



Analisis Spasial Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Pasca-Bencana 2018 di Kota Palu

Spatial Analysis of the Availability of Green Open Spaces Post-Disaster 2018 in Palu City

Adina Khusnudzan Hadid^{1*}, Yan Radhinal², Azizah Putri Abdi³, Hadi Abdurrahman⁴, Muhammad Adhim Halim⁵

¹Fakultas Teknik Universitas Tadulako, adinahadid@gmail.com

²Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Yanradhinal@untad.ac.id

³Fakultas Teknik Universitas Tadulako, azizahputriabdi@untad.ac.id

⁴Fakultas Teknik Universitas Tadulako, hadiabdurrahman@untad.ac.id

⁵Fakultas Teknik Universitas Tadulako, muhammadadhimhalim@untad.ac.id

*Corresponding Author: E-mail: adinahadid@gmail.com

Artikel Penelitian

Article History:

Received: 13 Sep, 2025

Revised: 28 Sep, 2025

Accepted: 29 Sep, 2025

Kata Kunci:

Ruang Terbuka Hijau,
Analisis Spasial, Pasca
Bencana

Keywords:

Green Open Space, Spatial
Analysis, Post-Disaster

DOI: 10.56338/jks.v8i9.8581

ABSTRAK

Kota Palu, yang terletak di wilayah rawan multi-bencana, mengalami kehancuran signifikan pada peristiwa gempa, tsunami, dan likuifaksi tahun 2018. Proses rekonstruksi pasca-bencana yang masif berpotensi mengabaikan aspek tata ruang berkelanjutan, khususnya ketersediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang memegang peran kritis secara ekologis maupun sebagai area evakuasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi ketersediaan luasan RTH di Kota Palu pasca-bencana 2018. Metode yang digunakan adalah analisis spasial pada platform Google Earth Engine dengan memanfaatkan citra satelit Landsat multi-sensor untuk dua periode (2018 dan 2024). Klasifikasi tutupan lahan dilakukan menggunakan kombinasi indeks NDVI dan NDBI untuk memetakan RTH dan lahan terbangun. Hasil penelitian mengungkapkan penurunan ketersediaan RTH sebesar 858,34 hektar (-2,82%) dan peningkatan lahan terbangun sebesar 828,95 hektar (+24,26%) selama periode 2018–2024, yang menunjukkan pola ekspansi urban (*sprawl*) dengan konversi langsung dari RTH. Temuan ini menyimpulkan bahwa rekonstruksi pasca-bencana dan pertumbuhan alami menjadi pendorong utama perubahan tutupan lahan, sehingga diperlukan evaluasi mendalam terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dan integrasi kebijakan yang lebih kuat untuk melindungi RTH serta mendukung pembangunan yang tangguh dan berkelanjutan.

ABSTRACT

The city of Palu, located in a multi-hazard-prone region, experienced significant devastation from the earthquake, tsunami, and liquefaction events of 2018. The massive post-disaster reconstruction process has the potential to overlook sustainable spatial planning aspects, particularly the availability of Green Open Space (GOS), which plays a critical role both ecologically and as an evacuation area. This study aims to evaluate the availability of GOS in Palu City following the 2018 disaster. The method employed was spatial analysis on the Google Earth Engine platform, utilizing multi-sensor Landsat satellite imagery for two periods (2018 and 2024). Land cover classification was conducted using a combination of the NDVI and NDBI indices to map GOS and built-up areas. The results reveal a decrease in GOS availability of 858.34 hectares (-2.82%) and an increase in built-up land of 828.95 hectares (+24.26%) during the 2018–2024 period, indicating a pattern of urban sprawl involving the direct conversion of GOS. These findings conclude that post-disaster reconstruction and natural growth are the primary drivers of land cover change, necessitating a thorough evaluation of the Regional Spatial Plan (RTRW) and the integration of stronger policies to protect GOS and support resilient and sustainable development.

PENDAHULUAN

Kota Palu secara geografis terletak di lembah dan dikelilingi oleh patahan aktif (Palu Koro), serta berhadapan langsung dengan teluk Palu yang rawan tsunami. Kota ini mengalami rangkaian bencana alam yang dahsyat pada tanggal 28 September 2018, berupa gempa bumi, likuifaksi, dan tsunami yang tidak hanya menimbulkan korban jiwa yang besar, tetapi juga mengakibatkan kerusakan fisik kota yang masif, termasuk menghilang dan rusaknya infrastruktur, tidak terkecuali jaringan Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang ada (Iswoyo et al., 2025). Pasca-bencana, proses rekonstruksi dan rehabilitasi yang berfokus pada pemulihan permukiman dan infrastruktur berpotensi mengabaikan aspek tata ruang yang berkelanjutan dan berketahanan, khususnya dalam hal penyediaan RTH.

