



Analisis Kepadatan Penduduk terhadap Perubahan Tutupan Vegetasi Menggunakan NDVI di Kecamatan Medan Tuntungan

Analysis of Population Density on Vegetation Cover Change Using NDVI in Medan Tuntungan District

Yolanda Nababan^{1*}, Sahala Fransiskus Marbun², Ryan Sitompul³, Joy Simanjuntak⁴, Selfianus Hulu⁵

Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Medan

Email: nababanyolanda29@gmail.com¹, sahala@unimed.ac.id², riansartua@gmail.com³

joiannyhasianjoianny@gmail.com⁴

Article Info

Article history :

Received : 28-11-2025

Revised : 29-11-2025

Accepted : 01-12-2025

Published : 03-12-2025

Abstract

Population growth in peri-urban areas is increasingly recognized as a major driver of land-use change, particularly through the reduction of vegetation cover. This study examines the dynamics of vegetation change using NDVI analysis alongside the development of population density in Medan Tuntungan District between 2014 and 2023. The analysis draws on Landsat 8 imagery and sub-district-level demographic data. The findings reveal a substantial decline in areas classified as high to very high vegetation density, amounting to approximately 411 hectares. Conversely, areas categorized as low to very low NDVI expanded by around 305 hectares over the same nine-year period. During this interval, the population increased from 84,775 to 99,184 inhabitants, reflecting a growth of roughly 17%. Kelurahan with the highest population increases such as Simpang Selayang, Simalingkar B, and Tanjung Selamat displayed the most pronounced vegetation loss. These results indicate intensifying pressure on vegetation as population density rises, leading to the expansion of low-vegetation areas due to land conversion for residential and urban infrastructure development. Overall, the study underscores the urgency of strengthening spatial planning control and protecting green open spaces to maintain ecological sustainability in the peri-urban zones of Medan

.Keywords : Population Density, NDVI, Vegetation Cover Change

Abstrak

Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat di kawasan peri-urban kerap menjadi pemicu berubahnya pola penggunaan lahan, terutama dalam bentuk berkurangnya tutupan vegetasi. Studi ini menelusuri dinamika perubahan vegetasi melalui analisis NDVI serta perkembangan kepadatan penduduk di Kecamatan Medan Tuntungan antara tahun 2014 dan 2023. Analisis dilakukan dengan memanfaatkan citra Landsat 8 dan data kependudukan pada tingkat kelurahan. Hasil kajian memperlihatkan adanya penyusutan area dengan kategori vegetasi tinggi hingga sangat tinggi sekitar 411 ha. Pada saat yang sama, wilayah yang masuk dalam kelas NDVI rendah hingga sangat rendah justru bertambah sekitar 305 ha selama kurun sembilan tahun tersebut. Dalam periode yang sama, jumlah penduduk meningkat dari 84.775 jiwa menjadi 99.184 jiwa, atau bertambah sekitar 17%. Kelurahan-kelurahan dengan lonjakan pertumbuhan penduduk tertinggi seperti Simpang Selayang, Simalingkar B, dan Tanjung Selamat menjadi wilayah yang memperlihatkan penurunan vegetasi paling nyata. Temuan ini menunjukkan adanya tekanan yang semakin kuat terhadap vegetasi seiring meningkatnya kepadatan penduduk, yang tercermin dari meluasnya area bervegetasi rendah akibat konversi lahan menjadi permukiman maupun infrastruktur pendukung kota. Dengan demikian, hasil penelitian menegaskan urgensi pengendalian pemanfaatan ruang serta perlindungan ruang terbuka hijau untuk menjaga keberlanjutan ekologis di kawasan pinggiran Kota Medan

Kata Kunci: Kepadatan Penduduk, NDVI, Perubahan Tutupan Vegetasi



PENDAHULUAN

Sejak awal masa kemerdekaan, Indonesia telah mengalami urbanisasi dan peningkatan jumlah penduduk kota yang berlangsung dengan cepat. Perkembangan ini semakin pesat mulai tahun 1970-an, bertepatan dengan dimulainya program pembangunan nasional yang lebih sistematis dan terarah (Mardiansjah & Rahayu, 2019). Peningkatan jumlah penduduk di kawasan perkotaan menyebabkan kebutuhan lahan hunian terus bertambah. Situasi ini mendorong alih fungsi lahan dan semakin menekan keberlangsungan vegetasi serta ruang terbuka hijau. Akibatnya, perubahan tutupan vegetasi menjadi salah satu persoalan utama yang perlu diperhatikan dalam upaya menjaga kualitas lingkungan di berbagai kota di Indonesia (Chasanah et al., 2025).

