

Analisis Persebaran RTH Kota Surabaya Menggunakan Metode NDVI Sentinel-2 Periode 2023–2025

Analysis of Green Open Space Distribution in Surabaya City Using the Sentinel-2 NDVI Method for the 2023–2025 Period

Holdani Nurrafi^{1*}, Mohammad Rifqi Adiyatma, Ahmad Rafasyah Ramadhan³, Arya Daffa Junaidi⁴, Alfarel Diaz Ferdiansyah⁵, Iqbal Ramadhani Mukhlis⁶

*E-mail: 23082010227@student.upnjatim.ac.id, iqbal.ramadhani.fasilkom@upnjatim.ac.id

¹Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Abstrak

Ruang Terbuka Hijau (RTH) menjadi salah satu elemen penting dalam mendukung kualitas lingkungan perkotaan. Keberadaan RTH berfungsi membantu menjaga keseimbangan ekosistem, meningkatkan kualitas udara, mengurangi suhu permukaan kota, serta menyediakan area terbuka bagi aktivitas masyarakat. Kota Surabaya sebagai kota metropolitan mengalami perkembangan infrastruktur dan urbanisasi yang terus meningkat sehingga berpotensi mempengaruhi kondisi serta distribusi ruang terbuka hijau. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi persebaran RTH Kota Surabaya menggunakan metode Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) berbasis citra Sentinel-2 pada periode 2023–2025. Pengolahan data dilakukan melalui platform Google Earth Engine berbasis cloud computing guna mendukung proses analisis geospasial secara lebih efisien. Tahapan penelitian mencakup akuisisi citra, pra-pemrosesan, perhitungan NDVI, klasifikasi vegetasi, dan visualisasi spasial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah pusat Kota Surabaya cenderung memiliki tingkat vegetasi rendah akibat dominasi kawasan terbangun, sedangkan wilayah pinggiran dan pesisir menunjukkan tingkat vegetasi yang lebih tinggi. Pemanfaatan Sentinel-2 dan Google Earth Engine dinilai mampu mendukung analisis spasial vegetasi secara cepat dan terintegrasi sehingga dapat menjadi referensi dalam pengelolaan RTH yang berkelanjutan.

Kata kunci: ruang terbuka hijau, NDVI, Sentinel-2, Google Earth Engine, analisis spasial, Kota Surabaya.

Abstract

Green Open Space (GOS) is an important element in supporting the quality of the urban environment. The existence of GOS serves to help maintain ecosystem balance, improve air quality, reduce city surface temperatures, and provide open areas for community activities. Surabaya City as a metropolitan city is experiencing increasing infrastructure development and urbanization that has the potential to affect the condition and distribution of green open space. This study aims to identify the distribution of green open space in Surabaya City using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) method based on Sentinel-2 imagery for the period 2023–2025. Data processing was carried out through the cloud-based Google Earth Engine platform to support a more efficient geospatial analysis process. The research stages include image acquisition, pre-processing, NDVI calculation, vegetation classification, and

spatial visualization. The results show that the central area of Surabaya City tends to have low vegetation levels due to the dominance of built-up areas, while the outskirts and coastal areas show higher vegetation levels. The use of Sentinel-2 and Google Earth Engine is considered capable of supporting rapid and integrated spatial analysis of vegetation so that it can be a reference in sustainable GOS management.

Keywords: *green open space, NDVI, Sentinel-2, Google Earth Engine, spatial analysis, Surabaya City.*

1. PENDAHULUAN

Dalam pembangunan kawasan perkotaan, Ruang Terbuka Hijau (RTH) memiliki peran penting sebagai pendukung keberlanjutan lingkungan. Keberadaan RTH tidak hanya berfungsi secara ekologis, tetapi juga memberikan manfaat sosial dan estetika bagi wilayah perkotaan. Area hijau mampu membantu proses resapan air, menghasilkan oksigen, mengurangi pencemaran udara, serta menekan peningkatan suhu akibat fenomena urban heat island. Selain itu, ruang terbuka hijau juga dapat dimanfaatkan sebagai sarana rekreasi dan interaksi masyarakat [5], [7].