RTH merupakan elemen penting dalam memenuhi kebutuhan ekologis maupun sosial suatu ruang perkotaan (Hadid et al., 2021). Berdasarkan Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang, proporsi RTH publik di suatu wilayah kota wajib dialokasikan yaitu 30% dari total luas wilayah. Peran RTH tidak hanya terbatas sebagai paru-paru kota dan pengatur iklim mikro, tetapi juga sebagai ruang rekreasi, interaksi sosial, serta penopang keanekaragaman hayati (Parid Pakaya et al., 2024). Lebih dari itu, dalam konteks wilayah rawan bencana seperti Kota Palu, keberadaan RTH memegang peran sebagai *escape area* dan tempat evakuasi sementara (*point of rescue*) ketika terjadi gempa bumi dan tsunami (Pormes et al., 2021).

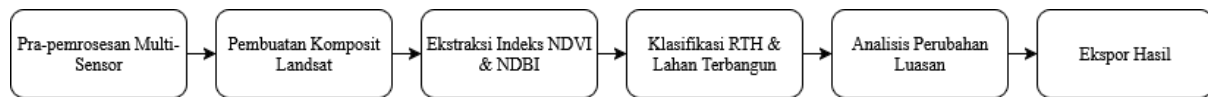
Selain itu, penelitian lain juga menegaskan keterkaitan RTH dengan mitigasi bencana. Penelitian (Fuady, 2021) menyatakan bahwa dalam konteks kota hijau, ketahanan kota dapat disimulasikan terhadap berbagai kemungkinan ancaman yang relevan dengan upaya mitigasi. Studi di Jepang pasca-tsunami 2011 juga menunjukkan bahwa pembangunan taman direncanakan sebagai salah satu bentuk perlindungan kawasan terdampak bencana (Fuady et al., 2021). Pada penelitian (Iswoyo et al., 2025), juga menekankan urgensi lokasi evakuasi bencana yang dapat berupa taman atau RTH, seperti yang ditunjukkan dalam kasus Kabupaten Mamuju pasca-gempa bumi tahun 2021 dan 2022.

Evaluasi terhadap ketersediaan (*availability*) RTH pasca-bencana menjadi sangat penting untuk dilakukan. Perubahan drastis pada penggunaan lahan setelah tahun 2018 dapat memengaruhi luasan vegetasi dan lahan terbangun di Kota Palu. Sejumlah penelitian terdahulu telah membahas rekonstruksi pasca-bencana Palu, namun kajian yang secara spesifik mengevaluasi aspek ketersediaan RTH dengan pendekatan spasial masih terbatas. Dalam penelitian (Herman et al., 2025) misalnya, mengaitkan tantangan Kota Palu pasca-bencana dengan penerapan *Sustainable Development Goals* (SDG) nomor 11 yang menekankan pentingnya kota yang inklusif, aman, tangguh, dan berkelanjutan. Salah satu indikator SDG 11 yang relevan adalah penyediaan RTH, namun hasil penelitian (Herman et al., 2025) menunjukkan ketersediaan RTH di Kota Palu berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) baru mencapai $\pm 15,7\%$ dari total luas wilayah, jauh dibawah standar minimal 30%. Sementara itu, pada penelitian (Wahyuningsi et al., 2024) juga menekankan perlunya penyediaan RTH sebagai salah satu arahan mitigasi untuk mengurangi risiko gempa bumi di Kota Palu.

Keunikan penelitian ini terletak pada penggunaan analisis spasial berbasis Google Earth Engine dengan pendekatan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI). Metode ini memungkinkan pengukuran kuantitatif dan pemetaan yang lebih komprehensif dibandingkan penelitian sebelumnya, sehingga mampu menggambarkan dinamika perubahan ketersediaan RTH secara akurat (Ghale et al., 2023). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi ketersediaan RTH di Kota Palu pasca-bencana 2018 melalui pendekatan analisis spasial berbasis citra satelit. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran objektif mengenai sejauh mana proses rekonstruksi mempertimbangkan aspek keberlanjutan dan ketahanan kota, serta menjadi dasar ilmiah bagi pemerintah dan perencana dalam merumuskan kebijakan pengembangan RTH yang inklusif dan berwawasan kebencanaan di masa mendatang.

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini sepenuhnya dilakukan di dalam platform Google Earth Engine, mulai dari akuisisi data hingga analisis kuantitatif. Metode Google Earth Engine dapat melihat klasifikasi penggunaan dan tutupan serta luasan lahan secara akurat (Chen et al., 2023). Alur kerja penelitian yang sistematis ini dirancang untuk memastikan objektivitas, efisiensi, dan reproduktibilitas, sebagaimana diuraikan secara rinci pada bagian-bagian berikut dan diringkas dalam Gambar 1.



Gambar. 1. Alur Penelitian

Lokasi, Data, dan Perangkat Lunak

- Lokasi Studi: Seluruh wilayah administrasi Kota Palu, Sulawesi Tengah.
- Data Citra: Koleksi data citra satelit Landsat Level-2 Surface Reflectance untuk dua periode analisis: 1 Januari 2017–31 Desember 2018 (untuk komposit 2018) dan 1 Januari 2023–31 Desember 2024 (untuk komposit 2024). Untuk memastikan cakupan data yang optimal dan meminimalkan area tanpa data (no-data) akibat tutupan awan, penelitian ini mengintegrasikan data dari tiga sensor:
 - Landsat 8 OLI/TIRS (LANDSAT/LC08/C02/T1_L2)
 - Landsat 7 ETM+ (LANDSAT/LE07/C02/T1_L2)
 - Landsat 5 TM (LANDSAT/LT05/C02/T1_L2)
- Perangkat Lunak: Seluruh pemrosesan dan analisis data dilakukan menggunakan Google Earth Engine Code Editor. Visualisasi dan pembuatan peta kartografis final dilakukan menggunakan perangkat lunak SIG (Sistem Informasi Geografis) seperti QGIS.