Kota Medan menjadi salah satu contoh pusat perkotaan yang mengalami perkembangan pesat. Sebagai metropolitan terbesar ketiga di Indonesia, jumlah penduduknya menunjukkan peningkatan yang cukup tajam. Data BPS menunjukkan bahwa populasi Medan bertambah dari sekitar 2,13 juta jiwa pada tahun 2014 menjadi 2,43 juta jiwa pada tahun 2023. Pertumbuhan tersebut memperbesar tekanan terhadap ruang kota, terutama pada kawasan bervegetasi yang semakin banyak berubah fungsi menjadi area permukiman, pusat kegiatan ekonomi, maupun pembangunan infrastruktur (Warsono & Wijaya, 2025). Kecamatan Medan Tuntungan merupakan kawasan yang menarik untuk diteliti karena perkembangan wilayahnya yang dinamis. Secara geografis, kecamatan ini berada di zona peralihan antara pusat Kota Medan yang padat dan wilayah pinggiran yang cenderung semi-rural. Posisi tersebut membuat Medan Tuntungan menghadapi dua jenis tekanan: perluasan permukiman dari arah pusat kota (*urban sprawl*) serta meningkatnya aktivitas penduduk setempat. Seiring bertambahnya jumlah penduduk dan pembangunan hunian baru, keberadaan vegetasi alami maupun kebun masyarakat semakin terdesak. Kondisi ini menggambarkan konsep tekanan ruang (*spatial pressure*), yakni situasi ketika kebutuhan ruang untuk aktivitas manusia melebihi kemampuan lahan dalam mempertahankan tutupan vegetasinya (Sinta et al., 2018).

Tutupan vegetasi merupakan elemen penting yang sangat berpengaruh terhadap kualitas lingkungan. Keberadaan vegetasi membantu menurunkan suhu permukaan, menyerap emisi karbon, meningkatkan kemampuan tanah menyerap air, serta menjaga kestabilan ekosistem mikro di kawasan perkotaan (Pakaya et al., 2024). Ketika area vegetasi berkurang, berbagai masalah lingkungan dapat muncul, seperti meningkatnya fenomena pulau panas perkotaan (*urban heat island*), bertambahnya limpasan air yang dapat memicu banjir skala lokal, serta menurunnya mutu udara di sekitarnya. Salah satu teknik yang dinilai efektif untuk memonitor perubahan vegetasi adalah Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Metode ini menggunakan data penginderaan jauh untuk menilai tingkat kehijauan serta kondisi vegetasi dengan membandingkan nilai reflektansi inframerah dekat dan cahaya merah. NDVI telah menjadi alat analisis yang umum dalam studi lingkungan, ekologi perkotaan, maupun pemantauan dinamika tutupan lahan karena sifatnya yang objektif, mudah diproses, dan dapat diterapkan pada berbagai skala ruang dan waktu.

Analisis perubahan tutupan vegetasi di kawasan perkotaan menggunakan NDVI. Safitri et al., (2025) melaporkan bahwa pesatnya perkembangan kawasan urban di Kota Surabaya telah memicu perubahan besar pada tutupan lahannya, terutama pada area yang sebelumnya didominasi vegetasi. Laju urbanisasi yang tidak terkendali mendorong konversi ruang hijau menjadi area terbangun, termasuk permukiman, kawasan industri, dan berbagai infrastruktur. Data menunjukkan



bahwa area dengan vegetasi tinggi ($NDVI > 0,5$) mengalami penurunan dari 3.646,98 hektar (11,10%) menjadi 3.397,86 hektar (10,35%). Penyusutan ini mencerminkan terjadinya degradasi lingkungan yang cukup serius akibat berkurangnya ruang hijau di kota tersebut. Penelitian Setyowati dan Prasetyo (2020) menunjukkan bahwa kepadatan penduduk yang meningkat berkorelasi signifikan dengan penurunan area vegetasi di wilayah urban Jawa.

