

Pengembangan Aplikasi *Urban Heat Island, Normalized Difference Vegetation Index, Dan Normalized Difference Water Index* Menggunakan *Google Earth Engine*

RIFA FARUQ HIDAYAT¹, SONI DARMAWAN²

1. Institut Teknologi Nasional Bandung¹

2. Institut Teknologi Nasional Bandung²

Email: rifa.faruq@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Urbanisasi memicu fenomena Urban Heat Island (UHI) yang berdampak pada vegetasi dan ketersediaan air sehingga diperlukan alat pantau geospasial terintegrasi. Penelitian ini mengembangkan aplikasi berbasis Google Earth Engine (GEE) untuk memantau UHI, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), dan Normalized Difference Water Index (NDWI) di Indonesia menggunakan citra MODIS. Aplikasi dirancang melalui survei kebutuhan pengguna, dengan pengembangan utama berupa integrasi NDVI, NDWI, dan fitur heat zone calculation. Fitur eksisting seperti slider, chart, click on map, dan data selection disesuaikan untuk mendukung integrasi tersebut. Evaluasi menggunakan System Usability Scale (SUS) dengan 30 responden menunjukkan aplikasi mampu memvisualisasikan ketiga indeks secara interaktif dengan skor 82,2 (Grade A/"Best Imaginable"). Hasil ini menegaskan kelayakan dan efektivitas aplikasi sebagai sarana pendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan tata ruang kota serta mitigasi dampak perubahan iklim di Indonesia.

Kata kunci: *UHI, NDVI, NDWI, Google Earth Engine, Pengembangan Aplikasi, System usability scale.*

1. PENDAHULUAN

Urbanisasi yang semakin pesat meningkatkan kompleksitas perkotaan dan kebutuhan energi, sehingga memicu fenomena Urban Heat Island (UHI), yaitu kondisi ketika wilayah padat bangunan mengalami suhu lebih tinggi dibandingkan sekitarnya (**Gago dkk., 2013**). Fenomena ini berdampak pada kenyamanan masyarakat, meningkatkan konsumsi energi pendingin, serta memperbesar kerentanan terhadap gelombang panas, terutama di wilayah dengan dominasi material penyerap panas dan minim vegetasi (**Athukorala dkk., 2021; Widiawaty dkk., 2018**).

Pemantauan UHI memerlukan observasi jangka panjang, yang lebih efektif dilakukan dengan memanfaatkan data penginderaan jauh multi-temporal untuk memperoleh Land Surface Temperature (LST) secara akurat (**Nandi dkk., 2022**). Namun, metode konvensional memiliki keterbatasan dalam kapasitas penyimpanan, cakupan wilayah, serta kecepatan pemrosesan, sehingga kurang optimal untuk aplikasi berskala besar dan real-time.

Pemanfaatan platform geospasial berbasis cloud computing, seperti Google Earth Engine (GEE), menjadi solusi yang efisien. GEE mampu memproses data citra satelit multi-temporal berskala

besar dengan cepat, menyediakan pembaruan data berkelanjutan, serta mendukung integrasi machine learning (**Sukoco dkk., 2022**). Sejumlah penelitian telah memanfaatkan GEE untuk pemantauan UHI di Indonesia (**Darmawan dkk., 2024**) maupun analisis perubahan suhu permukaan di wilayah tertentu (**Hehanussa dkk., 2023**). Namun, sebagian besar masih terbatas pada studi kasus dan belum mengembangkan aplikasi komprehensif yang mengintegrasikan beberapa indeks lingkungan.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi berbasis GEE yang menggabungkan UHI, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), dan Normalized Difference Water Index (NDWI). Aplikasi ini diharapkan menjadi sarana pendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan tata ruang perkotaan serta mitigasi dampak perubahan iklim di Indonesia.

2. METODOLOGI

2.1 Data

Penelitian ini menggunakan data citra satelit MODIS yang diakses melalui Google Earth Engine (GEE). Data yang dimanfaatkan meliputi: *Land Surface Temperature* (LST), *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), dan *Normalized Difference Water Index* (NDWI). Selain itu digunakan juga data vektor batas administrasi dari Badan Informasi Geospasial (BIG) serta batas negara dari Earth Engine Catalog. Ringkasan data ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data yang Digunakan

