

## ***Analysis of Land Surface Temperature and Vegetation to Measure Urban Heat Island Using Google Earth Engine***

Analisis Suhu Permukaan Lahan dan Vegetasi untuk mengukur Urban Heat Island menggunakan Google Earth Engine

**Munysi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Fakultas Dakwah dan Ilmu Komunikasi, Universitas Islam Negeri Antasari, Banjarmasin, Indonesia

<sup>1\*</sup> munysi@uin-antasari.ac.id

\*: *Penulis korespondensi (corresponding author)*

### ***Informasi Artikel***

*Received: December 2023*

*Revised: Juner 2024*

*Accepted: August 2024*

*Published: October 2024*

### ***Abstract***

*Banjarmasin, often referred to as the city of a thousand rivers, has experienced significant urban development, leading to an intensification of the Urban Heat Island (UHI) effect. This study uses a quantitative approach with spatial-based analysis utilizing Landsat 8 satellite data, combined with the capabilities of Google Earth Engine, to examine the interaction between Land Surface Temperature (LST) and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) from 2013 to 2023. Initial observations reveal varying LST patterns, especially in areas surrounding the rivers, as well as significant NDVI variations that reflect vegetation conditions. Detailed analysis shows a clear relationship between vegetation cover and urban temperatures, with temperature fluctuations correlating with changes in vegetation and anthropogenic activities. Notably, the global COVID-19 pandemic contributed to a decrease in LST during 2020-2021, even though vegetation coverage remained relatively stable. These findings underscore the importance of sustainable urban planning, emphasizing the preservation and integration of green spaces to mitigate UHI effects and promote environmental balance. This research provides valuable insights into urban climate dynamics, vegetation health, and sustainable development strategies for rapidly urbanizing cities.*

### ***Abstrak***

*Banjarmasin, yang sering disebut sebagai kota seribu sungai, telah mengalami perkembangan perkotaan yang signifikan, yang mengarah pada intensifikasi efek Urban*

*Keywords: UHI; LST; NDVI; Google Earth Engine; Sustainable Urban Planning*

Kata kunci: UHI; LST; NDVI; Google Earth Engine; Perencanaan Kota Berkelanjutan;

Heat Island (UHI). Studi ini menggunakan kuantitatif dengan analisis berbasis spasial memanfaatkan data satelit Landsat 8, dikombinasikan dengan kemampuan Google Earth Engine, untuk mengkaji interaksi antara Suhu Permukaan Lahan (LST) dan Indeks Vegetasi Ternormalisasi (NDVI) dari tahun 2013 hingga 2023. Pengamatan awal menunjukkan pola LST yang bervariasi, terutama di area sekitar sungai, serta variasi NDVI yang signifikan yang mencerminkan kondisi vegetasi. Analisis mendetail menunjukkan adanya hubungan yang jelas antara tutupan vegetasi dan suhu perkotaan, dengan fluktuasi suhu yang berkorelasi dengan perubahan vegetasi dan aktivitas antropogenik. Khususnya, pandemi COVID-19 global berperan dalam penurunan LST selama 2020-2021, meskipun cakupan vegetasi tetap relatif stabil. Temuan ini menekankan pentingnya perencanaan kota berkelanjutan, dengan penekanan pada pelestarian dan integrasi ruang hijau untuk mengurangi efek UHI dan mempromosikan keseimbangan lingkungan. Penelitian ini memberikan wawasan yang berharga tentang dinamika iklim perkotaan, kesehatan vegetasi, dan strategi pembangunan berkelanjutan untuk kota-kota yang mengalami urbanisasi cepat.

## 1. Pendahuluan

Banjarmasin, kota terkenal di Indonesia yang sering disebut sebagai kota seribu sungai, menunjukkan keterkaitan dinamis antara perkembangan perkotaan dan lanskap alami, di mana kehidupan komunitas sangat terkait dengan sungai. Saat kota ini memperluas batasnya dengan mengadopsi infrastruktur modern, secara bersamaan menghadapi tantangan lingkungan global yang meningkat efek Urban Heat Island (UHI). Fenomena UHI terjadi ketika area perkotaan mengalami suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah pedesaan di sekitarnya. Hal ini disebabkan oleh adanya permukaan buatan di perkotaan yang mengubah sifat aerodinamik, radiasi, termal, dan kelembapan wilayah tersebut [1]. Efek UHI adalah respons iklim yang paling dikenal sebagai akibat dari gangguan yang disebabkan oleh perkembangan perkotaan, ditandai dengan suhu permukaan yang lebih hangat dibandingkan daerah sekitarnya [2]. Pemanasan perkotaan terutama disebabkan oleh panas berlebih dari permukaan yang cepat memanaskan seperti bangunan, aspal, tanah gersang, dan rumput pendek [3]. Suhu di daerah perkotaan dapat jauh lebih tinggi daripada di daerah pinggiran, dan zona suhu tinggi terus meluas seiring kemajuan urbanisasi [4]. Gejala pemanasan harian di perkotaan dapat diamati pada pertengahan pagi dan bisa sekitar 10 derajat lebih hangat daripada hutan terdekat pada musim panas [2], [5].