Meskipun penelitian mengenai NDVI semakin banyak dilakukan, sebagian besar masih berfokus pada skala kota secara umum atau mengkaji hubungannya dengan suhu permukaan, indeks bangunan, maupun perubahan penggunaan lahan. Hanya sedikit studi yang benar-benar menyoroti keterkaitan antara perubahan kepadatan penduduk dan perubahan tutupan vegetasi pada level kecamatan. Selain itu, sampai saat ini belum banyak ditemukan penelitian yang secara khusus menelaah dinamika NDVI selama 2014 & 2023 di Kecamatan Medan Tuntungan padahal kawasan ini sedang berada dalam fase transisi penting, bergeser dari wilayah semi-rural menuju area yang semakin urban dengan laju pembangunan yang kian intensif.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan spasial yang bertujuan untuk menggambarkan perubahan tutupan vegetasi menggunakan NDVI dan mengidentifikasi kecenderungan hubungan spasial antara kepadatan penduduk dan perubahan vegetasi. Pendekatan spasial digunakan dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Penginderaan jauh untuk menganalisis perubahan ruang pada periode 2014 dan 2023. Penelitian ini difokuskan di Kecamatan Medan Tuntungan, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara. Kecamatan ini memiliki luas sekitar 21, 51 km² hingga 29, 87 km², terdiri dari 9 kelurahan yang menjadi unit analisis utama. Analisis dilakukan terhadap data citra satelit tahun 2014, dan 2023 untuk melihat perubahan selama rentang waktu 9 tahun.

Tabel 1. Jenis dan Sumber Data

Jenis Data	Tahun	Sumber
Citra Landsat 8 (Band Red & NIR)	2014 dan 2023	USGS Earth Explorer
Batas Administrasi Kecamatan dan Kelurahan	2025	Tanah air Indonesia
Data Penduduk	2014 dan 2023	Badan Pusat Statistik Medan

Data Penginderaan Jauh

Penelitian ini memanfaatkan citra komposit Landsat 8 Level 2 Collection 2 Tier 1 OLI/TIRS yang diolah melalui perangkat lunak ArcGIS 10.8. Citra yang digunakan berasal dari periode akuisisi Januari hingga Desember 2014 dan Januari hingga Desember 2023. Seluruh data diunduh dari United States Geological Survey (USGS). Dataset tersebut menyediakan reflektansi permukaan yang telah melalui koreksi atmosfer, serta informasi suhu permukaan tanah yang direkam oleh sensor OLI/TIRS pada Landsat 8. Citra ini terdiri atas lima band visible dan near-infrared (VNIR), dua band short-wave infrared (SWIR) yang digunakan dalam perhitungan reflektansi permukaan, serta satu band thermal infrared (TIR) yang dimanfaatkan untuk penyesuaian data suhu permukaan.

Perlu dilakukan beberapa langkah awal sebelum menjalankan analisis untuk meningkatkan kinerja analisis terhadap UHI berdasarkan algoritma LST (Xu et al., 2016). Langkah pertama adalah



membuat peta *area of interest* (AOI). Dalam hal ini, AOI adalah Kecamatan Medan Tuntungan. Setelah mendapatkan area bebas gangguan awan, dapat melakukan uji klasifikasi LST menggunakan *band* 10 (TIRS) dalam perhitungannya terhitung pada tahun 2024 dengan melakukan beragam rangkaian parameternya.

1. Konversi Digital Number (DN) terhadap Top Of Atmosphere (TOA)

Langkah awal dalam memperoleh data suhu permukaan dilakukan dengan mengonversi nilai piksel dari Digital Number (DN) yang merupakan hasil kuantisasi dan kalibrasi sensor menjadi spektral radiance pada tingkat Top of Atmosphere (TOA). Proses ini memerlukan penerapan rumus dasar yang berfungsi untuk mengubah DN menjadi nilai radiansi spektral :

$$L\lambda = M_L * Q_{cal} + A_L$$

Dengan keterangan $M_L = 0.0003342$ mewakili faktor penskalaan ulang multiplikatif spesifik *band*, Q_{cal} adalah gambar *band* 10, sedangkan $A_L = 0.1$ adalah faktor penskalaan ulang aditif spesifik *band* (USGS, 2019).