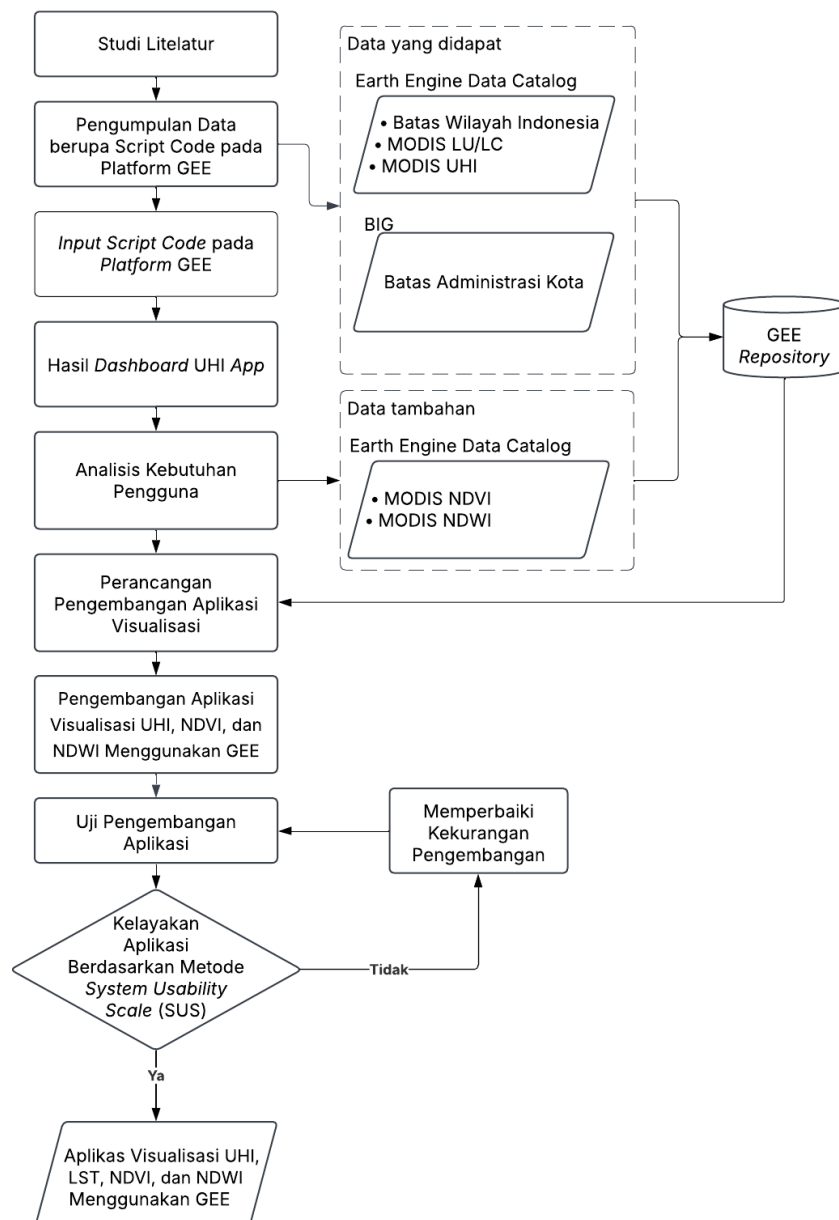
No	Jenis Data	Format	Sumber
1	Batas Negara Indonesia	Vektor	Earth Engine Catalog (USDOS_LSIB_SIMPLE_2017)
2	Batas Administrasi Kota	Vektor	Badan Informasi Geospasial
3	MODIS Land Use/Land Cover (MCD12Q1)	Raster	Earth Engine Catalog
4	MODIS Land Surface Temperature (MOD11A1)	Raster	Earth Engine Catalog
5	MODIS NDVI (MOD13Q1)	Raster	Earth Engine Catalog
6	MODIS NDWI (MOD09A1)	Raster	Earth Engine Catalog

2.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian disusun menjadi empat langkah utama seperti ditunjukkan pada diagram alir penelitian (Gambar 1):

1. Analisis kebutuhan pengguna
Survei dilakukan melalui Google Forms untuk mengetahui kebutuhan dan preferensi pengguna. Sebanyak 30 responden memberikan masukan terkait fitur, tampilan, dan kegunaan aplikasi.
2. Pengumpulan data
Data MODIS (LST, NDVI, NDWI) serta data batas administrasi dikumpulkan melalui Earth Engine Catalog dan repository GEE. Data kemudian dikelola dalam Earth Engine Repository agar mudah diakses pada saat pengembangan aplikasi.
3. Pengembangan aplikasi
Aplikasi dibangun menggunakan Google Earth Engine Code Editor dengan bahasa pemrograman JavaScript. Fitur utama yang dikembangkan meliputi:
 - a. Penambahan data NDVI dan NDWI (selain UHI/LST),
 - b. Fitur slider dan chart untuk menampilkan data deret waktu,

- c. Fitur click on map untuk mengetahui nilai indeks pada lokasi tertentu,
 - d. Fitur data selection untuk memilih jenis data yang ditampilkan (UHI, NDVI, NDWI),
 - e. Fitur heat zone calculation untuk menghitung luas zona panas perkotaan.
4. Uji kelayakan aplikasi
- Setelah pengembangan selesai, aplikasi diuji menggunakan metode *System Usability Scale* (SUS). Responden diminta mengisi kuesioner berisi 10 pernyataan dengan skala Likert 1–5. Hasil evaluasi menunjukkan nilai rata-rata 82,2, yang setara dengan Grade A dan masuk kategori *Best Imaginable*.