Tahapan Penelitian

Pra-pemrosesan Citra

Tahap ini bertujuan untuk menyiapkan satu citra tunggal yang bersih dan bebas dari gangguan atmosfer dari serangkaian citra satelit multi-sensor. Proses ini terdiri dari empat langkah utama:

1. Filtering: Koleksi citra dari ketiga sensor Landsat disaring berdasarkan tiga kriteria: (1) batas area studi, (2) rentang waktu dua tahun untuk setiap periode, dan (3) ketersediaan data (Dewantoro et al., 2021).
2. Cloud Masking: Sebuah fungsi diterapkan pada setiap citra dalam koleksi. Fungsi ini memanfaatkan *band* kualitas untuk mengidentifikasi dan menutupi piksel yang terkontaminasi oleh awan dan bayangan awan (Anzalone et al., 2024).
3. Compositing Median Filter: Setelah proses *masking*, seluruh citra dalam koleksi digabungkan menjadi satu citra komposit tunggal menggunakan fungsi median. Metode ini dipilih untuk mereduksi *noise* dan menghasilkan representasi piksel yang paling umum dari rentang waktu yang ditentukan.
4. Harmonisasi Spektral: Untuk mengatasi perbedaan konfigurasi band antar sensor, dilakukan proses harmonisasi. Band-band spektral yang relevan dari Landsat 8, 7, dan 5 dipilih dan namanya diseragamkan ke dalam skema yang konsisten.

Ekstraksi Kelas Tutupan Lahan

Identifikasi kelas tutupan lahan dilakukan menggunakan pendekatan klasifikasi berbasis aturan (*rule-based*) yang mengandalkan dua indeks spektral: NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) dan NDBI (Normalized Difference Built-up Index) (Yasin et al., 2022).

1. Ekstraksi Indeks dari setiap citra komposit, dihitung nilai NDVI untuk mengukur tingkat kehijauan vegetasi (Hariani et al., 2024) dan NDBI untuk mengidentifikasi area terbangun. Rumus matematis untuk kedua indeks tersebut adalah sebagai berikut:

$$NDVI = \frac{(NIR + Red)(NIR - Red)}{(NIR + Red) + (NIR - Red)}$$

$$NDBI = \frac{(SWIR1 - NIR)(SWIR1 + NIR)}{(SWIR1 - NIR) + (SWIR1 + NIR)}$$

Di mana NIR, Red, dan SWIR1 adalah nilai reflektansi permukaan dari band inframerah-dekat (*near-infrared*), merah (*red*), dan inframerah-gelombang pendek (*short-wave infrared*).

2. Penentuan Ambang Batas Otomatis menggunakan Algoritma Otsu diterapkan pada histogram citra NDVI dan NDBI untuk wilayah studi. Proses ini menghasilkan nilai ambang batas yang paling optimal secara statistik untuk memisahkan dua kelas utama pada setiap indeks.
3. Identifikasi Ruang Terbuka Hijau (RTH): Sebuah piksel diklasifikasikan sebagai RTH jika memenuhi kedua kriteria kuantitatif berikut secara simultan: Nilai NDVI > 0.2 dan Nilai NDBI < 0. Aturan ini dirancang untuk menangkap area dengan respons vegetasi aktif yang bukan merupakan area terbangun.
4. Identifikasi Lahan Terbangun: Untuk mengatasi masalah *piksel campuran* (*mixed pixels*), sebuah piksel diklasifikasikan sebagai Lahan Terbangun jika memenuhi kedua kriteria berikut: Nilai NDBI > 0 DAN Nilai NDVI < 0.3. Aturan ini secara efektif memisahkan area terbangun dari vegetasi sambil tetap mengakomodasi area perumahan dengan vegetasi pekarangan.

Analisis Perubahan Ketersediaan RTH

Pada tahap ini bertujuan untuk mengukur secara terukur perubahan luasan untuk setiap kelas tutupan lahan.

1. Perhitungan Luas: Total luas untuk setiap kelas (RTH dan Lahan Terbangun) pada setiap tahun dihitung dengan mengagregasi area dari semua piksel yang terklasifikasi, pada resolusi spasial 30 meter.
2. Analisis Perubahan Ketersediaan: Perubahan ketersediaan luasan dihitung dengan mencari selisih antara total luas tahun 2024 dan 2018 untuk masing-masing kelas.