2. Brightness Temperature (BT)

Setelah kalibrasi standar gambar piksel DN (Q_{cal}) diubah menjadi pantulan, data *band* TIRS harus dikonversi dari pancaran spektral ke *Brightness Temperature* (BT) menggunakan konstanta termal yang disediakan dalam metadata serta konversi nilai Kelvin menjadi Celcius. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$BT = \frac{K_2}{\ln \left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1 \right)} - 273,15$$

Keterangan variabel: $K_1 = 774.8853$ dan $K_2 = 1321.0789$ adalah singkatan dari konstanta konversi termal khusus *band* dari metadata.

3. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

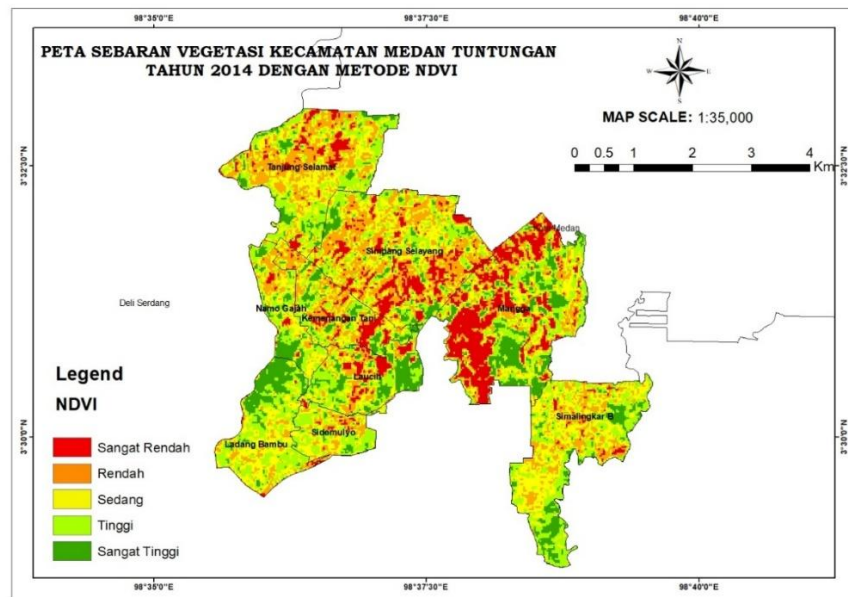
Penginderaan jauh (*remote sensing*) dapat membantu dalam mengidentifikasi dan menyelesaikan masalah lingkungan kota. Sebab dalam penginderaan jauh, *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dapat memberikan gambaran spasial vegetasi kota dan area terbangun. NDVI adalah salah satu alat analitik penginderaan jauh pertama yang digunakan untuk menyederhanakan seluk-beluk citra multispektral dan saat ini merupakan indeks yang paling banyak digunakan untuk menilai vegetasi. Rumus NDVI, proporsi vegetasi dan emisivitas seperti yang dinyatakan di bawah ini (Şekertekin & Bonafoni, 2020):

$$NDVI = \left(\frac{NIR (band\ 5) - R (band\ 4)}{NIR (band\ 5) + R (band\ 4)} \right)$$