Pertumbuhan kawasan perkotaan yang terus meningkat menyebabkan perubahan penggunaan lahan berlangsung secara dinamis. Kota Surabaya sebagai salah satu pusat metropolitan di Indonesia mengalami perkembangan infrastruktur, kawasan perdagangan, permukiman, dan industri yang cukup tinggi setiap tahunnya. Kondisi tersebut berpotensi mengurangi keberadaan ruang terbuka hijau karena meningkatnya dominasi area terbangun. Ketidakseimbangan antara pembangunan fisik dan tutupan vegetasi dapat memicu berbagai permasalahan lingkungan seperti peningkatan suhu udara, penurunan kualitas udara, hingga risiko genangan dan banjir [6].

Perkembangan teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) dan Sistem Informasi Geografis (SIG) memberikan kemudahan dalam melakukan analisis vegetasi dan pemetaan ruang terbuka hijau secara lebih efektif. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kerapatan vegetasi adalah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) merupakan salah satu metode yang umum digunakan dalam analisis vegetasi berbasis penginderaan jauh. Perhitungan NDVI dilakukan dengan memanfaatkan nilai spektral pada kanal merah (Red) dan inframerah dekat (Near Infrared/NIR) dari citra satelit. Nilai indeks yang dihasilkan berada pada rentang -1 hingga 1, di mana nilai yang semakin tinggi menunjukkan tingkat kerapatan vegetasi yang lebih baik [3], [4].

Dalam penelitian ini digunakan citra Sentinel-2 karena memiliki resolusi spasial yang cukup baik dan mendukung analisis vegetasi secara detail. Penelitian ini menggunakan citra Sentinel-2 karena memiliki resolusi spasial yang cukup baik untuk analisis vegetasi kawasan perkotaan. Sentinel-2 merupakan satelit observasi bumi yang dikembangkan oleh European Space Agency (ESA) dengan kemampuan merekam data multispektral hingga resolusi 10 meter [2]. Proses pengolahan data dilakukan melalui Google Earth Engine (GEE), yaitu platform komputasi cloud yang mendukung pemrosesan data geospasial dalam skala besar secara efisien tanpa memerlukan perangkat keras dengan spesifikasi tinggi [1].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis persebaran Ruang Terbuka Hijau di Kota Surabaya menggunakan metode NDVI berbasis citra Sentinel-2 periode 2023–2025. Penelitian dilakukan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh

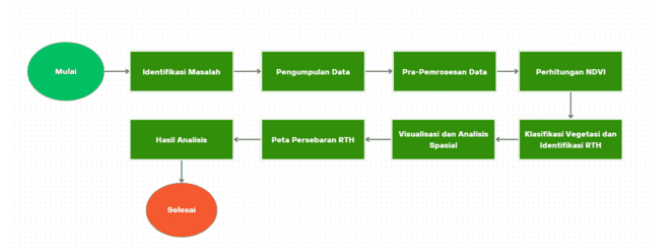
dan komputasi cloud melalui Google Earth Engine untuk mengidentifikasi tingkat kerapatan vegetasi dan memetakan distribusi RTH di wilayah Kota Surabaya. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi spasial mengenai kondisi eksisting ruang terbuka hijau serta menjadi referensi dalam mendukung pengelolaan lingkungan dan perencanaan tata ruang kota yang lebih berkelanjutan [1], [3].

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di wilayah administratif Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur. Pemilihan Kota Surabaya sebagai lokasi penelitian didasarkan pada karakteristiknya sebagai kota metropolitan dengan tingkat urbanisasi dan pembangunan yang tinggi sehingga berpengaruh terhadap perubahan penggunaan lahan, termasuk keberadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) [6]. Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis spasial berbasis penginderaan jauh dengan memanfaatkan citra Sentinel-2 dan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk mengidentifikasi tingkat kerapatan vegetasi.