Uji Akurasi Hasil Klasifikasi

Untuk menjamin reliabilitas dan validitas hasil pemetaan, dilakukan prosedur uji akurasi yang sistematis. Validasi ini bertujuan untuk mengukur tingkat kesesuaian antara hasil klasifikasi (peta RTH dan Lahan Terbangun) dengan kondisi sebenarnya di lapangan (ground truth). Proses ini dilakukan melalui beberapa tahap:

1. Pengumpulan Data Referensi sebanyak 200 titik sampel didistribusikan menggunakan metode acak berstrata (stratified random sampling) di seluruh area studi untuk memastikan keterwakilan setiap kelas tutupan lahan. Data ground truth untuk setiap titik diperoleh melalui interpretasi visual citra satelit historis beresolusi sangat tinggi yang tersedia di Google Earth untuk periode waktu yang bersesuaian (2018 dan 2024).
2. Penyusunan Matriks Konfusi pada setiap titik sampel kemudian dibandingkan antara kelas ground truth dengan kelas hasil klasifikasi dari penelitian ini. Hasil perbandingan ini disajikan dalam sebuah Matriks Konfusi (Confusion Matrix), yaitu sebuah tabel yang merangkum performa klasifikasi dengan menunjukkan jumlah prediksi benar (true positive, true negative) dan salah (false positive, false negative).
3. Perhitungan Metrik Akurasi dari matriks konfusi, dua metrik utama dihitung untuk mengevaluasi performa model Overall Accuracy (Akurasi Keseluruhan) Persentase total titik sampel yang diklasifikasikan dengan benar. Kappa Coefficient (Koefisien Kappa) Ukuran statistik yang mengukur tingkat kesepakatan antara klasifikasi dan data referensi, dengan

memperhitungkan kemungkinan kesepakatan yang terjadi secara kebetulan. Nilai Kappa berkisar dari -1 hingga +1, di mana nilai > 0.80 menunjukkan kesepakatan yang sangat baik.

Ekspor Hasil Peta tutupan lahan final, citra komposit, serta peta indeks (NDVI dan NDBI)

Melakukan konversi tipe datanya dan diekspor dalam format GeoTIFF untuk keperluan analisis lebih lanjut, validasi, dan pembuatan peta kartografis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji akurasi untuk kedua periode disajikan pada Tabel 1. Nilai akurasi keseluruhan di atas 92% dan koefisien Kappa di atas 0.81 menunjukkan bahwa hasil klasifikasi memiliki tingkat keandalan yang sangat baik dan kesepakatan yang kuat dengan data referensi, sehingga temuan penelitian ini dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Tabel 1 Hasil Uji Akurasi Klasifikasi Tutupan Lahan

Metrik Akurasi	Tahun 2018	Tahun 2024
Akurasi Keseluruhan	92.50%	93.00%
Koefisien Kappa	0.81	0.82

Sumber: Hasil Analisis 2025

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi dan mengkuantifikasi ketersediaan luasan Ruang Terbuka Hijau (RTH) dan Lahan Terbangun di Kota Palu antara tahun 2018 dan 2024. Hasil analisis disajikan secara kuantitatif melalui tabulasi data dan secara spasial melalui visualisasi peta.

Luasan dan Perubahan Ketersediaan Luasan

Analisis kuantitatif dari citra komposit Landsat menunjukkan adanya dinamika perubahan ketersediaan yang signifikan pada kedua kelas tutupan lahan selama periode enam tahun. Pada tahun 2018, total luasan RTH teridentifikasi sebesar 30,399.79 hektar, yang kemudian mengalami penurunan menjadi 29,541.45 hektar pada tahun 2024. Sebaliknya, Lahan Terbangun menunjukkan tren peningkatan, dari 3,417.32 hektar pada tahun 2018 menjadi 4,246.26 hektar pada tahun 2024.

Secara keseluruhan, dalam periode 2018–2024, terjadi defisit ketersediaan luasan RTH sebesar 858.34 hektar. Pada saat yang sama, terjadi penambahan luasan Lahan Terbangun sebesar 828.95 hektar. Rangkuman detail mengenai luasan setiap kelas disajikan pada Tabel 2.