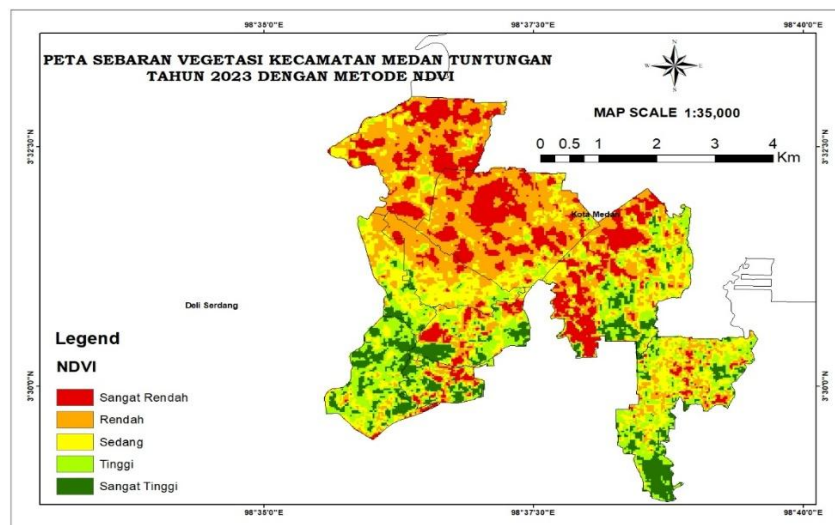


HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Tutupan Vegetasi Berdasarkan Analisis NDVI Tahun 2014 dan 2023



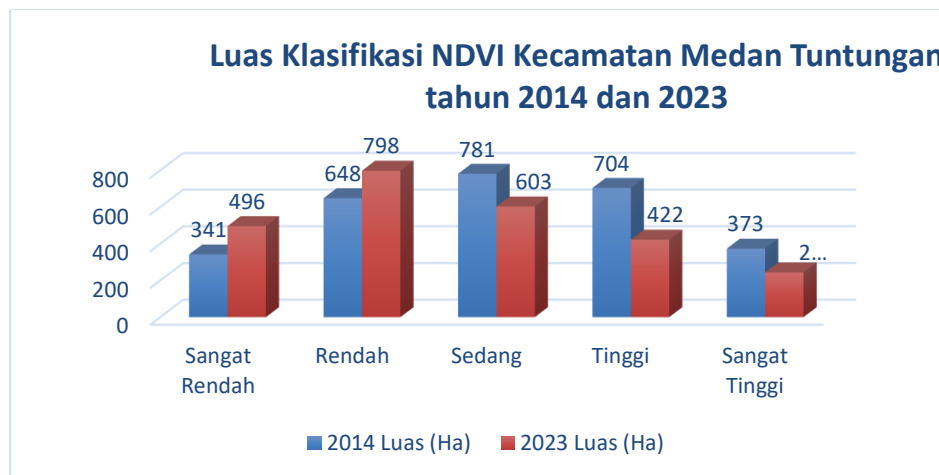
Gambar 1. Tutupan Vegetasi Tahun 2014



Gambar 2. Tutupan Vegetasi Tahun 2023

Tabel 2. Luas Klasifikasi NDVI Kecamatan Medan Tuntungan Tahun 2014 & 2023

NDVI	2014 Luas (Ha)	%	2023 Luas (Ha)	%	Perubahan Luas (Ha)
Sangat Rendah	341	12	496	19	+155
Rendah	648	23	798	31	+150
Sedang	781	27	603	24	-178
Tinggi	704	25	422	16	-282
Sangat Tinggi	373	13	244	10	-129



Hasil analisis NDVI menunjukkan bahwa kondisi tutupan vegetasi di Kecamatan Medan Tuntungan mengalami perubahan yang cukup mencolok dalam kurun waktu sembilan tahun. Pada tahun 2014, distribusi vegetasi didominasi oleh kelas *Sedang*, *Tinggi*, dan *Sangat Tinggi* yang secara bersama-sama mencakup sebagian besar area vegetatif. Namun pada tahun 2023, komposisi tersebut bergeser sehingga porsi terbesar justru berada pada kelas *Rendah* dan *Sangat Rendah*. Pergeseran ini menggambarkan kecenderungan penurunan kualitas dan kerapatan vegetasi di sebagian besar wilayah. Kelas Sangat Rendah mengalami peningkatan luas yang cukup signifikan, dari 341 ha, atau sekitar 12% dari total luas wilayah kecamatan Medan Tuntungan pada 2014 menjadi 496 ha, atau sekitar 19% dari total luas wilayah kecamatan Medan Tuntungan pada 2023. Kenaikan ini menunjukkan bahwa semakin banyak area yang hanya memiliki vegetasi sangat tipis atau bahkan mendekati kondisi non-vegetatif. Peningkatan serupa juga terlihat pada kelas Rendah, yang bertambah dari 648 ha (23%) menjadi 798 ha (31%). Kedua kelas ini menggambarkan penyebaran area dengan kondisi vegetasi yang lemah, baik dari segi kesehatan maupun kerapatannya.