Di Banjarmasin, kanal dan sungai yang saling berjalın telah lama memainkan peran penting dalam membentuk struktur budaya dan ekonomi kota. Namun, tekanan urbanisasi yang meningkat memberikan tantangan bagi keseimbangan ekologis yang rapuh, terutama terkait dengan variasi suhu dan kesehatan vegetasi. Suhu Permukaan Lahan (LST) adalah parameter

penting untuk menganalisis urban heat island (UHI) dalam konteks perubahan iklim. Peningkatan urbanisasi, aktivitas buatan manusia, dan faktor perubahan iklim berkontribusi terhadap peningkatan LST di zona perkotaan [6]. Perbedaan LST antara area perkotaan dan ruang hijau dapat terlihat, di mana wilayah perkotaan mencatat suhu yang lebih tinggi pada musim panas dan suhu lebih rendah pada musim dingin [7]. Surface Urban Heat Island (SUHI) mengukur perbedaan suhu antara lingkungan perkotaan dan pedesaan, yang memberikan pengaruh signifikan pada iklim lokal dan ekosistem [8]. Dataset penginderaan jauh, dikombinasikan dengan pengukuran suhu satelit, memfasilitasi perhitungan dan pengamatan variasi LST di wilayah perkotaan [9]. LST yang ditingkatkan secara spasial dan temporal, diekstraksi dari penggunaan sinergis gambar inframerah termal (TIR) dengan resolusi spasial kasar dan halus, memperkuat pemetaan UHI, memberikan wawasan penting bagi strategi perkotaan dan inisiatif ketahanan iklim [10].

Seiring dengan LST, Indeks Vegetasi Ternormalisasi (NDVI) menjadi metrik yang sama pentingnya, yang mencerminkan kondisi vegetasi di kota [11]. NDVI memberikan ukuran kesehatan, produktivitas, dan cakupan vegetasi, memainkan peran penting dalam memahami hubungan antara ekspansi perkotaan dan ruang hijau. Di daerah seperti Banjarmasin, di mana sistem perairan sangat terkait dengan struktur perkotaan, NDVI membantu mengidentifikasi wilayah dengan tekanan atau kekuatan vegetasi, yang mendukung perencanaan kota yang lebih terinformasi. Topografi unik dan perluasan perkotaan Banjarmasin menawarkan studi kasus yang menarik. Penting bagi peneliti lingkungan untuk menggunakan platform canggih seperti Google Earth Engine, yang menggabungkan metrik LST dan NDVI, untuk mencapai pemahaman komprehensif dan mitigasi efektif terhadap fenomena UHI [12].

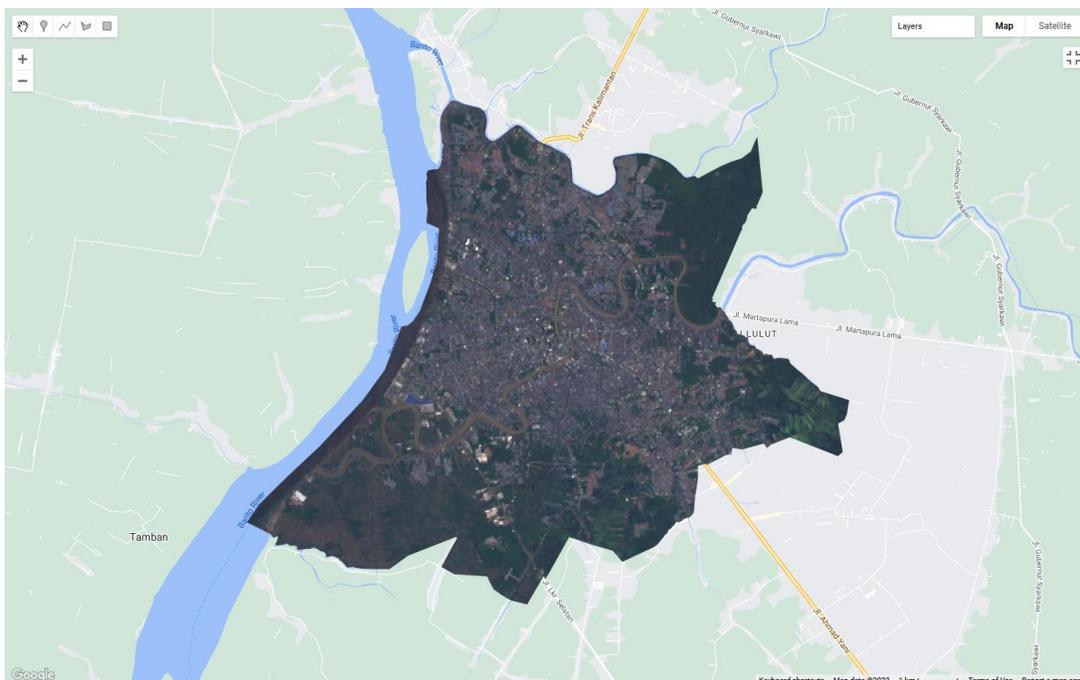
Dalam penelitian ini, kami memanfaatkan kemampuan Google Earth Engine untuk menggali lebih dalam dinamika Suhu Permukaan Lahan (LST) dan Indeks Vegetasi Ternormalisasi (NDVI) di Banjarmasin. Mengingat struktur urban dan karakteristik geografis kota yang unik, analisis gabungan antara LST dan NDVI memberikan pemahaman yang lebih jelas tentang bagaimana efek Urban Heat Island terwujud di wilayah ini dan kondisi vegetasi yang mempengaruhinya. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini tidak hanya berfokus pada identifikasi pola suhu dan vegetasi, tetapi juga pada pemahaman faktor-faktor yang berkontribusi terhadap variasi tersebut. Melalui pendekatan gabungan ini, kami bertujuan untuk memberikan kontribusi signifikan terhadap literatur ilmiah tentang analisis LST dan NDVI di lingkungan perkotaan. Secara khusus, dalam konteks Banjarmasin, penelitian ini berusaha memberikan pemahaman komprehensif tentang bagaimana urbanisasi modern berdampak pada iklim lokal dan kondisi vegetasi, serta bagaimana kota-kota seperti Banjarmasin dapat merencanakan masa depan yang berkelanjutan dengan mempertimbangkan kedua aspek tersebut.