2.1 Alur Penelitian

Metodologi penelitian dilakukan secara bertahap mulai dari proses pengumpulan data hingga visualisasi hasil analisis. Tahapan penelitian meliputi akuisisi data citra satelit, pra-pemrosesan data, perhitungan indeks vegetasi menggunakan metode NDVI, klasifikasi area RTH, serta visualisasi hasil dalam bentuk peta persebaran vegetasi.



Gambar 1. Alur Metodologi Penelitian Analisis Persebaran Ruang Terbuka Hijau Kota Surabaya Menggunakan Metode NDVI Berbasis Citra Sentinel-2 Periode 2023–2025

Sumber: Diadaptasi dari penelitian sebelumnya mengenai Google Earth Engine, NDVI, dan Sentinel-2 [1], [3], [4].

Berdasarkan alur metodologi penelitian, proses penelitian diawali dengan pengambilan data citra Sentinel-2 dan data batas administrasi Kota Surabaya melalui platform Google Earth Engine. Selanjutnya dilakukan proses *filtering* citra berdasarkan periode waktu pengambilan citra dan persentase tutupan awan untuk memperoleh kualitas citra yang optimal. Setelah itu dilakukan perhitungan NDVI untuk mengetahui tingkat kerapatan vegetasi pada wilayah penelitian.

Hasil perhitungan NDVI kemudian diklasifikasikan menjadi beberapa kategori vegetasi, yaitu non vegetasi, vegetasi rendah, vegetasi sedang, dan vegetasi tinggi. Area dengan nilai NDVI lebih dari 0,3 dikategorikan sebagai Ruang Terbuka Hijau aktual. Tahap akhir penelitian berupa visualisasi hasil analisis dalam bentuk peta persebaran RTH Kota Surabaya.

2.2 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder berupa citra satelit dan data batas administrasi wilayah. Adapun data yang digunakan meliputi :

A. Citra Sentinel-2 Surface Reflectance Harmonized

Digunakan sebagai sumber utama dalam analisis vegetasi. Citra diambil pada periode tahun 2023–2025 dengan *cloud cover* kurang dari 20% untuk memperoleh kualitas citra yang optimal [2].

B. Data Administrasi Kota Surabaya (FAO/GAUL)

Digunakan untuk membatasi area penelitian agar analisis hanya dilakukan pada wilayah administratif Kota Surabaya.

C. Data Indeks Vegetasi (NDVI)

Data turunan yang diperoleh dari hasil pengolahan kanal *Near Infrared* (Band 8) dan *Red* (Band 4) pada citra Sentinel-2 untuk mendeteksi tingkat kerapatan vegetasi [3], [4].

2.3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui platform Google Earth Engine (GEE) yang diintegrasikan dengan Google Collab menggunakan bahasa pemrograman Python [1]. Tahapan pengumpulan data meliputi :

- Inisialisasi Earth Engine API pada Google Colab.
- Mengakses dataset Sentinel-2 Harmonized.
- Menyeleksi citra berdasarkan wilayah Kota Surabaya.
- Filtering temporal periode tahun 2023–2025.
- Filtering cloud cover di bawah 20%.
- Pembuatan komposit median citra untuk mengurangi noise dan tutupan awan.

Metode komposit median digunakan agar representasi vegetasi lebih stabil dan mampu menggambarkan kondisi vegetasi secara umum selama periode penelitian.

2.4 Metode Analisis NDVI

Analisis vegetasi dilakukan menggunakan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk mengidentifikasi tingkat kerapatan vegetasi. Perhitungan NDVI menggunakan kombinasi kanal merah (*Red*) dan inframerah dekat (*Near Infrared/NIR*) pada citra Sentinel-2 [3], [4].