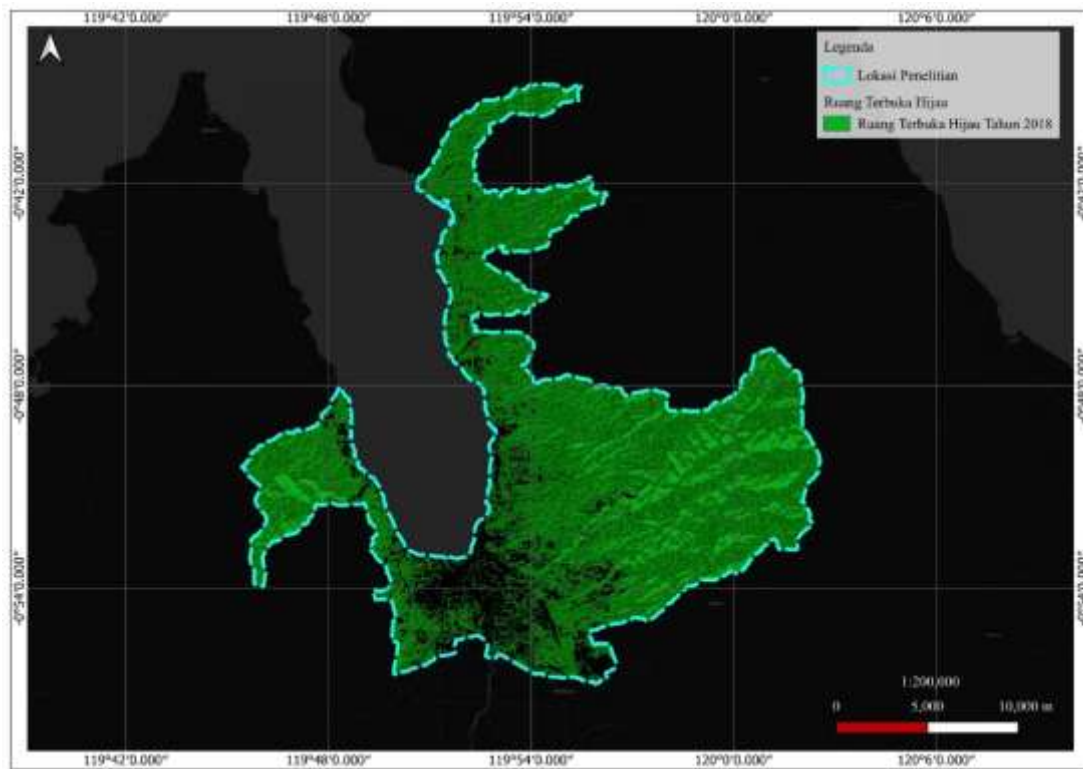
Tabel 2 Luasan RTH dan Lahan Terbangun di Kota Palu (2018–2024)

Kelas Tutupan Lahan	Luas 2018 (Ha)	Luas 2024 (Ha)	Perubahan (Ha)	Perubahan (%)
Ruang Terbuka Hijau (RTH)	30,399.79	29,541.45	-858.34	-2.82%
Lahan Terbangun	3,417.32	4,246.26	+828.95	+24.26%

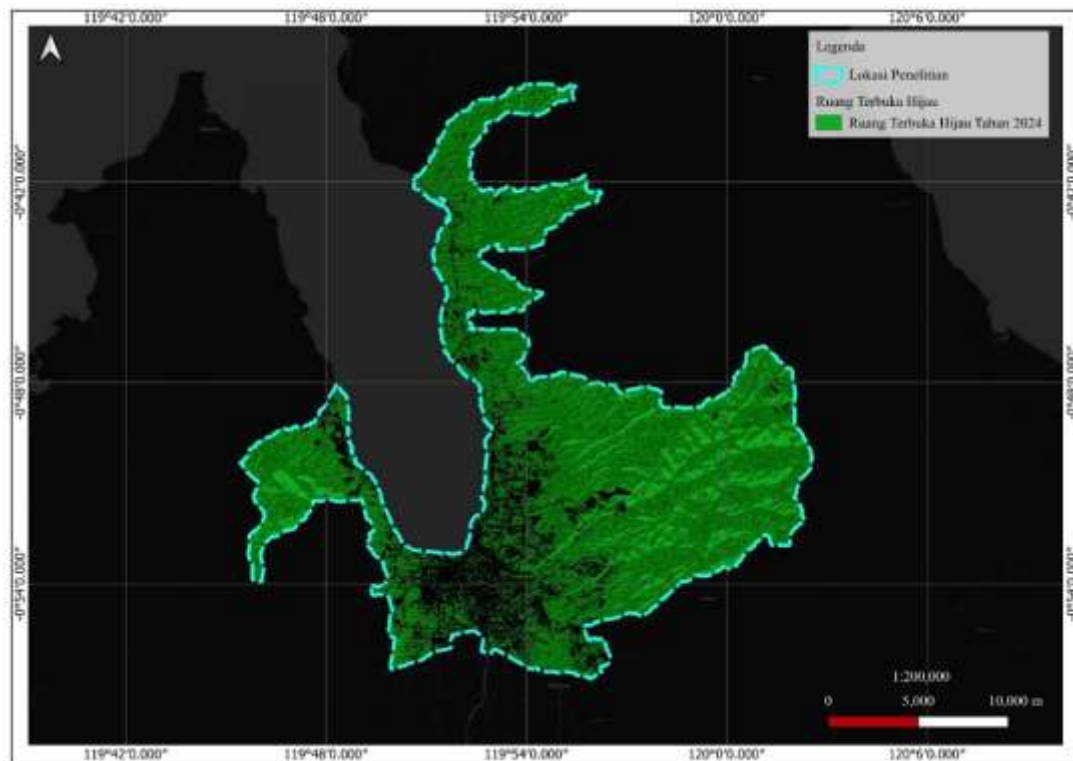
Sumber: Hasil Analisis 2025

Distribusi Spasial Tutupan Lahan

Visualisasi hasil klasifikasi pada peta memberikan gambaran mengenai pola spasial dan lokasi terjadinya perubahan. Ruang Terbuka Hijau (RTH), sebagaimana disajikan pada Gambar 2 dan 3, secara konsisten mendominasi wilayah perbukitan dan pegunungan yang mengelilingi lembah Palu. Sebaran RTH ini membentuk benteng hijau di bagian timur, selatan, dan barat wilayah studi. Perubahan ketersediaan RTH secara visual tidak tampak mencolok pada skala peta keseluruhan, mengindikasikan bahwa kehilangan RTH terjadi secara sporadis dan menyebar, terutama di area-area yang berbatasan langsung dengan Lahan Terbangun.