## **2. Metode/Perancangan**

Penelitian ini mengeksplorasi variasi tahunan dalam Suhu Permukaan Lahan (LST) dan Indeks Vegetasi Ternormalisasi (NDVI) di Banjarmasin dengan mengintegrasikan citra satelit LANDSAT-8 dan analisis Google Earth Engine (GEE) [13]. Metode yang digunakan adalah kuantitatif dengan analisis berbasis spasial pada spektrum inframerah bebas awan dari sensor termal di Satelit LANDSAT-8 untuk LST, serta pita near-infrared dan merah untuk NDVI [14]. Citra dikalibrasi dan diproses dalam platform GEE. Skrip khusus dikembangkan untuk

mengekstraksi LST dan NDVI, memberikan visualisasi real-time dan memungkinkan identifikasi area dengan fluktuasi suhu signifikan serta kepadatan vegetasi. Hasil awal menunjukkan pola LST yang beragam antara zona perkotaan dan area sekitar sungai, serta variasi NDVI yang menggambarkan kondisi vegetasi. Analisis gabungan ini memberikan wawasan penting untuk perencanaan kota berkelanjutan di Banjarmasin. Area fokus dalam analisis LST dan NDVI menggunakan Wilayah Minat (ROI) berdasarkan file shp kota Banjarmasin..

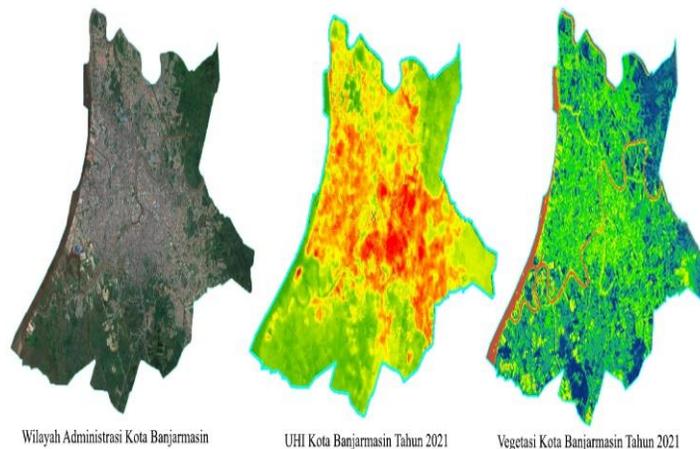
Untuk pengumpulan data, sumber daya internet digunakan untuk mengunduh data LANDSAT-8 secara gratis dari <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Pendekatan analisis data menggunakan teknik analisis spasial, dengan fokus khusus pada LST (Suhu Permukaan Lahan) dan NDVI, serta variabel seperti suhu udara, suhu permukaan tanah, kelembaban udara, kelembaban tanah, dan kepadatan vegetasi. Metode analisis LST dan NDVI terbukti efektif dalam memberikan wawasan berharga mengenai dampak ekologis dan termal dalam Wilayah Minat (ROI) yang dianalisis. Alat perangkat lunak yang digunakan untuk analisis ini adalah kode dari Google Earth Engine ([code.earthengine.google.com](https://code.earthengine.google.com)). Gambar 1 menunjukkan lokasi penelitian dan pengamatan spasial dengan ROI menggunakan file shp dari kota Banjarmasin yang ditampilkan di bawah ini :