Rumus perhitungan NDVI adalah sebagai berikut :

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + R}$$

Gambar 2. Nilai Perhitungan NDVI

Sumber : [8]

- NIR = Band 8 Sentinel-2 (Near Infrared)
- Red = Band 4 Sentinel-2 (Red)

Nilai NDVI yang dihasilkan berada pada rentang -1 sampai 1, namun pada penelitian ini divisualisasikan pada rentang 0–0.8 untuk menonjolkan variasi vegetasi. Klasifikasi interpretasi NDVI pada penelitian ini :

Tabel 1. Tabel Interpretasi NDVI

Nilai NDVI	Kategori
0.0 - 0.2	Non Vegetasi/Sangat Rendah
0.2 - 0.4	Vegetasi Rendah
0.4 - 0.6	Vegetasi Sedang
0.6 - 0.8	Vegetasi Tinggi

Selanjutnya area RTH diidentifikasi menggunakan *threshold* $NDVI > 0,3$, di mana piksel dengan nilai di atas ambang tersebut dikategorikan sebagai ruang terbuka hijau aktual [3], [4].

2.5 Tahapan Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data dalam penelitian ini meliputi :

Tabel 2. Tabel Tahapan Pengolahan Data

No	Tahap	Keterangan
1	Akuisisi dan	Tahap awal dilakukan pengambilan citra Sentinel-2 kemudian

	Pra-Pemrosesan Citra	dilakukan filtering awan dan komposit median untuk menghasilkan citra representatif.
2	Perhitungan NDVI	Dilakukan perhitungan indeks vegetasi berdasarkan kanal merah dan inframerah dekat menggunakan fungsi normalized Difference pada Google Earth Engine.
3	Ekstraksi Area RTH	Hasil NDVI kemudian diklasifikasikan menjadi area RTH menggunakan threshold 0,3 melalui proses masking.
4	Visualisasi dan Pemetaan	Hasil analisis divisualisasikan dalam bentuk peta persebaran RTH menggunakan library Geemap.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Google Earth Engine dan Google Colab

Pada penelitian ini, proses pengolahan data spasial dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python melalui platform Google Collab yang terintegrasi dengan Google Earth Engine (GEE). Implementasi penelitian meliputi proses autentikasi Earth Engine, pengambilan dataset Sentinel-2, filtering citra berdasarkan batas administratif Kota Surabaya, perhitungan indeks vegetasi NDVI, klasifikasi Ruang Terbuka Hijau (RTH), serta visualisasi peta hasil analisis [1].

Penggunaan Google Earth Engine mendukung pengolahan data citra satelit secara efisien karena berbasis komputasi cloud dan mampu memproses data geospasial dalam jumlah besar tanpa membutuhkan perangkat keras dengan spesifikasi tinggi [1]. Pada penelitian ini dilakukan analisis temporal selama tiga periode tahunan, yaitu tahun 2023, 2024, dan 2025, sehingga dapat menggambarkan kondisi persebaran vegetasi dan RTH Kota Surabaya secara lebih berkelanjutan.

Dataset yang digunakan berasal dari Sentinel-2 Surface Reflectance Harmonized dengan batas cloud cover kurang dari 20%. Selanjutnya dilakukan proses komposit median untuk memperoleh representasi citra yang lebih stabil dan meminimalkan gangguan awan maupun noise citra. Perhitungan NDVI dilakukan menggunakan kombinasi Band 8 (Near Infrared) dan Band 4 (Red) pada Sentinel-2 [3], [4].

Implementasi source code dilakukan secara modular untuk masing-masing periode tahun sehingga menghasilkan tiga peta persebaran RTH, yaitu:

- Peta Persebaran RTH Tahun 2023 (Periode Bulan Januari - Desember)
- Peta Persebaran RTH Tahun 2024 (Periode Bulan Januari - Desember)
- Peta Persebaran RTH Tahun 2025 (Periode Bulan Januari - Desember)

Dokumentasi source code penelitian dapat diakses melalui repositori GitHub berikut :
<https://github.com/Aryaa140/Source-Code-Analisis-Persebaran-Ruang-Terbuka-Hijau-Kota-Surabaya/blob/main/SC%20Python>

3.2 Hasil Persebaran Ruang Terbuka Hijau

Berdasarkan hasil pengolahan citra Sentinel-2 menggunakan metode NDVI, diperoleh peta persebaran Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kota Surabaya periode 2023–2025. Hasil visualisasi menunjukkan empat kelas vegetasi, yaitu non vegetasi/sangat rendah, vegetasi rendah, vegetasi sedang, dan vegetasi tinggi [3], [4].