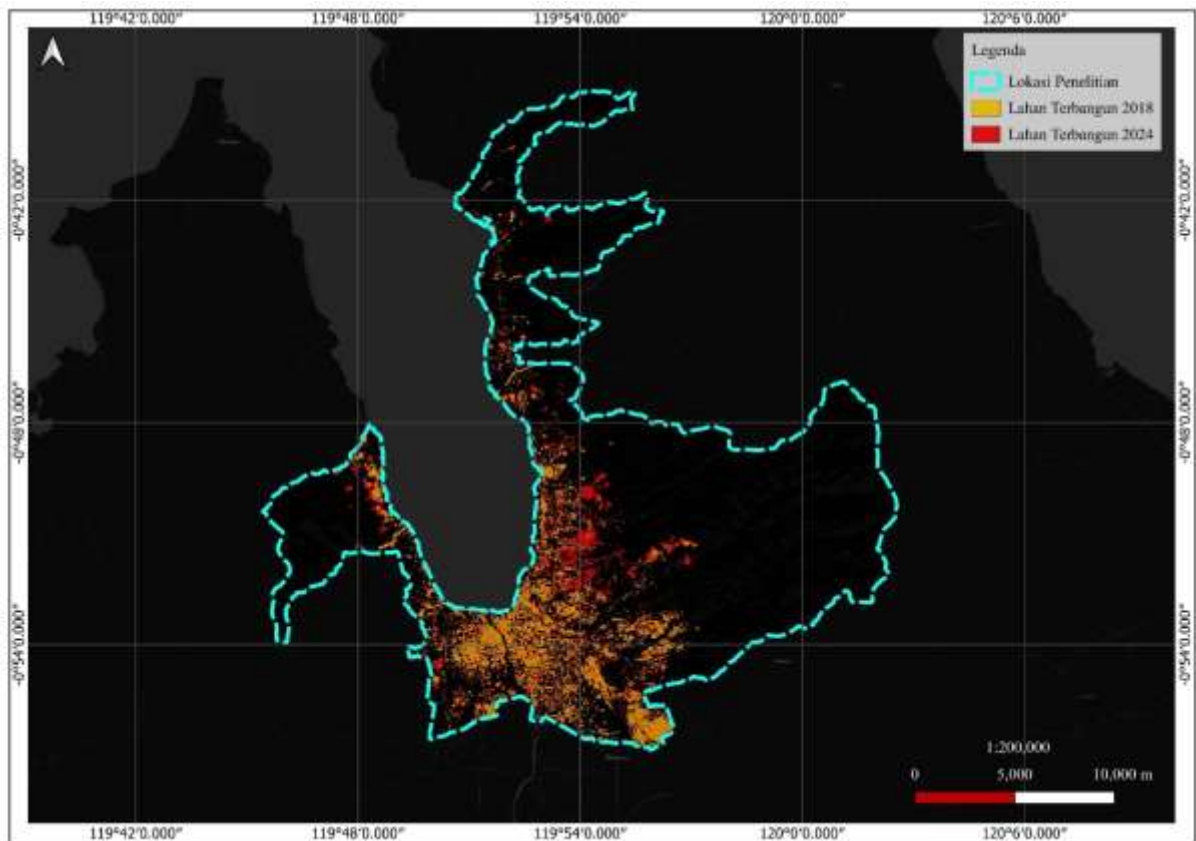


Gambar. 2 Peta Ketersediaan RTH Kota Palu Tahun 2018



Gambar. 3 Peta Ketersediaan RTH Kota Palu Tahun 2024

Peningkatan lahan terbangun sebesar +24,26% tidak terjadi secara acak, melainkan menunjukkan dua pola utama. Pertama, infill development (pemadatan) di area yang sudah terbangun, dan kedua, urban sprawl (perembetan kota) yang agresif ke arah pinggiran, terutama ke arah selatan dan timur. Pola perembetan inilah yang menjadi pendorong utama konversi lahan. Angka kehilangan RTH (-858,34 Ha) yang hampir setara dengan penambahan lahan terbangun (+828,95 Ha) mengonfirmasi adanya hubungan sebab-akibat yang kuat, di mana sebagian besar ekspansi urban terjadi dengan mengorbankan RTH secara langsung, kemungkinan besar pada lahan pertanian, kebun masyarakat, dan vegetasi alami di zona transisi lembah dan perbukitan.



