurunan kerapatan vegetasi yang mungkin disebabkan oleh deforestasi, degradasi lahan, atau perubahan iklim.

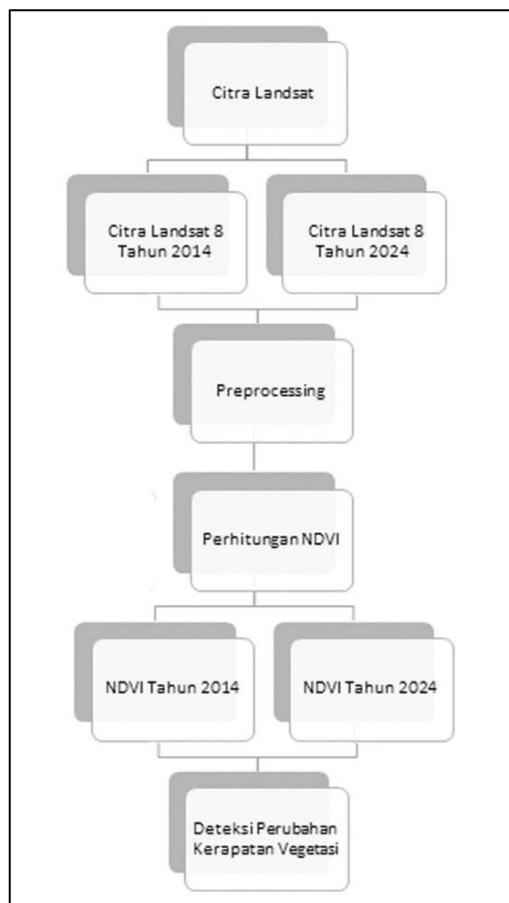
Setelah mendapatkan NDVI, langkah berikutnya adalah melakukan klasifikasi tingkat vegetasi untuk memperoleh informasi yang lebih rinci. Rentang nilai indeks vegetasi tersebut diklasifikasikan menjadi lima kelas, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1.
 Nilai Rentang Indeks Vegetasi NDVI, Sumber: Sari et al., (2005)

No	NDVI	Klasifikasi
1	$NDVI \leq 0.11$	Non Vegetasi
2	$0.11 \leq NDVI \leq 0.25$	Tingkat Kehijauan Sangat Rendah
3	$0.25 \leq NDVI \leq 0.33$	Tingkat Kehijauan Rendah
4	$0.33 \leq NDVI \leq 0.45$	Tingkat Kehijauan Sedang
5	$NDVI \geq 0.45$	Tingkat Kehijauan Tinggi

Tabel 1 menunjukkan bahwa wilayah dengan nilai NDVI di bawah 0,11 tidak termasuk dalam kelompok vegetasi, yang mungkin merupakan wilayah perairan atau lahan terbangun. Sebaliknya, wilayah dengan nilai NDVI di atas 0,45 dikategorikan sebagai kawasan vegetasi dengan tingkat kehijauan yang tinggi.

Hasil NDVI didapatkan citra dengan nilai kedalaman piksel berkisar antara -1 sampai 1. Metode pengkelasan kembali terhadap hasil NDVI untuk memperoleh jenis RTH yang ada di Kota Serang. Klasifikasi nilai kelas NDVI menggunakan referensi penelitian sebelumnya. Meskipun NDVI tidak memberikan ukuran kerapatan yang absolut, namun metode tersebut dapat digunakan sebagai proksi atau perkiraan kerapatan vegetasi.