Di sisi lain, kelas Sedang justru menurun dari 781 ha (27%) pada tahun 2014 menjadi 603 ha (24%) pada tahun 2023. Penurunan ini memberi sinyal bahwa area yang sebelumnya memiliki vegetasi pada tingkat stabil atau moderat mulai bergeser menjadi vegetasi yang lebih jarang atau tidak lagi mampu mempertahankan tingkat kehijauan sebelumnya. Penurunan paling mencolok terjadi pada kelas Tinggi dan Sangat Tinggi. Kelas *Tinggi*, yang pada 2014 mencapai 704 ha (25%), turun drastis menjadi 422 ha (16%) pada 2023. Hal yang sama terlihat pada kelas *Sangat Tinggi*, yang mengalami penyusutan dari 373 ha (13%) menjadi 244 ha (10%). Kedua penurunan ini menunjukkan bahwa area dengan vegetasi rapat, sehat, dan berkualitas tinggi semakin berkurang, mengindikasikan adanya proses degradasi vegetasi yang cukup serius.

Jika dilihat sebagai keseluruhan pola perubahan, tabel tersebut memperlihatkan terjadinya pergeseran besar-besaran dari kelas NDVI berkategori tinggi menuju kategori rendah, yang umum terjadi ketika vegetasi mengalami tekanan lingkungan, perubahan fungsi lahan, atau meningkatnya aktivitas manusia. Area yang dulunya hijau pekat kini semakin mengecil, sementara area dengan vegetasi tipis atau terdegradasi justru menjadi semakin luas. Secara general, perubahan komposisi NDVI antara tahun 2014 dan 2023 menggambarkan bahwa dalam hampir satu dekade, wilayah studi mengalami penurunan kualitas vegetasi secara menyeluruh. Pola ini mencerminkan melemahnya kemampuan kawasan dalam mempertahankan tutupan hijau, yang pada akhirnya dapat berdampak

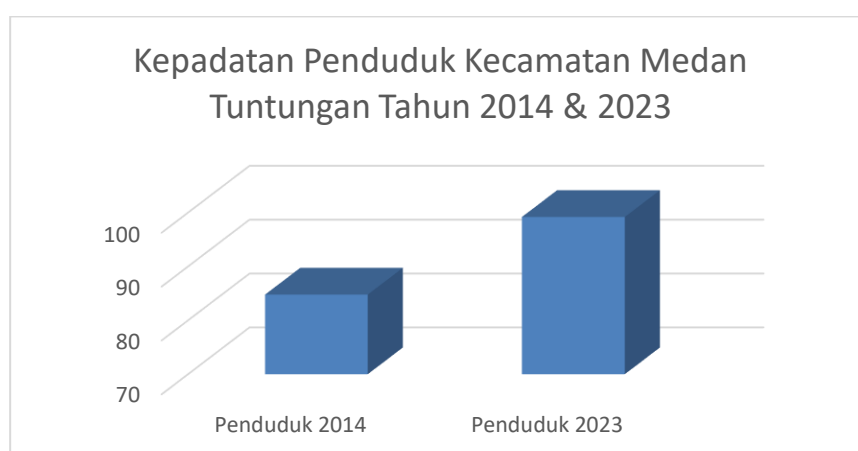


pada kondisi lingkungan seperti suhu permukaan, kemampuan serapan air, dan stabilitas ekosistem. Narasi ini memberikan gambaran jelas bahwa telah terjadi transisi dari lanskap yang semula banyak didominasi vegetasi berkualitas tinggi, menjadi lanskap yang semakin didominasi area bervegetasi rendah.