Gambar. 4 Peta Sebaran Lahan Terbangun Kota Palu (2018 vs 2024)

Hasil analisis menunjukkan adanya hubungan timbal balik yang jelas antara ekspansi area terbangun dan penyusutan ruang terbuka hijau di Kota Palu selama periode 2018–2024. Peningkatan lahan terbangun yang signifikan sebesar 24.26% dalam kurun waktu enam tahun mengindikasikan laju urbanisasi dan pembangunan fisik yang sangat pesat. Angka ini merefleksikan dua pendorong utama: (1) pemulihan dan rekonstruksi masif pasca-bencana gempa bumi, tsunami, dan likuefaksi tahun 2018, serta (2) pertumbuhan demografi dan ekonomi kota yang alamiah. Pembangunan hunian tetap (huntau) untuk relokasi penyintas dan rehabilitasi infrastruktur secara masif menjadi kontributor utama lonjakan area terbangun pada periode ini.

Pola ekspansi area terbangun yang cenderung menyebar (*sprawl*) ke arah pinggiran kota, sebagaimana teridentifikasi dalam analisis spasial, mengindikasikan adanya tekanan pembangunan yang tinggi pada lahan-lahan non-terbangun. Fenomena ini secara langsung menjelaskan mengapa terjadi pengurangan RTH sebesar 858.34 hektar. Nilai kehilangan RTH yang hampir setara dengan nilai penambahan Lahan Terbangun (828.95 hektar) memperkuat hipotesis bahwa sebagian besar ekspansi urban di Kota Palu terjadi melalui konversi langsung dari ruang terbuka hijau. Konversi ini kemungkinan besar terjadi pada lahan pertanian, kebun masyarakat, atau vegetasi jarang di zona transisi antara lembah dan perbukitan, yang merupakan area paling rentan terhadap alih fungsi lahan.

Temuan ini memiliki implikasi penting bagi perencanaan tata ruang dan keberlanjutan lingkungan di Kota Palu. Pertama, laju konversi RTH yang tinggi mengancam fungsi ekologis vital yang disediakan oleh lanskap hijau, seperti area resapan air, regulator iklim mikro, dan habitat keanekaragaman hayati. Penurunan ketersediaan RTH, jika tidak dikendalikan, dapat meningkatkan risiko bencana hidrometeorologi di masa depan, seperti banjir dan tanah longsor, terutama di dataran rendah yang menjadi pusat aktivitas perkotaan.

Kedua, dari perspektif tata ruang, temuan ini menjadi sinyal peringatan bagi Pemerintah Kota Palu untuk mengevaluasi efektivitas Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dalam mengendalikan alih fungsi lahan. Pola sprawl yang teridentifikasi menunjukkan perlunya instrumen pengendalian pemanfaatan ruang yang lebih kuat, seperti kebijakan insentif-disinsentif, untuk mendorong pembangunan yang lebih kompak dan vertikal (*infill development*) serta melindungi kawasan hijau yang strategis.

Ketiga, dalam konteks mitigasi bencana, data perubahan tutupan lahan ini dapat menjadi input krusial. Analisis lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengevaluasi apakah ekspansi area terbangun yang baru terjadi di zona-zona rawan bencana yang telah dipetakan. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk memperbarui peta risiko dan merumuskan kebijakan yang lebih tegas terkait izin mendirikan bangunan di kawasan rawan, sejalan dengan semangat membangun kembali kota yang lebih tangguh (*build back better*).

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan. Penggunaan data Landsat dengan resolusi 30 meter mungkin tidak dapat menangkap perubahan skala kecil, seperti hilangnya taman-taman kota berukuran mikro. Selain itu, metode klasifikasi berbasis indeks, meskipun efisien, tidak dapat membedakan antara jenis RTH (misalnya, hutan, sawah, atau kebun campuran). Penelitian di masa depan direkomendasikan untuk menggunakan citra satelit dengan resolusi lebih tinggi dan mengintegrasikan metode klasifikasi *machine learning* atau validasi lapangan untuk menghasilkan analisis yang lebih detail mengenai tipe-tipe RTH yang mengalami konversi.

Implikasi Kebijakan dan Perencanaan

Temuan ini memberikan sinyal peringatan yang kuat bagi Pemerintah Kota Palu. Meskipun secara total proporsi RTH masih di atas target nasional 30%, angka ini bersifat semu (*deceptive*), karena mayoritas adalah kawasan lindung di perbukitan, bukan RTH fungsional di dalam matriks perkotaan. Oleh karena itu, diperlukan serangkaian tindakan kebijakan yang lebih tajam dan terintegrasi:

1. Evaluasi Kritis dan Peninjauan Kembali RTRW Kota Palu perlu dievaluasi secara mendesak, khususnya terkait konsistensi antara arahan pola ruang dengan implementasi di lapangan. Peninjauan ini harus fokus pada identifikasi RTH di zona peri-urban yang paling rentan terhadap konversi dan menetapkan sebagai zona lindung atau area pertanian pangan berkelanjutan yang tidak boleh dialihfungsikan.
2. Penegakan Instrumen Pengendalian Pemanfaatan Ruang yang ada perlu ditegakkan secara lebih tegas. Ini mencakup penerapan zonasi berbasis risiko yang melarang pembangunan vital di zona merah likuifaksi dan patahan aktif. Selain itu, pemerintah dapat menerapkan insentif fiskal (seperti pengurangan PBB) bagi pemilik lahan yang mempertahankan lahannya sebagai RTH privat, dan sebaliknya, menerapkan disinsentif (pajak yang lebih tinggi) untuk pembangunan yang mendorong urban sprawl. Mendorong pembangunan vertikal di pusat kota juga dapat menjadi strategi efektif untuk mengurangi tekanan pada lahan di pinggiran.