Gambar 1. Diagram Alir

Alat evaluasi yang digunakan adalah *System Usability Scale* (SUS) karena sederhana, valid, dan reliabel untuk mengukur tingkat keberterimaan aplikasi. Jumlah responden sebanyak 30 orang, yang mayoritas merupakan mahasiswa sebagai target pengguna utama. Nilai SUS yang diperoleh menjadi acuan dalam menilai tingkat kelayakan aplikasi yang dikembangkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Integrasi data NDVI dan NDWI pada aplikasi berhasil memperluas fungsi pemantauan Urban Heat Island (UHI). Hasil visualisasi NDVI menunjukkan bahwa wilayah dengan tutupan vegetasi lebat, seperti kawasan non-perkotaan, memiliki nilai yang tinggi mendekati +1, sedangkan kawasan perkotaan cenderung menunjukkan nilai rendah akibat rendahnya kerapatan vegetasi. Kondisi ini berbanding lurus dengan pola NDWI, di mana area berair atau lembab (nilai positif) umumnya berada pada kawasan berhutan atau lahan basah, sementara area perkotaan memperlihatkan nilai negatif yang menandakan kondisi kering. Integrasi kedua indeks ini memungkinkan pengguna melakukan analisis spasial yang lebih komprehensif, khususnya terkait interaksi antara suhu, vegetasi, dan ketersediaan air. Gambar 2 dan 3 memperlihatkan contoh visualisasi hasil NDVI dan NDWI tahun 2024.

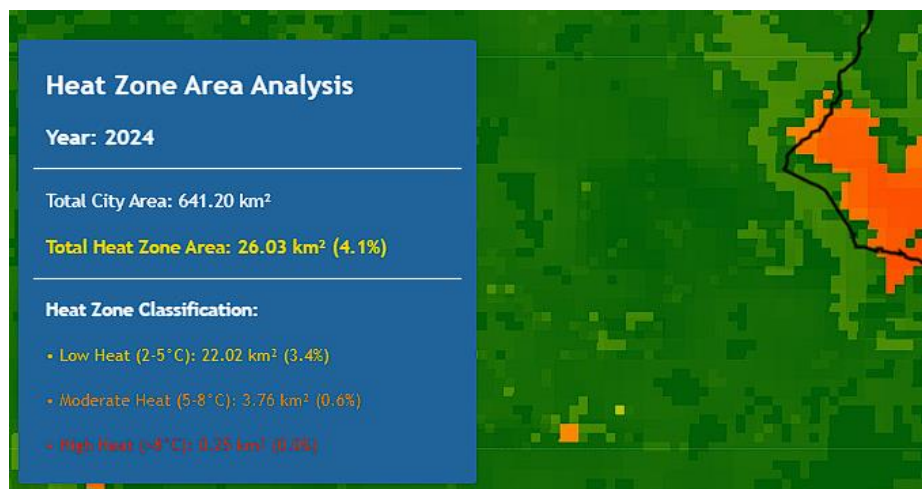


Gambar 2. Normalized Difference Vegetation Index Tahun 2024



Gambar 3. Normalized Difference Water Index Tahun 2024

Pengembangan fitur interaktif juga menjadi poin penting dalam aplikasi ini. Fitur *slider* memungkinkan pengguna melihat dinamika temporal dari UHI, NDVI, dan NDWI sejak tahun 2003 hingga 2030. Selain itu, fitur *chart* memberikan informasi numerik berupa nilai minimum dan maksimum indeks setiap tahun, yang sangat membantu dalam mengidentifikasi tren perubahan. Fitur *click on map* memungkinkan pengguna mendapatkan informasi nilai rata-rata tahunan suatu lokasi hanya dengan memilih titik di peta, sedangkan data selection memberi keleluasaan dalam memilih indeks apa yang ingin divisualisasikan. Fitur unggulan lainnya adalah *heat zone calculation*, yang menghitung luas zona panas di tingkat kota dan mengklasifikasikannya menjadi tiga kategori: *low*, *moderate*, dan *high heat*. Implementasi fitur ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Fitur Heat Zone Calculation