Pertumbuhan Kepadatan Penduduk dan Hubungannya terhadap Dinamika Tutupan Vegetasi di Kecamatan Medan Tuntungan Tahun 2014 dan 2023

Tabel 3. Kepadatan Penduduk di Kecamatan Medan Tuntungan Tahun 2014 & 2023

Penduduk 2014	Penduduk 2023	Perubahan
84.775	99.184	17%



Tabel 4. Kepadatan Penduduk Per Kelurahan di Kecamatan Medan Tuntungan Tahun 2014 & 2023

Kelurahan	Penduduk 2014	Penduduk 2023	Kepadatan Penduduk 2014	Kepadatan Penduduk 2023
Ladang Bambu	4.019	5.522	2.977	2.855
Sidomulyo	1.902	2.850	2.023	2.786
Laucih	2.408	2.369	2.767	1.244
Namu Gajah	2.085	3.200	1.390	1.935
Kemenangan Tani	5.600	5.763	3.733	3.743
Simalingkar B	5.856	8.516	1.321	2.617
Simpang Selayang	1.9041	2.1897	3.718	4.628
Tanjung Selamat	1.2278	1.6945	4.019	4.198
Mangga	3.1686	3.2122	11.280	6.221

Pertumbuhan penduduk merupakan salah satu pendorong utama perubahan penggunaan lahan di kawasan peri-urban, termasuk di Kecamatan Medan Tuntungan. Selama periode 2014 & 2023, jumlah penduduk di kecamatan Medan Tuntungan meningkat cukup tajam, dari 84.775 jiwa menjadi 99.184 jiwa, atau naik sekitar 17 persen dalam sembilan tahun. Lonjakan tersebut tidak terjadi secara merata beberapa kelurahan seperti Simpang Selayang, Simalingkar B, dan Tanjung Selamat mencatat pertambahan penduduk paling besar. Perubahan demografis ini memberi tekanan langsung terhadap tutupan vegetasi yang sebelumnya mendominasi sebagian wilayah kecamatan.



Perubahan tersebut tercermin jelas pada dinamika nilai NDVI. Pada tahun 2014, kondisi vegetasi masih relatif baik dengan dominasi kelas NDVI Sedang (781 ha), Tinggi (704 ha), dan Sangat Tinggi (373 ha). Namun, peta NDVI tahun 2023 menunjukkan gambaran yang jauh berbeda. Area dengan vegetasi Rendah melebar hingga 798 ha, sedangkan kelas Sangat Rendah mencapai 496 ha. Di sisi lain, kelas vegetasi Tinggi menyusut drastis menjadi 422 ha, dan kelas Sangat Tinggi turun menjadi 244 ha. Jika digabungkan, total penurunan area vegetasi berkualitas tinggi mencapai 411 ha, sementara kelas vegetasi rendah bertambah sekitar 305 ha.

Perubahan pola vegetasi ini selaras dengan proses urbanisasi yang berlangsung intensif. Mengacu pada Peri-Urban Growth Model Kurniati et al., (2022), ekspansi permukiman umumnya berkembang mengikuti jalur transportasi utama dan area yang aksesibilitasnya meningkat. Pola tersebut terlihat jelas di Medan Tuntungan: pembangunan permukiman baru menjalar mengikuti koridor jalan dan pusat aktivitas ekonomi, menggerus vegetasi yang sebelumnya berada di sepanjang lahan terbuka dan tepian jalan. Jika dilihat dari sisi spasial, kelurahan yang mengalami peningkatan penduduk terbesar juga merupakan area yang menunjukkan penurunan nilai NDVI paling mencolok. Dengan kata lain, semakin tinggi kepadatan penduduk pada suatu wilayah, semakin besar tekanan terhadap vegetasi di kawasan tersebut. Hubungan ini tampak tidak hanya secara statistik, tetapi juga pada persebaran geografis perubahan lahan.

