

Artikel Penelitian

Analisis Spasial Perubahan Suhu Permukaan Daratan Kota Kupang Menggunakan Pendekatan Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI)

Sandy Liwan ¹, Philia Christi Latue ²

¹ Faculty of Psychology, Department of Practical Psychology, Belgorod State University, Belgorod, Russian Federation

² Faculty of Biology, Department of Biology, Herzen University, Saint Petersburg, Russian Federation

KATA KUNCI

Analisis Spasial; Google Earth Engine; Suhu Permukaan Daratan; Kupang

KORESPONDENSI

Phone: +7 999 537 03 21

E-mail: philiatue04@gmail.com

A B S T R A K

Suhu permukaan daratan di Kota Kupang mengalami peningkatan dari tahun 2018-2023, salah satu faktor penyebabnya yaitu terjadinya perkembangan lahan terbangun yang semakin meningkat setiap tahunnya. Penelitian ini menggunakan data citra Landsat 8 Collection 1 Tier 2 TOA Reflectance pada google earth engine. Untuk menganalisis suhu permukaan daratan (LST) pada citra Landsat 8 menggunakan pendekatan geospatial artificial intelligence (GeoAI) menggunakan platform Google Earth Engine (GEE) berbasis cloud computing dengan menggunakan formula "Single Channel Algorithm" atau "Split-Window Algorithm". Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai suhu permukaan daratan tertinggi di tahun 2018 berkisar 21,09° C – 30,79° C dan mengalami peningkatan di tahun 2023 menjadi 22,06° C – 34,99° C. Suhu permukaan pada kelas tinggi dan sangat tinggi terdistribusi di daerah pesisir yang mengalami perkembangan lahan terbangun yang tinggi dan yang juga merupakan daerah pusat Kota Kupang. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat yang besar bagi Pemerintah setempat dalam merencanakan dan mengambil keputusan dalam berbagai sector diantaranya pengembangan sektor pertanian, pengelolaan sumber daya air, dan penanggulangan bencana.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim telah menjadi isu global yang berdampak besar bagi kehidupan makhluk hidup di bumi (Fonseka et al. 2019). Salah satu indikator penting dari perubahan iklim adalah perubahan suhu permukaan daratan (Khasn et al. 2022). Pemahaman yang baik tentang perubahan suhu permukaan daratan di suatu wilayah adalah penting untuk mengidentifikasi dampaknya terhadap lingkungan, manusia, dan ekosistem (Latue et al., 2023; Rakuasa et al., 2023). Kota Kupang, sebagai ibu kota Provinsi Nusa Tenggara Timur di Indonesia, telah mengalami pertumbuhan pesat dalam beberapa dekade terakhir. Pertumbuhan populasi dan perkembangan infrastruktur di Kota Kupang telah menyebabkan perubahan dalam penggunaan lahan dan pola tata ruang (Angin and Sunimbar 2021). Perubahan tersebut dapat berdampak pada perubahan suhu permukaan daratan di wilayah tersebut (Ghanbari et al., 2023)

Untuk memahami perubahan suhu permukaan daratan di Kota Kupang, diperlukan pendekatan yang holistik dan canggih. Pendekatan geospatial artificial intelligence (GeoAI) telah muncul sebagai solusi inovatif untuk menganalisis data geospasial dengan menggunakan kecerdasan buatan. Integrasi teknologi GeoAI memungkinkan identifikasi pola kompleks dan tren dari data suhu permukaan daratan yang tersedia, sehingga dapat memberikan wawasan yang mendalam tentang perubahan iklim lokal (Ermida et al. 2020; Purbahapsari and Batoarung 2022; Latue & Rakuasa 2023). Salah satu aplikasi dari pendekatan GeoAI yaitu Google Earth Engine (GEE). Google Earth Engine adalah platform komputasi awan yang memungkinkan analisis dan pengolahan data penginderaan jauh secara efisien (Ermida et al. 2020). Data penginderaan jauh, seperti citra satelit dengan resolusi tinggi, dapat digunakan untuk memantau dan menganalisis suhu permukaan daratan dengan akurat (Maulana and Bioresita 2023)