KESIMPULAN

Metode analisis dengan Google Earth Engine berhasil mengidentifikasi ketersediaan luasan RTH Kota Palu tahun 2024 pasca bencana 2018. Hasil analisis ini menyimpulkan bahwa terdapat hubungan timbal balik yang tegas antara ekspansi area terbangun yang meningkat sebesar 24,26% dan penyusutan Ruang Terbuka Hijau (RTH) seluas 858,34 hektar di Kota Palu selama periode 2018–2024, yang terutama didorong oleh rekonstruksi pasca-bencana serta pertumbuhan demografi dan ekonomi. Temuan ini menekankan urgensi untuk melakukan evaluasi mendalam terhadap efektivitas Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), memperkuat instrumen kebijakan guna melindungi kawasan

hijau, serta mengintegrasikan dalam perencanaan mitigasi bencana dan pembangunan yang lebih tangguh.

DAFTAR PUSTAKA

- Anzalone, A., Pagliaro, A., & Tutone, A. (2024). An Introduction to Machine and Deep Learning Methods for Cloud Masking Applications. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/app14072887>
- Chen, C., Yang, X., Jiang, S., & Liu, Z. (2023). Mapping and spatiotemporal dynamics of land-use and land-cover change based on the Google Earth Engine cloud platform from Landsat imagery: A case study of Zhoushan Island, China. *Heliyon*, 9(9), e19654. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19654>
- Dewantoro, B. E. B., Natani, P. A., & Islamiah, Z. (2021). Analisis Surface Urban Heat Island Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh Berbasis Cloud Computing Pada Google Earth Engine Di Kota Samarinda. *Seminar Nasional Geomatika, October*, 75. <https://doi.org/10.24895/sng.2020.0-0.1122>
- Fuady, M. (2021). Konsep kota hijau dan peningkatan ketahanan kota di Indonesia. *Region : Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Perencanaan Partisipatif*, 16(2), 266. <https://doi.org/10.20961/region.v16i2.47698>
- Fuady, M., Buraida, & Fuady, M. R. F. (2021). Disaster preparedness collaboration between Banda Aceh and Japan. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1087(1), 012003. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1087/1/012003>
- Ghale, B., Gupta, K., & Roy, A. (2023). Evaluating public urban green spaces: A composite green space index for measuring accessibility and spatial quality. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 48(M-3–2023), 101–108. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-3-2023-101-2023>
- Hadid, A. K., Hariyani, S., & Meidiana, C. (2021). *The Role of Green Open Space in Palu City ' s Resilience , Emergency Function Approach*. 10(12), 311–316. <https://doi.org/10.21275/SR211201235438>
- Hariani, Y., Susi, T., Ruthena, Y., Sutrisno, H., & Perkasa, P. (2024). Analisis NDVI untuk Mengidentifikasi Lokasi RTH Dalam Mencegah Perubahan Lingkungan Menjadi Industrialisasi. 24, 301–316.
- Herman, S. R. W., Takwim, S., Abdi, A. P., Rasdiana, & Wahyuningsih, T. (2025). Analisis Kesiapan Kebijakan Tata Ruang Kota Palu dalam Mendukung Agenda SDG 11 (Kota Berkelanjutan). *Jurnal Peweka Tadulako*, 4(1), 18–35. <https://doi.org/10.22487/peweka.v4i1.49>
- Iswoyo, H., Mantja, K., Saputra, W., & Yanti, C. W. B. (2025). Perencanaan Ruang Terbuka Hijau sebagai Taman Kota dan Area Evakuasi Bencana Gempa Bumi di Kabupaten Mamuju Provinsi Sulawesi Barat. *Jurnal Lanskap Dan Lingkungan (Julia)*, 2(2), 78–91. <https://doi.org/10.20956/julia.v2i2.42487>
- Parid Pakaya, Fitryane Lihawa, & Dewi Wahyuni K. Baderan. (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. <https://doi.org/10.62951/hidroponik.v1i3.199>
- Pormes, L., Moniaga, I. L., & Warouw, F. (2021). Perencanaan Ruang Terbuka Sebagai Ruang Evakuasi di Kota Manado Planning Open Space for Evacuation Space in Manado City. *Sabua*, 10(2), 50–57.
- Wahyuningsi, S., Budianta, A., Awalia, R., & Mardin, R. (2024). Arahan Mitigasi Terhadap Penurunan Tingkat Risiko Bencana Gempabumi Pada Permukiman Di Sekitar Jalur. *Jurnal Peweka Tadulako*, 3(1), 71–81. <https://doi.org/10.22487/peweka.v3i1.32>

Yasin, M. Y., Abdullah, J., Noor, N. M., Yusoff, M. M., & Noor, N. M. (2022). Landsat observation of urban growth and land use change using NDVI and NDBI analysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1067(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1067/1/012037>