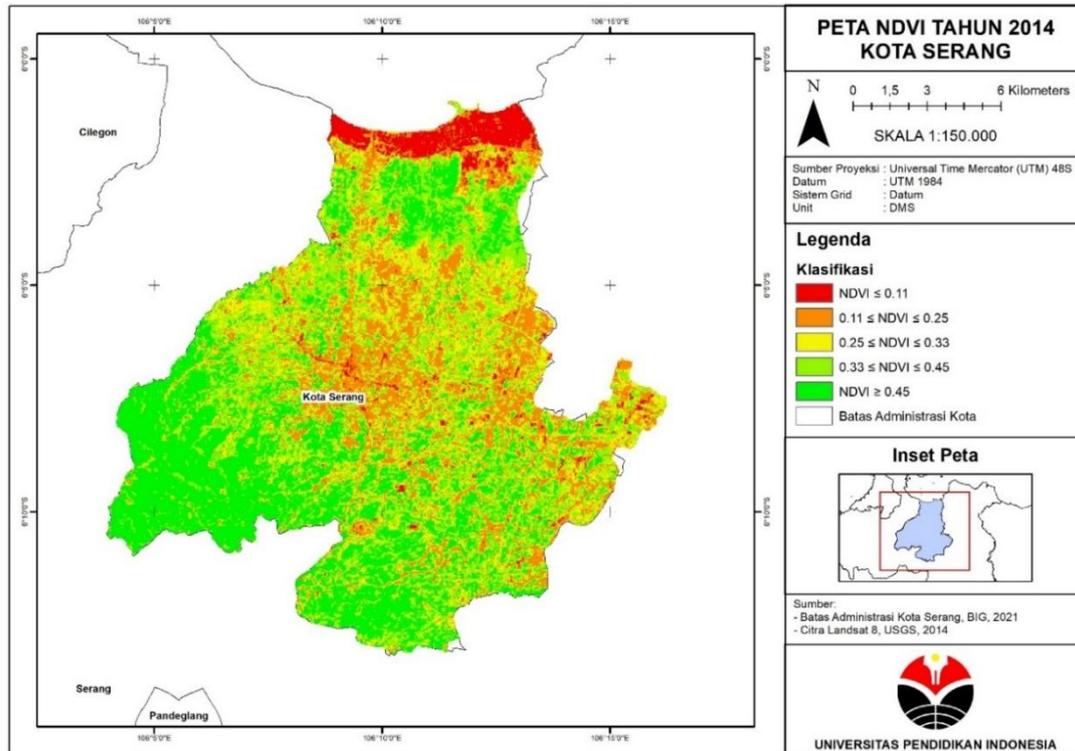


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

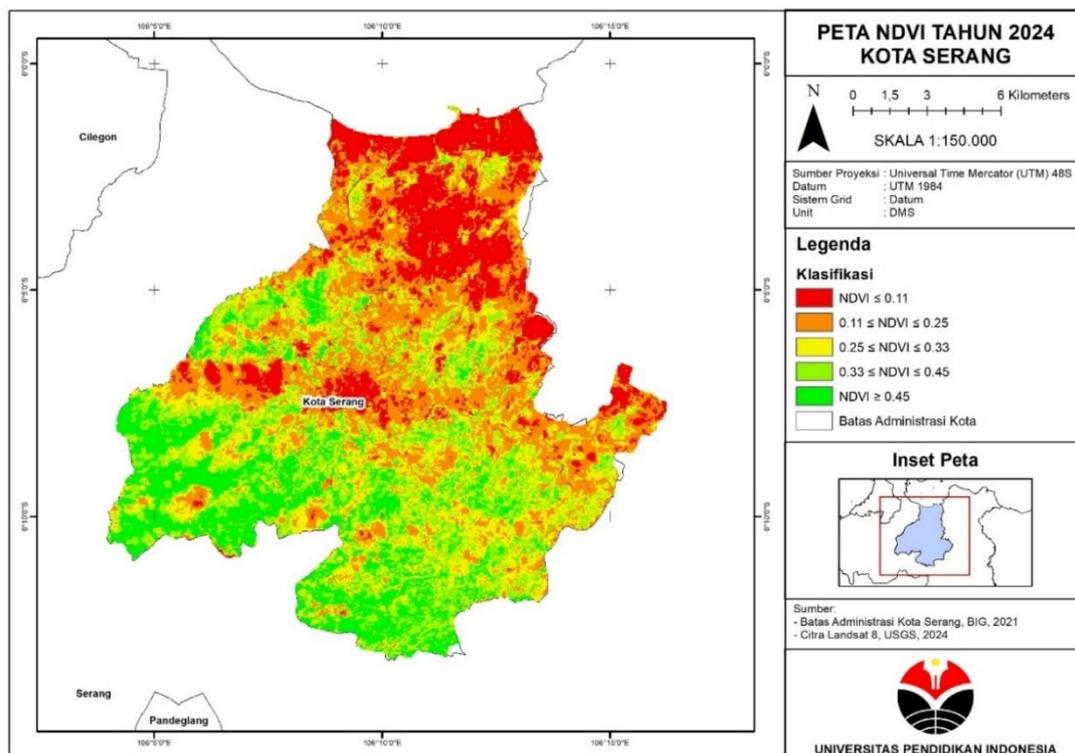
3. Hasil dan pembahasan

Hasil NDVI Kota Serang Tahun 2014 dan 2024

Indeks vegetasi pada tahun 2014 dan 2024 menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan. Hasil analisis NDVI menggunakan citra satelit Landsat 8 tahun 2014 dan 2024 diperlihatkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Peta NDVI Kota Serang Tahun 2014