Uji kelayakan aplikasi dilakukan dengan metode *System Usability Scale* (SUS) menggunakan 30 responden. Hasil evaluasi menunjukkan skor rata-rata 82,2, yang setara dengan *Grade A* dan termasuk kategori *Best Imaginable*. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi dinilai sangat baik dari segi tampilan, fungsionalitas, dan kemudahan penggunaan. Tingginya nilai ini juga menegaskan bahwa pengembangan fitur yang didasarkan pada masukan pengguna telah berhasil meningkatkan kualitas aplikasi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memberikan implikasi signifikan bagi perencanaan kota dan mitigasi iklim. Informasi spasial yang dihasilkan dari integrasi UHI, NDVI, dan NDWI dapat digunakan untuk mengidentifikasi wilayah prioritas penghijauan, menilai kondisi ketersediaan air, serta merancang strategi adaptasi terhadap fenomena Urban Heat Island. Dengan kemampuan pemutakhiran data secara otomatis melalui Google Earth Engine, aplikasi ini dapat menjadi alat bantu pengambilan keputusan yang efektif dalam tata ruang kota berbasis data (*evidence-based planning*) di era perubahan iklim.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan aplikasi berbasis Google Earth Engine (GEE) yang mengintegrasikan data *Urban Heat Island* (UHI), *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), dan *Normalized Difference Water Index* (NDWI) dalam satu platform visualisasi. Aplikasi ini dilengkapi dengan fitur interaktif seperti *slider* deret waktu, *chart*, *click on map*, *data selection*,

dan *heat zone calculation*, sehingga mampu menyajikan informasi spasial secara lebih dinamis dan mudah diakses. Hasil evaluasi dengan metode *System Usability Scale* (SUS) menunjukkan skor 82,2 (*Grade A*, kategori *Best Imaginable*), yang menandakan bahwa aplikasi memiliki tingkat kelayakan dan keterterimaan pengguna yang sangat baik.

Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi dapat digunakan sebagai alat bantu pengambilan keputusan dalam perencanaan tata ruang kota dan upaya mitigasi perubahan iklim. Dengan integrasi UHI, NDVI, dan NDWI, aplikasi ini mampu memberikan gambaran yang lebih komprehensif terkait kondisi perkotaan, potensi penghijauan, serta ketersediaan air.

Sebagai pengembangan lebih lanjut, penelitian ini menyarankan agar dilakukan validasi hasil dengan data lapangan, pemanfaatan citra satelit beresolusi tinggi (misalnya Landsat atau Sentinel-2) untuk analisis skala lokal, serta optimalisasi aplikasi agar dapat diakses melalui perangkat mobile guna memperluas jangkauan pengguna.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Badan Informasi Geospasial (BIG), Google Earth Engine (GEE), dan National Aeronautics and Space Administration (NASA) atas penyediaan data yang bebas akses dan telah dimanfaatkan dalam penelitian ini, serta kepada seluruh pihak yang telah terlibat dalam memberikan dukungan terhadap pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih khusus disampaikan kepada Bapak Dr. Soni Darmawan, S.T., M.T., selaku pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan berharga selama penelitian ini berlangsung.

DAFTAR RUJUKAN

- Athukorala, D. and Murayama, Y. (2021). Urban Heat Island formation in Greater Cairo: spatiotemporal analysis of daytime and nighttime Land Surface Temperatures along the urban–rural gradient. *Remote Sensing*, 13, 1396.
- Darmawan, S., Nurulhakim, N. N., & Hernawati, R. (2024). Kecerdasan Buatan berbasis Geospasial (GeoAI). *Elkomika: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 303-320.
- Gago, E. J., Roldan, J., Pacheco-Torres, R., & Ordóñez, J. (2013). The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects. *Renewable and sustainable energy reviews*, 25, 749-758.
- Hehanussa, F. S., Sumunar, D. R. S., & Rakuasa, H. (2023). Pemanfaatan Google Earth Engine Untuk Identifikasi Perubahan Suhu Permukaan Daratan Kabupaten Buru Selatan Berbasis Cloud computing. *Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 1(1), 37-45.
- Nandi, N., & Dede, M. (2022). Urban Heat Island Assessment using Remote Sensing Data in West Java, Indonesia: From Literature Review to Experiments and Analyses. *Indonesian Journal of Science & Technology*, 106-107.
- Sukoco, B., Armijon, & Fadly, R. (2022). Kajian Pemanfaatan Teknologi Google Earth Engine. *Jurnal Penelitian Geografi*, 142-149.
- Widiawaty, M. A. and Dede, M. (2018). Pemodelan spasial bahaya dan kerentanan bencana banjir di wilayah timur Kabupaten Cirebon. *Jurnal Dialog dan Penanggulangan Bencana*, 9(2), 142-153.