Gambar 1. Area lokasi fokus penelitian kota Banjarmasin

Dengan memahami kondisi dasar, penelitian ini dapat menjelaskan kondisi awal Urban Heat Island (UHI) di desa Proklim, memeriksa perbedaan suhu antara area perkotaan dan non-perkotaan, serta memahami dampaknya terhadap kualitas hidup dan kesejahteraan komunitas. Kondisi dasar ini juga membantu mengukur dan mengevaluasi dampak dari perencanaan dan solusi mitigasi UHI yang diusulkan dalam penelitian ini. Pemanfaatan Google Earth Engine menyediakan alat dan dataset yang berharga untuk analisis spasial. Ini memungkinkan integrasi citra satelit, data penginderaan jauh, dan teknik analisis geospasial untuk menilai pola UHI serta

hubungannya dengan berbagai variabel, seperti tutupan lahan, karakteristik bangunan, dan faktor demografis. Dengan memanfaatkan kapabilitas Google Earth Engine, perencana dan peneliti dapat melakukan pemodelan spasial dan analisis yang mendetail untuk menginformasikan strategi mitigasi UHI yang efektif. Pemetaan data Urban Heat Island (UHI) tahun 2021 menggunakan aplikasi penginderaan jauh melalui [code.earthengine.google.com](https://code.earthengine.google.com) dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Urban Heat Island dan vegetasi kota Banjarmasin

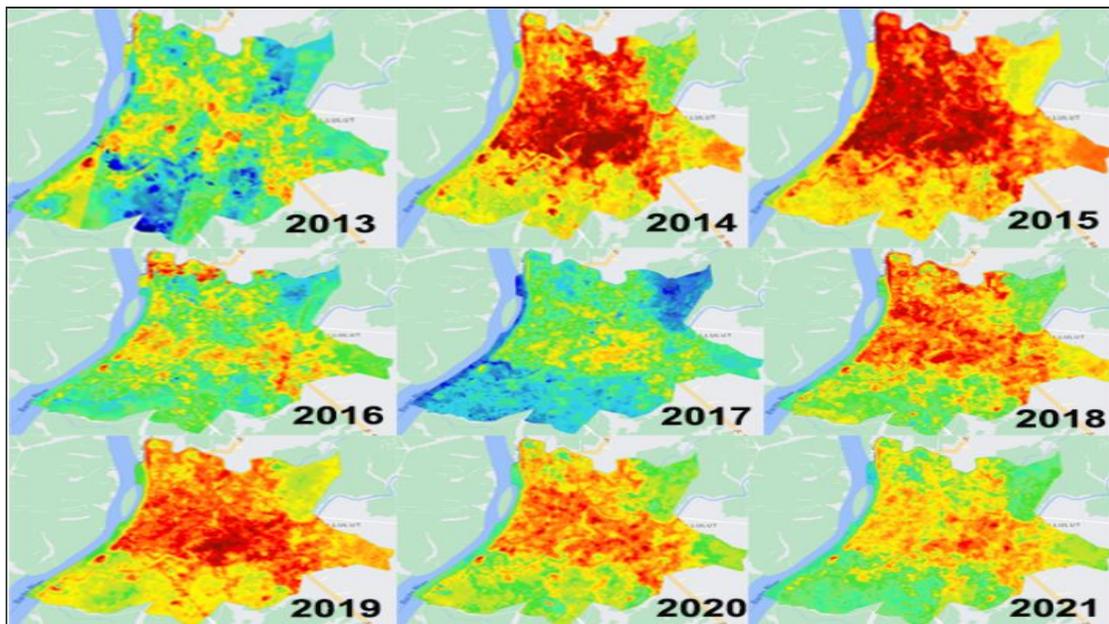
### 3. Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini, kami mengumpulkan data dari satelit Landsat 8 dengan fokus pada Wilayah Minat (ROI) di kota Banjarmasin. Data yang diambil dimulai dari data paling awal yang tersedia di konsol Google Earth Engine dari citra Landsat 8, yaitu dari tahun 2013 hingga 2021. Skrip kode dari [code.earthengine.google.com](https://code.earthengine.google.com), yang mencakup rentang tahun yang diambil, fokus pada ROI, dan pemfilteran awan dari program ini, dapat dilihat di bawah ini :

```
code_munysi_disertasi_vhi *  Get Link  Save  Run  Reset  Apps  ⚙️
Imports (2 entries)
  var bjm: Table projects/ee-munysi/assets/Batas_BJM
  var bjb: Table projects/ee-munysi/assets/Banjarbaru
1 //masking awan
2 var maskL8 = function(image){
3   var qa = image.select('BQA');
4   var mask = qa.bitwiseAnd(1 << 4).eq(0);
5   return image.updateMask(mask);
6 }
7
8 //Fungsi Auto Center Map Objek
9 Map.centerObject(bjm, 11);
10
11 //Dataset NDVI 2020
12 var datasetndvi = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1_TOA')
13   .filterBounds(bjm)
14   .filterDate("2013-01-01", "2022-12-31")
15   .map(maskL8);
16
17 //Dataset LST 2020
18 var dataset = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C01/T1")
19   .filterDate("2013-01-01", "2022-12-31")
20   .filterBounds(bjm)
21   .map(maskL8)
22   .select ("B10");
```