Gambar 4. Peta NDVI Kota Serang Tahun 2024

Peta NDVI tahun 2014 menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Kota Serang memiliki tingkat kehijauan yang cukup baik, terutama di bagian selatan dan barat daya kota, yang ditandai dengan warna hijau tua ($NDVI \geq 0.45$). Area dengan NDVI rendah ($0.11 \leq NDVI \leq 0.25$) dan sangat rendah ($NDVI \leq 0.11$) lebih terbatas dan terkonsentrasi di bagian utara kota serta beberapa area di sekitar pusat kota. Warna merah menunjukkan area non-vegetasi atau dengan vegetasi yang sangat terbatas, yang kemungkinan besar adalah area terbangun atau lahan tidak produktif.

Peta menunjukkan bahwa area dengan tingkat kehijauan tinggi ($NDVI \geq 0.45$) dan sedang ($0.33 \leq NDVI \leq 0.45$) yang merupakan indikator utama ruang terbuka hijau yang efektif sangat terbatas. Wilayah dengan vegetasi sangat rendah ($0.11 \leq NDVI \leq 0.25$) dan rendah ($0.25 \leq NDVI \leq 0.33$) mencakup sebagian besar kota, yang mengindikasikan adanya tekanan urbanisasi yang tinggi dan degradasi lingkungan.

Deteksi Perubahan NDVI Tahun 2014 dan 2024

Berdasarkan Peta NDVI Kota Serang Tahun 2014 dan 2024 perubahan luas vegetasi dikategorikan seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2.
Perubahan Luas Vegetasi Tahun 2014 dan 2024 Secara Statistika (Satuan ha)

No	NDVI	Klasifikasi	Luas NDVI (ha)	
			Tahun 2014	Tahun 2024
1	$NDVI \leq 0.11$	Non Vegetasi	1,331	3,642
2	$0.11 \leq NDVI \leq 0.25$	Tingkat Kehijauan Sangat Rendah	4,513	8,626
3	$0.25 \leq NDVI \leq 0.33$	Tingkat Kehijauan Rendah	7,749	5,514
4	$0.33 \leq NDVI \leq 0.45$	Tingkat Kehijauan Sedang	4,145	2,622
5	$NDVI \geq 0.45$	Tingkat Kehijauan Tinggi	7,481	4,814
Total			25,218	25,218

Data perubahan luas vegetasi di Kota Serang dari tahun 2014 dan 2024 menunjukkan adanya perubahan yang signifikan dalam klasifikasi vegetasi berdasarkan nilai NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Pada tahun 2014, kategori non-vegetasi ($NDVI \leq 0.11$) mencakup area seluas 1.331 hektar, sedangkan pada tahun 2024, luas ini meningkat tajam menjadi 3.642 hektar. Hal ini menunjukkan peningkatan lahan non-vegetasi yang signifikan, yang bisa diindikasikan sebagai pertumbuhan area terbangun atau lahan gersang dan tidak termasuk awan dikarenakan menggunakan citra satelit dengan tutupan awan di bawah 5%. Kategori dengan tingkat kehijauan sangat rendah ($0.11 \leq NDVI \leq 0.25$) juga mengalami peningkatan luas yang signifikan, dari 4.513 hektar pada tahun 2014 menjadi 8.626 hektar pada tahun 2024.

Sebaliknya, kategori dengan tingkat kehijauan rendah ($0.25 \leq NDVI \leq 0.33$) dan tingkat kehijauan sedang ($0.33 \leq NDVI \leq 0.45$) menunjukkan penurunan luas vegetasi. Pada tahun 2014, kategori tingkat kehijauan rendah mencakup 7.749 hektar, namun pada tahun 2024 berkurang menjadi 5.514 hektar. Demikian juga, kategori tingkat kehijauan sedang menurun dari 4.145 hektar menjadi 2.622 hektar pada periode yang sama. Penurunan juga terjadi pada kategori tingkat kehijauan tinggi ($NDVI \geq 0.45$), dari 7.481 hektar pada tahun 2014 menjadi 4.814 hektar pada tahun 2024. Total luas vegetasi tetap sama di kedua tahun tersebut yaitu 25.218 hektar, tetapi komposisi klasifikasinya berubah secara signifikan.