Secara keseluruhan, temuan penelitian ini menunjukkan bahwa pertumbuhan penduduk di Kecamatan Medan Tuntungan selama hampir satu dekade terakhir berkontribusi nyata terhadap penyusutan tutupan vegetasi. Konversi lahan vegetasi menjadi permukiman, infrastruktur, dan fasilitas penunjang aktivitas urban menjadi penyebab utama meningkatnya area dengan nilai NDVI rendah. Pola ini sejalan dengan teori urbanisasi peri-urban serta kajian-kajian terdahulu yang menegaskan kuatnya hubungan antara tekanan demografis dan penurunan kualitas lingkungan. Dengan melihat tren yang terus meningkat, penting bagi pemerintah daerah untuk memperkuat regulasi tata ruang, memastikan perlindungan ruang terbuka hijau, serta mengendalikan pembangunan di kawasan yang memiliki nilai vegetasi penting. Upaya pemantauan berbasis citra satelit seperti NDVI juga perlu dilakukan secara berkala untuk memantau kondisi vegetasi dari waktu ke waktu.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa Kecamatan Medan Tuntungan mengalami perubahan tutupan vegetasi yang cukup drastis dalam periode 2014 dan 2023. Area dengan nilai NDVI tinggi dan sangat tinggi menyusut hingga 411 ha, sementara kelas NDVI rendah dan sangat rendah terus melebar seiring meningkatnya tekanan pembangunan. Pada periode yang sama, penduduk bertambah 17 persen, dengan pertumbuhan paling signifikan terjadi di kelurahan Simpang Selayang, Simalingkar B, dan Tanjung Selamat. Pertumbuhan penduduk yang tidak diimbangi dengan pengendalian pemanfaatan ruang telah mendorong konversi lahan vegetasi menjadi permukiman dan infrastruktur. Secara spasial, wilayah dengan kenaikan kepadatan penduduk tertinggi juga merupakan lokasi yang mengalami penurunan NDVI paling kuat. Hal ini memperlihatkan bahwa tekanan demografis memiliki keterkaitan langsung dengan degradasi vegetasi di kawasan peri-urban. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa dinamika penduduk menjadi faktor penting yang mempengaruhi penurunan kualitas lingkungan dan berkurangnya ruang hijau di Medan Tuntungan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Chasanah, A. N., Kariada, N., & Martuti, T. (2025). Analisis Perubahan Ketersediaan dan Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kecamatan Gajahmungkur , Kota Semarang. *Journal of Urban and Regional Planning*, 6(1), 26–32.
- Chasanah, A. N., Kariada, N., & Martuti, T. (2025). Analisis Perubahan Ketersediaan dan Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kecamatan Gajahmungkur , Kota Semarang. *Journal of Urban and Regional Planning*, 6(1), 26–32.
- Kurniati, S. A., Rahayu, P., & Istanabi, T. (2022). Peri Urbanisasi dan Dinamika Perkembangan Kawasan Perkotaan Sekunder (Studi Kasus: Bosukawonosraten). *Desa Kota*, 4(2), 167–180.
- Mardiansjah, F. H., & Rahayu, P. (2019). Urbanisasi dan pertumbuhan kota-kota di Indonesia: Suatu perbandingan antar-wilayah makro Indonesia. *Jurnal Pengembangan Kota*, 7(1), 91–110.
- Pakaya, P., Lihawa, F., & Baderen, D. W. K. (2024). Efektivitas Ruang Terbuka Hijau Publik dalam Menyerap Emisi Karbon Dioksida untuk Mendukung Keberlanjutan Lingkungan Perkotaan. *Hidroponik: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, 1(3), 54–75.
- Safitri, D. A., Cahyani, A. D., Bepalova, L. A., & Saves, F. (2025). Analisis Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Menggunakan Metode Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Penginderaan Jauh di Kota Surabaya. 5(2), 16225–16235.
- Şekertekin, A., & Bonafoni, S. (2020). Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 5, 7, and 8 over Rural Areas: Assessment of Different Retrieval Algorithms and Emissivity Models and Toolbox Implementation. *Remote. Sens.*, 12, 294. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:211051047>
- Sinta, D., Andisetyana, R., & Fitria, E. (2018). Kemampuan Tutupan Vegetasi RTH dalam Menyerap Emisi CO 2 Sektor Transportasi di Kota Surakarta The Capability Of Vegetation Cover Of Rth In Absorbing CO 2 Emission Of Transportation Sector In Surakarta City. *Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Perencanaan Partisipatif*, 13(2), 182–198.
- Warsono, C. I., & Wijaya, J. H. (2025). Kepadatan Pemukiman dan Minimnya Ruang Terbuka Hijau di Kelurahan Ngupasan, Yogyakarta. *Journal of Community Empowerment*, 6(3), 220–232. <https://doi.org/10.55314/jcoment.v6i3.1050>
- Xu, X., Tong, X., Plaza, A., Zhong, Y., Xie, H., & Zhang, L. (2016). Using Linear Spectral Unmixing for Subpixel Mapping of Hyperspectral Imagery: A Quantitative Assessment. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 99, 1–12. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2016.2624560>