Melalui analisis spasial menggunakan Google Earth Engine, perubahan suhu permukaan daratan di Kota Kupang dapat diidentifikasi dengan lebih detail dan akurat (Ahmed et al. 2023; Latue, 2023). Data citra satelit dari berbagai waktu dapat digunakan untuk membandingkan suhu permukaan daratan di berbagai lokasi di Kota Kupang. Dengan menganalisis perubahan suhu ini, kita dapat mengidentifikasi pola perubahan suhu yang signifikan dan memahami faktor-faktor yang berkontribusi terhadap perubahan tersebut (Rakuasa 2022; Bhattacharjee et al. 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk perubahan spasial suhu permukaan daratan di Kota Kupang pada tahun 2015 dan 2023 menggunakan pendekatan GeoAI, yaitu Google Earth Engine. Dalam analisis ini, data suhu permukaan daratan akan dieksplorasi dan dianalisis menggunakan berbagai algoritma dan metode yang tersedia dalam Google Earth Engine. Hasil analisis akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang perubahan suhu permukaan daratan dan potensi dampaknya terhadap lingkungan, manusia, dan ekosistem di Kota Kupang.

Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan yang lebih baik dalam perencanaan tata ruang, pengelolaan lingkungan, dan pengembangan kebijakan adaptasi perubahan iklim di Kota Kupang. Informasi ini akan sangat berharga bagi pemerintah daerah, ahli lingkungan, dan pemangku kepentingan lainnya dalam upaya mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim di wilayah tersebut (Kanga et al. 2022). Dengan demikian, penelitian ini memiliki relevansi yang tinggi dalam konteks perubahan iklim dan pembangunan berkelanjutan di Kota Kupang, serta dapat memberikan sumbangan penting bagi pengetahuan dan pemahaman kita tentang perubahan suhu permukaan daratan dan dampaknya dalam konteks global yang lebih luas

TINJAUAN PUSTAKA

Suhu Permukaan Daratan

Suhu permukaan daratan adalah salah satu parameter penting dalam pemahaman dan analisis iklim bumi (Zhang et al. 2023). Fenomena perubahan suhu permukaan daratan telah menjadi isu global yang mendesak, karena dampaknya yang signifikan terhadap lingkungan dan kehidupan manusia (Tahooni et L., 2023). Perubahan suhu permukaan daratan dapat memiliki dampak yang luas pada kehidupan manusia. Dibidang pertanian, perubahan suhu dapat mempengaruhi musim tanam, pola hujan, dan ketersediaan air, yang semuanya dapat berdampak pada hasil panen dan keamanan pangan (Diksha, Kumari, and Kumari 2023). Selain itu, kenaikan suhu yang signifikan dapat menyebabkan pencairan gletser dan naiknya permukaan air laut, berkontribusi pada naiknya tingkat air laut global (Kanga et al. 2022).

Geospatial Artificial Intelligence

Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI) adalah pendekatan yang menggabungkan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) dengan teknologi geospasial (Gao 2021). GeoAI mengintegrasikan data geografis dan geospasial dengan metode AI untuk memahami, menganalisis, dan membuat keputusan berdasarkan informasi yang terkait dengan lokasi atau spasial (Döllner 2020). Pengertian GeoAI mencakup berbagai teknologi AI, seperti machine learning, deep learning, neural networks, dan algoritma kecerdasan buatan lainnya, yang digunakan untuk memproses dan menganalisis data geospasial dalam skala besar dan kompleks (Moisa et al. 2022). GeoAI memungkinkan sistem komputer untuk mengenali pola dan relasi dalam data spasial, seperti citra satelit, peta, data sensor, dan data geografis lainnya (Song et al. 2023).

Google Earth Engine

Google Earth Engine adalah platform komputasi awan yang dikembangkan oleh Google yang memungkinkan para peneliti, ilmuwan, dan pengembang untuk mengakses dan menganalisis data citra satelit dan data geospasial dalam skala besar (Ermida et al. 2020). Platform ini menyediakan infrastruktur yang kuat untuk memproses, memvisualisasikan, dan menganalisis petabytes data geospasial dengan cepat dan efisien (Muntaga 2019). Google Earth Engine telah digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pemantauan lingkungan, analisis perubahan iklim, pemetaan perubahan tutupan lahan, pemantauan bencana alam, dan banyak lagi (Ticman et al. 2021). Platform ini telah membuka peluang baru dalam bidang pemantauan bumi dan analisis geospasial, dan terus menjadi alat yang berharga bagi para ilmuwan dan praktisi di seluruh dunia (Ermida et al. 2020).