Luas total Kota Serang yang sebesar 25.218 hektar mengindikasikan bahwa untuk memenuhi ketentuan tersebut, kota ini memerlukan setidaknya 7.565,4 hektar RTH, dimana 5.043,6 hektar di antaranya harus merupakan RTH publik. Berdasarkan data tahun 2024, luas vegetasi dengan tingkat kehijauan tinggi dan sedang yang biasanya memenuhi fungsi RTH hanya mencapai 7.436 hektar, yang mana ini hanya mendekati angka minimal keseluruhan tetapi tidak menjamin bahwa proporsi RTH publik terpenuhi.

Faktor Penyebab Perubahan Vegetasi di Kota Serang

Perubahan vegetasi di Kota Serang merupakan fenomena kompleks yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik alami maupun antropogenik. Faktor alami seperti perubahan iklim, bencana alam, dan dinamika ekosistem alami turut berperan dalam mengubah tutupan lahan. Namun, faktor antropogenik atau aktivitas manusia memiliki pengaruh yang lebih dominan dalam memicu perubahan vegetasi di kawasan perkotaan seperti Kota Serang.

Peningkatan urbanisasi merupakan faktor utama penyebab perubahan vegetasi di Kota Serang. Pertumbuhan penduduk yang pesat mendorong perluasan wilayah pemukiman, industri, dan infrastruktur lainnya. Akibatnya, lahan-lahan pertanian, hutan, dan ruang terbuka hijau dialihfungsikan menjadi kawasan terbangun. Aktivitas pembangunan yang tidak terkendali seringkali mengabaikan aspek lingkungan dan menyebabkan kerusakan habitat serta hilangnya keanekaragaman hayati.

Selain urbanisasi, perubahan pola konsumsi masyarakat juga berkontribusi pada perubahan vegetasi. Meningkatnya permintaan akan produk pertanian dan perkebunan mendorong perluasan lahan pertanian dan perkebunan, seringkali dengan mengorbankan hutan dan lahan-lahan yang memiliki nilai ekologis tinggi. Pencemaran lingkungan akibat aktivitas industri dan domestik juga dapat mengganggu pertumbuhan vegetasi dan menyebabkan degradasi lahan.

4. Simpulan dan saran

Berdasarkan analisis NDVI Kota Serang menggunakan citra satelit Landsat untuk tahun 2014 dan 2024, dapat disimpulkan bahwa telah terjadi perubahan signifikan dalam distribusi dan kerapatan vegetasi di wilayah ini. Data menunjukkan penurunan yang mencolok dalam area dengan tingkat kehijauan tinggi dan sedang, sementara area dengan tingkat kehijauan sangat rendah dan non-vegetasi mengalami peningkatan. Pada tahun 2014, wilayah dengan NDVI tinggi (≥ 0.45) dan sedang ($0.33 \leq \text{NDVI} \leq 0.45$) lebih luas dibandingkan dengan tahun 2024, mengindikasikan adanya degradasi vegetasi yang signifikan selama periode tersebut. Penurunan kerapatan vegetasi ini menunjukkan tekanan urbanisasi yang tinggi dan perubahan penggunaan lahan yang tidak berpihak pada pelestarian lingkungan. Pemerintah Kota Serang perlu melakukan revitalisasi dan perluasan ruang terbuka hijau secara berkelanjutan. Hal ini mencakup penanaman pohon, pembangunan taman kota, dan perlindungan hutan kota yang ada. Upaya ini penting untuk memulihkan kerapatan vegetasi yang telah menurun dan meningkatkan kualitas lingkungan hidup. Pengembangan infrastruktur dan pemukiman harus seimbang dengan pelestarian lingkungan untuk mencegah degradasi vegetasi lebih lanjut. Monitoring berkelanjutan memungkinkan pemerintah untuk mengambil tindakan cepat dalam mengatasi penurunan kualitas vegetasi dan untuk merumuskan kebijakan yang adaptif berdasarkan data terbaru.