Gambar 3. Script untuk analisis tahunan

Analisis dalam penelitian ini berfokus pada pola urban heat island (UHI) di Kota Banjarmasin menggunakan data spasial dari [code.earthengine.google.com](https://code.earthengine.google.com). Data yang digunakan untuk penelitian ini bersumber dari satelit Landsat 8, dengan fokus khusus pada data suhu permukaan lahan (LST). Analisis ini mencakup rentang waktu dari tahun 2013 hingga akhir 2021. Pola distribusi UHI di Kota Banjarmasin terlihat dari pengamatan berikut:



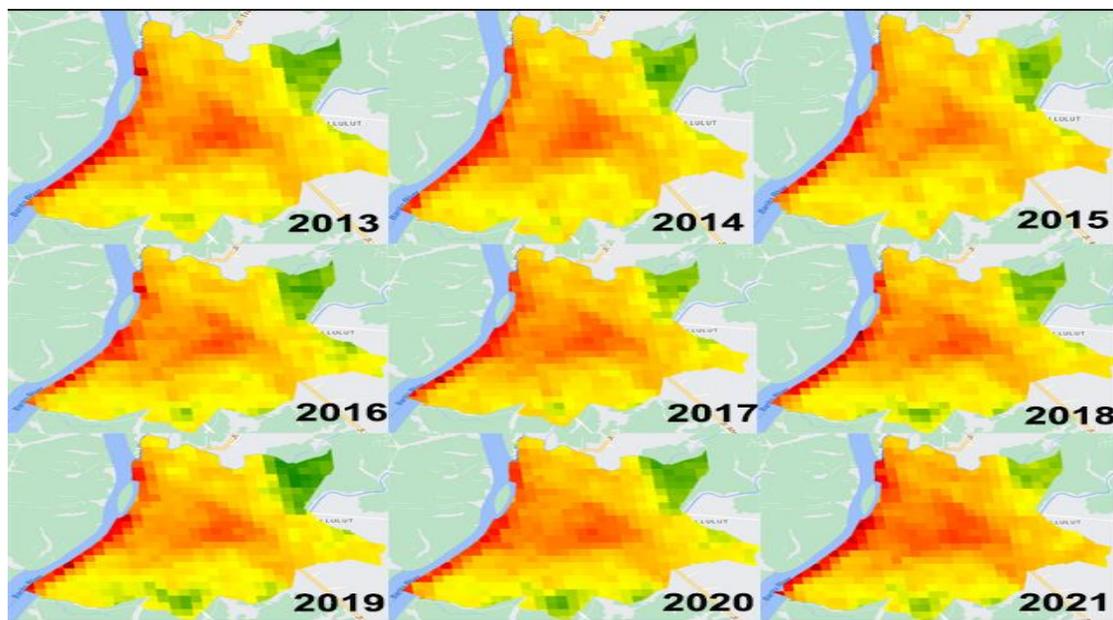
Gambar 4. Pola distribusi UHI di Kota Banjarmasin 2013-2021

Dari data di atas, diamati bahwa pada awal orbit satelit yang menangkap gambar di tahun 2013, kehadiran UHI di area Kota Banjarmasin masih minimal. Suhu rata-rata tertinggi adalah 30 derajat Celsius, dan suhu terendah mencapai 16,79 derajat Celsius. Pada tahun berikutnya, terjadi peningkatan suhu yang signifikan pada 2014 dan 2015, dengan suhu rata-rata 30,2 derajat Celsius dan minimum 23,97 derajat Celsius. Dari 2016 hingga 2017, terjadi penurunan substansial dalam nilai LST yang ditangkap dari citra satelit Landsat 8. Suhu tertinggi pada 2016 dan 2017 adalah 28,04 dan 24,83 derajat Celsius, sementara suhu terendah masing-masing adalah 19,64 dan 17,51 derajat Celsius. Pada 2018 dan 2019, data LST menunjukkan peningkatan kembali, dengan analisis Google Earth Engine mengungkapkan suhu tertinggi pada 2018 dan 2019 masing-masing sebesar 28,36 dan 30,32 derajat Celsius. Dari 2020 hingga 2021, terjadi penurunan signifikan lainnya pada LST, dengan suhu tertinggi sebesar 27,45 dan 26,02 derajat Celsius dan suhu terendah masing-masing sebesar 22,68 dan 22,02 derajat Celsius. Penurunan ini dapat dikaitkan dengan pandemi global COVID-19, yang juga berdampak pada Indonesia, khususnya Kota Banjarmasin. Pemerintah Indonesia menerapkan pembatasan aktivitas masyarakat dan lockdown, sehingga selama hampir dua tahun, sebagian besar aktivitas masyarakat dilakukan dari rumah. Pembatasan ini mengurangi tingkat aktivitas masyarakat, yang berdampak pada penurunan suhu secara signifikan karena aktivitas perkotaan berkurang secara drastis, sehingga polusi dan faktor terkait lainnya turut menurun.