A. Persebaran Tahun 2023

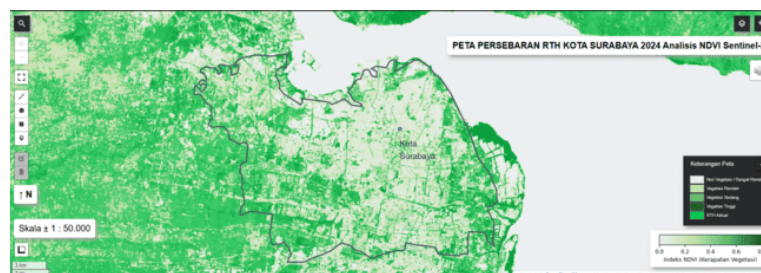
Hasil pemetaan tahun 2023 menunjukkan bahwa kawasan pusat Kota Surabaya didominasi vegetasi rendah akibat tingginya lahan terbangun dan permukiman padat. Sebaliknya, vegetasi tinggi lebih banyak ditemukan pada wilayah pinggiran, kawasan pesisir, sempadan sungai, dan area konservasi. Secara umum, distribusi RTH di Surabaya masih belum merata antarwilayah.



Gambar 3. Peta Persebaran RTH Kota Surabaya Tahun 2023 (Periode Bulan Januari - Desember)

B. Persebaran Tahun 2024

Pola persebaran vegetasi tahun 2024 relatif serupa dengan tahun sebelumnya. Kawasan pusat kota masih menunjukkan nilai NDVI rendah hingga sedang, sedangkan vegetasi tinggi tetap terkonsentrasi pada wilayah pinggiran dan beberapa ruang terbuka hijau publik. Keberadaan RTH masih dipengaruhi oleh pola penggunaan lahan dan tingkat pembangunan wilayah.

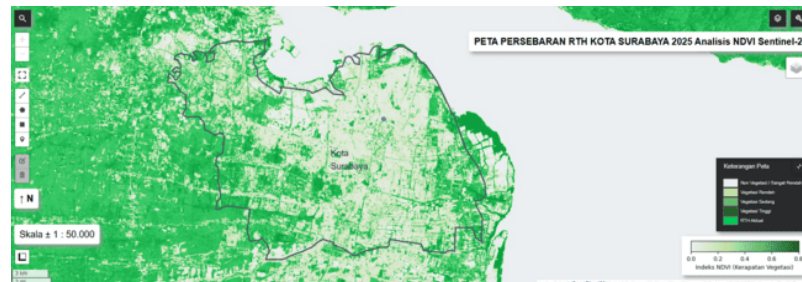


Gambar 4. Peta Persebaran RTH Kota Surabaya Tahun 2024 (Periode Bulan Januari - Desember)

C. Persebaran Tahun 2025

Hasil pemetaan tahun 2025 menunjukkan bahwa distribusi vegetasi di Kota Surabaya masih memperlihatkan ketimpangan antar wilayah. Vegetasi tinggi banyak ditemukan

pada kawasan pesisir, sempadan sungai, tambak hijau, dan taman kota besar, sedangkan kawasan pusat kota tetap didominasi nilai NDVI rendah akibat dominasi lahan terbangun [3], [4], [8].



Gambar 5. Peta Persebaran RTH Kota Surabaya Tahun 2025 (Periode Bulan Januari - Desember)

3.3 Analisis Distribusi Vegetasi Berdasarkan NDVI

Hasil analisis NDVI periode 2023–2025 menunjukkan adanya variasi tingkat kerapatan vegetasi di wilayah Kota Surabaya yang dipengaruhi oleh pola penggunaan lahan dan tingkat pembangunan wilayah. Secara umum, kawasan dengan intensitas pembangunan tinggi menunjukkan nilai NDVI yang lebih rendah dibandingkan wilayah dengan ruang terbuka dan kawasan konservasi yang masih memiliki tutupan vegetasi yang baik.