Daftar Rujukan

- Aditiyanti, A.H., Sabri, L.M., & Sasmito B. (2013). Analisis Pengaruh Perubahan NDVI dan Tutupan Lahan Terhadap Suhu Permukaan di Kota Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*, 2(3), 10-19.
- Agus, M., Wijayanti, R., & Safitri, A. (2024). Analisis Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Di Pusat Kota Kabupaten Mara Enim Dengan Metode Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). *Ekologia: Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar dan Lingkungan Hidup*, 23(2), 77-84.
- Andini, S. W., Prasetyo, Y., & Sukmono, A. (2018). Analisis Sebaran Vegetasi dengan Citra Satelit Sentinel Menggunakan Metode NDVI dan Segmentasi. *Jurnal Geodesi UNDIP*, 7(1), 14-24.
- Aulia, Y. D., Maryani, A. T., & Syarifuddin, H. (2023). Estimasi Ruang Terbuka Hijau di Kota Jambi Tahun 2013 dan 2021 Menggunakan Transformasi NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 23(2), 1298-1302.
- Burgan, R. E and Hartford R. A. 1993. Monitoring vegetation greenness with satellite data. Gen. Tech. Rep. INT-297. Ogden, UT: US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station. 13 p.
- Hariani, Y., Susi, T., Ruthena, Y., Sutrisno, H., & Perkasa, P. (2024). Analisis NDVI untuk Mengidentifikasi Lokasi RTH Dalam Mencegah Perubahan Lingkungan Menjadi Industrialisasi. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 24(2), 301-316.
- Hatulesila, J. W., Mardiatmoko, G., & Irwanto, I. (2019). Analisis nilai indeks kehijauan (NDVI) pada pola ruang Kota Ambon, Provinsi Maluku. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*, 3(1), 55-67.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E.P., Gao, X., Ferreira, L.G. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83 (2002) 195 – 213.
- Jensen J.R. 2000. *Remote Sensing of The Environment an Earth Resource Perspective*, PP.361, Publish by Pearson Education Inc, First Indian Reprint, 2003.
- Kurnianti, R. (2020). Ketersediaan ruang terbuka hijau dan urban heat island di Kota Makassar. *Jurnal Litbang Sukowati: Media Penelitian dan Pengembangan*, 3(2), 14-14.
- Mustofa, M. A., & Saputra, A. (2023). Analisis Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Di Kota Yogyakarta Dengan Metode NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) Menggunakan Citra Landsat Tahun 2005, 2013 Dan 2021 (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Noviyanti, I. K., & Roychansyah, M. S. (2019). Analisis ketersediaan ruang terbuka hijau dengan NDVI menggunakan citra satelit Worldview 2 di Kota Yogyakarta. *Majalah Ilmiah Globe*, 21(2), 63-70.
- Nurlaily, E. D., Mustafa, L. D., & Masudia, P. E. (2020). Analisis Pemetaan Ruang Terbuka Hijau dari Hasil Citra Landsat 8 Menggunakan Metode NDVI di Kota Malang. *Journal of Telecommunication Network (Jurnal Jaringan Telekomunikasi)*, 10(3), 150-155.

- Putra, C. D. W., Afidah, S., Astuti, S. T., & Nucifera, F. (2020). Estimasi ruang terbuka hijau di Kota Yogyakarta tahun 2002-2019 menggunakan pendekatan NDVI. *Geomedia: Majalah Ilmiah Dan Informasi Kegeografian*, 18(2), 30-38.
- Rajagukguk, O. (2021). Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Kecamatan Medan Baru, Kotamadya Medan (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).
- Sari, D.K., Hermawan, E.T., Hudman, G. 2005. Study On Vegetation Cover Change In The Province of South Kalimantan Using RGB-NDVI Unsupervised Classification Method. *Map Asia Conference*. Jakarta.
- Sunaryo, D. K., & Iqmi, M. Z. (2015). Pemanfaatan Citra Landsat 8 Untuk Pendeteksian Dan Mengetahui Hubungan Kerapatan Vegetasi Terhadap Suhu Permukaan. *Spectra*, 13(25), 55-72.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang
- Wu, C. D., Chen, Y. C., Pan, W. C., Zeng, Y. T., Chen, M. J., Guo, Y. L., & Lung, S. C. C. (2017). Land-use regression with long-term satellite-based greenness index and culture-specific sources to model PM_{2.5} spatial-temporal variability. *Environmental Pollution*, 224, 148-157.
- Wulandari, N. (2020). Penggunaan Metode Ndvi (Normalized Difference Vegetation Index) Dan Savi (Soil Adjusted Vegetation Index) Untuk Mengetahui Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Terhadap Pemenuhan Kebutuhan Oksigen (Studi Kasus: Kota Yogyakarta) (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Malang).