Seiring dengan tren yang diamati ini, penting untuk menyoroti hubungan yang kompleks antara aktivitas manusia dan perubahan iklim lokal. Fenomena urban heat island (UHI), sebagaimana tercermin dari data satelit Landsat 8, menunjukkan kerentanan area perkotaan seperti

Banjarmasin terhadap pengaruh antropogenik. Terlihat bahwa faktor eksternal, seperti pandemi global, dapat mengubah iklim mikro perkotaan secara drastis dengan membatasi aktivitas manusia, sehingga mengurangi panas yang dihasilkan dari sumber-sumber antropogenik. Selain itu, penurunan suhu bersamaan dengan berkurangnya polusi menekankan pentingnya perencanaan kota berkelanjutan. Integrasi ruang hijau, promosi transportasi ramah lingkungan, dan adopsi praktik konstruksi berkelanjutan dapat berpotensi mengurangi efek UHI. Penelitian di masa mendatang perlu memperdalam pemahaman tentang dampak jangka panjang dari pengurangan aktivitas manusia pada lingkungan perkotaan dan mengeksplorasi strategi berkelanjutan untuk memastikan kota tetap tangguh terhadap tantangan iklim.

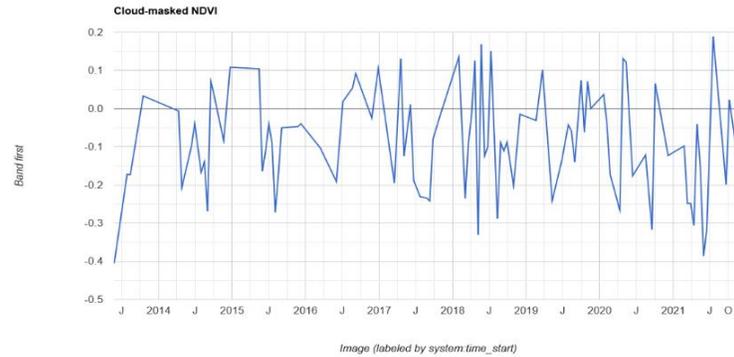
Kami juga menganalisis data NDVI, yang akan dibandingkan dengan peningkatan suhu dari data LST yang diperoleh. Data NDVI ini akan dianalisis untuk menentukan apakah ada korelasi terhadap peningkatan suhu selain dari pengaruh aktivitas masyarakat. Data NDVI dari penelitian ini disajikan pada gambar berikut :



Gambar 5. Pola Distribusi dari NDVI di Kota Banjarmasin

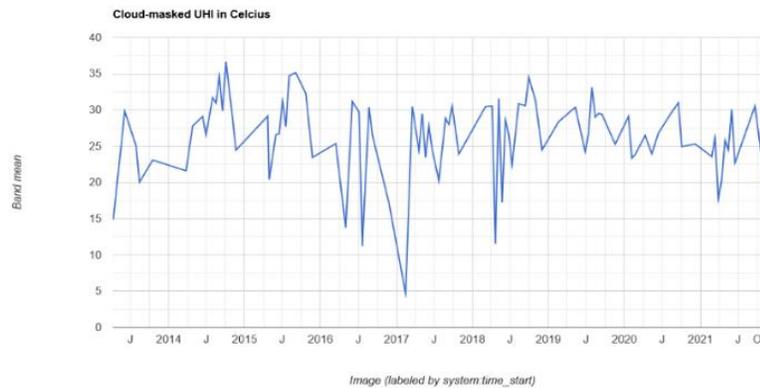
Berdasarkan data NDVI yang diamati, hubungan kompleks antara kesehatan vegetasi, tutupan vegetasi perkotaan, dan fenomena UHI di Banjarmasin semakin diperkuat. Secara umum dipahami bahwa vegetasi yang sehat dan luas berfungsi sebagai langkah penanggulangan alami terhadap efek UHI dengan menyerap radiasi matahari, memberikan keteduhan, dan mendorong evapotranspirasi, yang pada gilirannya menghasilkan pendinginan lokal. Perubahan periodik pada nilai NDVI, ketika dipertimbangkan bersamaan dengan variasi LST, menunjukkan adanya interaksi mendalam antara tutupan vegetasi kota dan dinamika suhu di dalamnya. Seiring dengan berlanjutnya ekspansi perkotaan, yang sering mengorbankan ruang hijau, kemampuan alami vegetasi untuk meredam efek UHI menjadi semakin terbatas. Hal ini menekankan urgensi untuk mengintegrasikan ruang hijau dalam inisiatif perencanaan kota. Memahami hubungan yang kompleks antara struktur perkotaan dan elemen ekologis mengungkap pentingnya strategi komprehensif yang sama-sama menghargai pertumbuhan kota dan pelestarian lingkungan. Upaya perencanaan kota di masa depan harus mempertimbangkan dinamika ini, menekankan

keseimbangan antara pembangunan dan pemeliharaan ruang hijau untuk memastikan lingkungan perkotaan yang berkelanjutan. Berdasarkan data citra satelit yang telah kami analisis, kami bertujuan untuk memahami tren antara nilai LST dan NDVI sehubungan dengan fluktuasi suhu dalam Wilayah Minat (ROI) yang dianalisis. Berikut adalah grafik dari hasil



analisis kami:

Gambar 6. Time Series Trend NDVI 2013-2021



Gambar 7. Time Series Trend LST 2013-2021

Analisis terhadap dataset NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) dan LST (Land Surface Temperature) dari satelit Landsat 8 memberikan perspektif komprehensif tentang dinamika lingkungan di Kota Banjarmasin dari tahun 2013 hingga 2022. Dimulai dengan data NDVI, terlihat fluktuasi yang mencolok dalam kesehatan dan cakupan vegetasi selama bertahun-tahun. Nilai NDVI yang tinggi menunjukkan vegetasi yang sehat, sementara nilai rendah menunjukkan vegetasi yang tertekan atau penurunan tutupan hijau. Pada tahun 2013, nilai NDVI moderat mengindikasikan keseimbangan tutupan hijau yang memadai. Namun, data LST untuk tahun yang sama menunjukkan suhu yang cukup tinggi, yang mengindikasikan adanya efek urban heat island (UHI). Hal ini menunjukkan bahwa, meskipun terdapat tutupan hijau yang signifikan, penyerapan dan pemancaran kembali panas oleh infrastruktur perkotaan mungkin telah meningkatkan suhu.

Periode 2014-2015 menunjukkan penurunan nilai NDVI, yang mengisyaratkan kemungkinan penurunan vegetasi atau peningkatan aktivitas perkotaan. Hal ini dikonfirmasi oleh data LST

yang menunjukkan peningkatan suhu yang cukup signifikan. Penurunan vegetasi ini mungkin memperburuk efek UHI, yang menyebabkan peningkatan suhu tersebut. Antara tahun 2016 dan 2017, grafik NDVI dan LST menunjukkan tren lingkungan yang positif. Peningkatan nilai NDVI mengindikasikan adanya inisiatif ruang hijau atau pemulihan vegetasi alami. Pada saat yang sama, nilai LST menunjukkan tren pendinginan, yang menggarisbawahi dampak positif ruang hijau dalam mengurangi suhu perkotaan.

Namun, pada tahun 2018-2019 terlihat penurunan nilai NDVI, yang mengisyaratkan penurunan kesehatan vegetasi atau berkurangnya tutupan hijau. Data LST mengonfirmasi ini dengan tren kenaikan suhu, yang terutama terlihat pada tahun 2019. Penurunan tutupan hijau ini bisa memperkuat efek UHI selama periode tersebut. Tahun 2020-2021 menjadi periode yang cukup menarik. Meskipun NDVI tidak menunjukkan lonjakan yang signifikan, nilai LST justru mengalami penurunan yang cukup tajam, terutama pada tahun 2021. Anomali ini dapat dikaitkan dengan pandemi global COVID-19, yang menyebabkan penurunan aktivitas manusia, transportasi, dan fungsi industri. Meskipun tutupan vegetasi tetap stabil, penurunan sumber panas antropogenik turut berkontribusi terhadap penurunan nilai LST.

Pada tahun 2022, stabilisasi nilai LST dan sedikit peningkatan nilai NDVI menunjukkan adanya keseimbangan antara perkembangan perkotaan dan inisiatif ruang hijau. Dalam hasilnya, analisis gabungan data NDVI dan LST menyoroti hubungan simbiotik antara tutupan vegetasi dan suhu perkotaan. Pada tahun-tahun ketika vegetasi berkurang atau tertekan, suhu perkotaan meningkat, yang menegaskan peran penting ruang hijau dalam pengaturan iklim. Sebaliknya, faktor eksternal seperti pandemi global juga dapat secara signifikan memengaruhi iklim mikro perkotaan. Perencanaan kota yang berkelanjutan, dengan mengintegrasikan lebih banyak ruang hijau dan menjaga vegetasi yang ada, menjadi kunci untuk memastikan lingkungan perkotaan yang seimbang dan nyaman.

#### **4. Kesimpulan dan Saran**

Analisis yang mendalam terhadap data satelit Landsat 8 untuk Kota Banjarmasin dari tahun 2013 hingga 2022 memberikan wawasan mendalam tentang interaksi dinamis antara tutupan vegetasi (sebagaimana ditunjukkan oleh nilai NDVI) dan suhu perkotaan (tercermin dari nilai LST). Hubungan ini menegaskan pentingnya mempertahankan tutupan hijau yang memadai dalam kawasan perkotaan. Pada periode ketika vegetasi mengalami penurunan, baik karena aktivitas manusia maupun faktor eksternal lainnya, terlihat peningkatan suhu perkotaan yang signifikan. Hal ini memperkuat dampak fenomena Urban Heat Island (UHI) pada kawasan perkotaan yang kurang vegetasi. Sebaliknya, penurunan suhu yang terjadi meskipun nilai NDVI tetap relatif tidak berubah dipengaruhi oleh peristiwa eksternal seperti pandemi global, yang menyoroti peran aktivitas manusia dalam membentuk iklim perkotaan.