Area dengan nilai NDVI rendah umumnya berada pada kawasan pusat Kota Surabaya yang didominasi bangunan, kawasan perdagangan, industri, serta jaringan jalan utama. Dominasi permukaan non vegetasi seperti beton dan aspal menyebabkan tingkat kerapatan vegetasi pada wilayah tersebut relatif rendah [3]. Sebaliknya, wilayah pinggiran kota, kawasan pesisir, dan area konservasi menunjukkan nilai NDVI yang lebih tinggi karena masih memiliki tutupan vegetasi yang cukup baik.

Sebaliknya, vegetasi sedang hingga tinggi lebih banyak ditemukan pada wilayah pinggiran kota, kawasan pesisir, sempadan sungai, taman kota, tambak hijau, dan beberapa area konservasi. Wilayah tersebut umumnya masih memiliki ruang terbuka yang lebih luas dan tingkat kerapatan vegetasi yang lebih baik dibandingkan kawasan pusat kota. Area vegetasi tinggi pada wilayah timur Surabaya juga diduga berkaitan dengan keberadaan kawasan mangrove dan ruang terbuka alami yang masih cukup terjaga [5], [8].

Secara umum, hasil analisis NDVI tahun 2023–2025 menunjukkan bahwa persebaran ruang terbuka hijau di Kota Surabaya masih belum merata antarwilayah. Konsentrasi vegetasi yang lebih tinggi cenderung berada pada kawasan dengan intensitas pembangunan yang lebih rendah [3], [8], [9].

3.4 Interpretasi Persebaran RTH Kota Surabaya

Berdasarkan hasil peta persebaran RTH tahun 2023–2025, distribusi ruang terbuka hijau di Kota Surabaya menunjukkan pola spasial yang dipengaruhi oleh tingkat pembangunan wilayah. Kawasan pusat kota secara konsisten memiliki nilai NDVI rendah akibat dominasi lahan terbangun dan tingginya aktivitas perkotaan. Sebaliknya, kawasan pinggiran, wilayah pesisir,

dan area konservasi menunjukkan nilai NDVI sedang hingga tinggi karena masih memiliki tutupan vegetasi yang lebih baik [5], [6].

Hasil analisis multi-temporal menunjukkan bahwa pola distribusi vegetasi di Kota Surabaya relatif stabil selama periode 2023–2025. Metode NDVI berbasis citra Sentinel-2 dan pemanfaatan Google Earth Engine mampu mendukung identifikasi vegetasi serta analisis spasial secara efektif dan efisien [1], [3]. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam mendukung pengelolaan lingkungan dan perencanaan ruang terbuka hijau yang lebih berkelanjutan di Kota Surabaya [10], [11].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi Ruang Terbuka Hijau di Kota Surabaya masih belum tersebar secara merata. Kawasan pusat kota cenderung memiliki tingkat vegetasi rendah akibat dominasi lahan terbangun dan tingginya aktivitas perkotaan. Sementara itu, wilayah pinggiran, kawasan pesisir, serta area konservasi memperlihatkan tingkat kerapatan vegetasi yang lebih tinggi. Analisis multi-temporal periode 2023–2025 juga menunjukkan bahwa pola persebaran vegetasi di Surabaya relatif stabil selama periode pengamatan.

Hasil analisis multi-temporal tahun 2023–2025 menunjukkan bahwa pola persebaran vegetasi di Kota Surabaya relatif stabil, di mana area dengan vegetasi tinggi tetap terkonsentrasi pada wilayah tertentu yang masih memiliki ruang terbuka dan tutupan vegetasi yang baik. Sementara itu, kawasan dengan intensitas pembangunan tinggi secara konsisten menunjukkan kerapatan vegetasi yang lebih rendah.