Dengan demikian, data ini menyajikan argumen kuat untuk pembangunan perkotaan yang berkelanjutan yang menekankan integrasi dan pelestarian ruang hijau. Pendekatan semacam ini tidak hanya mengurangi dampak negatif dari efek UHI, tetapi juga berkontribusi pada pembentukan lingkungan perkotaan yang tangguh dan adaptif terhadap tantangan eksternal, seperti pandemi. Hubungan simbiotik antara ruang hijau dan pengaturan iklim perkotaan ini sangatlah penting, dan upaya perencanaan kota di masa depan sebaiknya berlandaskan pada temuan ini untuk memastikan keseimbangan yang harmonis antara urbanisasi dan pelestarian lingkungan.

## Daftar Pustaka

- [1] H. Bahi, H. Radoine, and H. Mastouri, “Urban Heat Island: State of the Art,” in *2019 7th International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC)*, 2019, pp. 1–7. doi: 10.1109/IRSEC48032.2019.9078329.
- [2] S. Knight, C. Smith, and M. Roberts, “Mapping Manchester’s urban heat island,” *Weather*, vol. 65, no. 7, pp. 188–193, Jul. 2010, doi: <https://doi.org/10.1002/wea.542>.
- [3] “Urban heat island PY - 1991 AU - Hongsuk H. Kim ER -.”
- [4] K. Masumoto, “Urban Heat Islands BT - Environmental Indicators,” R. H. Armon and O. Hänninen, Eds. Dordrecht: Springer Netherlands, 2015, pp. 67–75. doi: 10.1007/978-94-017-9499-2\_5.
- [5] K. Gadekar, C. B. Pande, J. Rajesh, S. D. Gorantiwar, and A. A. Atre, “Estimation of Land Surface Temperature and Urban Heat Island by Using Google Earth Engine and Remote Sensing Data BT - Climate Change Impacts on Natural Resources, Ecosystems and Agricultural Systems,” C. B. Pande, K. N. Moharir, S. K. Singh, Q. B. Pham, and A. Elbeltagi, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2023, pp. 367–389. doi: 10.1007/978-3-031-19059-9\_14.
- [6] H. K. Jabbar, M. N. Hamoodi, and A. N. Al-Hameedawi, “Urban heat islands: a review of contributing factors, effects and data,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1129, no. 1, p. 12038, 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1129/1/012038.
- [7] Y. Liao *et al.*, “Surface urban heat island detected by all-weather satellite land surface temperature,” *Sci. Total Environ.*, vol. 811, p. 151405, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151405>.
- [8] H. Xia, Y. Chen, C. Song, J. Li, J. Quan, and G. Zhou, “Analysis of surface urban heat islands based on local climate zones via spatiotemporally enhanced land surface temperature,” *Remote Sens. Environ.*, vol. 273, p. 112972, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.112972>.
- [9] B. Halder, J. Bandyopadhyay, and P. Banik, “Evaluation of the Climate Change Impact on Urban Heat Island Based on Land Surface Temperature and Geospatial Indicators,” *Int. J. Environ. Res.*, vol. 15, no. 5, pp. 819–835, 2021, doi: 10.1007/s41742-021-00356-8.
- [10] H. H. KIM, “Urban heat island,” *Int. J. Remote Sens.*, vol. 13, no. 12, pp. 2319–2336, Aug. 1992, doi: 10.1080/01431169208904271.
- [11] BHARTENDU SAJAN, SHRUTI KANGA, SURAJ KUMAR SINGH, VARUN NARAYAN MISHRA, and BOJAN DURIN, “Spatial variations of LST and NDVI in Muzaffarpur district, Bihar using Google earth engine (GEE) during 1990-2020,” *J. Agrometeorol.*, vol. 25, no. 2 SE-Research Paper, pp. 262–267, May 2023, doi: 10.54386/jam.v25i2.2155.
- [12] Z. KHAN and A. JAVED, “Correlation between land surface temperature (LST) and normalized difference vegetation index (NDVI) in Wardha Valley Coalfield, Maharashtra, Central India,” *Nov. Geod.*, vol. 2, no. 3 SE-Research articles, p. 53, Sep.

2022, doi: 10.55779/ng2353.

- [13] R. Li, L. Wang, and Y. Lu, “A comparative study on intra-annual classification of invasive saltcedar with Landsat 8 and Landsat 9,” *Int. J. Remote Sens.*, vol. 44, no. 6, pp. 2093–2114, Mar. 2023, doi: 10.1080/01431161.2023.2195573.
- [14] Y. Zhao and Z. Zhu, “ASI: An artificial surface Index for Landsat 8 imagery,” *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, vol. 107, p. 102703, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102703>.