Penerapan metode NDVI dengan threshold $> 0,3$ dinilai cukup efektif dalam mengidentifikasi area ruang terbuka hijau aktual berdasarkan tingkat kerapatan vegetasi. Selain itu, penggunaan citra Sentinel-2 dan platform Google Earth Engine berbasis cloud terbukti mampu mendukung proses analisis spasial secara lebih cepat, efisien, dan terintegrasi dibandingkan metode pengolahan konvensional.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa perkembangan wilayah perkotaan berpengaruh terhadap persebaran ruang terbuka hijau di Kota Surabaya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam mendukung evaluasi tata ruang, pengelolaan lingkungan, serta perencanaan pembangunan ruang terbuka hijau yang lebih berkelanjutan di Kota Surabaya [1], [3], [10].

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Pemerintah Kota Surabaya diharapkan dapat memanfaatkan hasil analisis ini sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan dan pemerataan pembangunan Ruang Terbuka Hijau (RTH), khususnya pada wilayah pusat kota yang memiliki tingkat kerapatan vegetasi rendah.
2. Pengembangan ruang terbuka hijau pada kawasan urban intensif perlu ditingkatkan melalui penambahan taman kota, jalur hijau jalan, penghijauan kawasan permukiman,

- serta revitalisasi ruang terbuka publik guna menjaga keseimbangan lingkungan perkotaan.
3. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan citra satelit dengan resolusi spasial yang lebih tinggi atau mengkombinasikan metode NDVI dengan indeks vegetasi lainnya seperti EVI (Enhanced Vegetation Index) agar hasil identifikasi vegetasi menjadi lebih akurat.
 4. Analisis temporal dengan rentang waktu yang lebih panjang dapat dilakukan untuk mengetahui dinamika perubahan ruang terbuka hijau secara lebih detail dan berkelanjutan dari tahun ke tahun.
 5. Pemanfaatan Google Earth Engine berbasis komputasi cloud dapat terus dikembangkan untuk berbagai analisis spasial lingkungan lainnya karena mampu mendukung pengolahan data geospasial berskala besar secara efisien dan terintegrasi.
 6. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya maupun instansi terkait dalam mendukung pengelolaan lingkungan dan pembangunan kota yang berorientasi pada keberlanjutan ekosistem perkotaan.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1] N. Gorelick et al., “Google Earth Engine for geospatial analysis: recent applications and developments,” *Remote Sensing*, vol. 13, no. 15, pp. 1–20, 2021.
- [2] European Space Agency, *Sentinel-2 User Handbook*. Paris, France: ESA, 2022.
- [3] X. Zhang, Y. Liu, and H. Wang, “Urban green space extraction using NDVI and Sentinel-2 imagery,” *Sustainability*, vol. 14, no. 8, pp. 1–18, 2022.
- [4] M. Belgiu and L. Drăguț, “Sentinel-2 applications in urban land cover and vegetation mapping: recent review,” *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 196, pp. 125–141, 2023.
- [5] Kementerian ATR/BPN, *Pedoman Penyediaan Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan*. Jakarta, Indonesia: Kementerian ATR/BPN, 2022.
- [6] Badan Pusat Statistik Kota Surabaya, *Kota Surabaya Dalam Angka 2024*. Surabaya, Indonesia: BPS Kota Surabaya, 2024.
- [7] Republik Indonesia, “Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang,” Jakarta, Indonesia, 2007.
- [8] H. A. Barbosa, A. R. Huete, and W. E. Baethgen, “A 20-year study of NDVI variability over the northeast region of Brazil,” *Journal of Arid Environments*, vol. 67, no. 2, pp. 288–307, 2006.
- [9] T. Blaschke, “Object based image analysis for remote sensing,” *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 65, no. 1, pp. 2–16, 2010.
- [10] H. Dewan and Y. Yamaguchi, “Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote sustainable urbanization,” *Applied Geography*, vol. 29, no. 3, pp. 390–401, 2009.
- [11] S. Xie, Y. Zhang, and L. Wang, “Urban vegetation dynamics monitoring using multi-temporal Sentinel-2 imagery and NDVI analysis,” *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, vol. 28, 2022.