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di Kota Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Penelitian ini menggunakan data citra Landsat 8 Collection 1 Tier 2 TOA Reflectance yang diakses dan dianalisis di Google Earth Engine (<https://earthengine.google.com/>). Landsat 8 Collection 1 Tier 2 TOA Reflectance merupakan salah satu koleksi citra yang tersedia di Google Earth Engine (GEE) untuk satelit Landsat 8. Tier 2 TOA (*Top of Atmosphere*) Reflectance adalah produk citra yang telah dikoreksi secara atmosferik untuk memperoleh reflektansi suhu permukaan daratan yang sebenarnya. Analisis suhu permukaan daratan di Kota Kupang dilakukan pada periode tahun 2013 dan periode 2023.

Untuk menganalisis suhu permukaan daratan pada citra Landsat 8 menggunakan Google Earth Engine (GEE) berbasis *cloud computing* dengan menggunakan formula *Single Channel Algorithm* atau *Split-Window Algorithm* yang sebelumnya sudah digunakan oleh (Prayogo 2023). *Algoritma Split Window Algorithm (SWA)* adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengestimasi suhu permukaan daratan (Land Surface Temperature, LST) dari data citra termal satelit. Metode ini umumnya digunakan untuk mengatasi ketidaklinieran dalam respons radiasi termal terhadap suhu pada saluran termal citra satelit. Berikut ini persamaan *Algoritma Split Window Algorithm (SWA)* untuk analisis suhu permukaan daratan menggunakan geogle earth engine (Prayogo 2023).

$$LST = T1 - (((T1 - T2) / (\lambda_2 - \lambda_1)) * (\lambda - \lambda_1))$$

LST adalah suhu permukaan daratan yang diestimasi, T1 dan T2 adalah respons radiasi pada saluran termal band 10 dan band 11, λ_1 dan λ_2 adalah panjang gelombang untuk saluran termal band 10 dan band 11, λ adalah panjang gelombang yang digunakan dalam estimasi suhu (misalnya, 10.8 μm) Berikut adalah script kode yang digunakan untuk menghitung suhu permukaan daratan di Geogle Eearth Engine:

- Langkah pertama yang dilakukan untuk analisis suhu permukaan daratan di platfrom Google Earth Engine (GEE) yaitu memilih citra satelit yang akan digunakan, dimana pada penelitian ini menggunakan data citra Landsat 8 Collection 1 Tier 2 TOA Reflectance

```
var image = ee.Image('LANDSAT/LC08/C01/T1_TOA/LC08_1234567890123456789');
```

- Menentukan variabel waktu, bertujuan untuk menentukan rentang waktu penelitian.

```
filterDate ('2013-04-01', '2013-04-30'), ('2023-04-01', '2023-04-30')
```

- Mengkonversi suhu radiance menjadi suhu permukaan (LST)

```
var LST = image.expression(
  '(Tb/(1 + (0.00115 * (Tb / 1.4388) / 1.2) * log(Ep)))', {
    'Tb': image.select('B10'), // Suhu kecerahan pada band 10
    'Ep': image.expression(
      '((10.8 * (Tb - 273.15)) / ((exp((10.8 * (Tb - 273.15)) / 14387.69) - 1))
      + 1)', {
        'Tb': image.select('B10') // Suhu kecerahan pada band 10
      }).rename('Ep')
    }).rename('LST');
```

- Menampilkan hasil analisis suhu permukaan daratan di layar Google Earth Engine (GEE)

```
Map.addLayer(LST, {min: 273.15, max: 323.15, palette: ['blue', 'green',
  'red', 'yellow', 'white']}, 'LST');
```

- Memotong (Clip) hasil analisis suhu permukaan daratan menggunakan batas administrasi Kota Kupang

```
clip(geometry);
```

- Menyimpan hasil analisis LST ke Google Drive yang selanjutnya dapat didownload untuk dianalisis lanjut di

```
software Aec GIS.
Export.image.toDrive({
```

```

image: LST,
description: 'LST_Image'
scale: 30,
region: geometry //
});

```

- 7) Setelah hasil analisis suhu permukaan daratan didownload dari ke Google Drive kemudian dilakukan klasifikasi di software Arc GIS yang mengacu pada penelitian Saska et al., (2017). Klasifikasi analisis suhu permukaan daratan dapat dilihat pada Tabel 1.

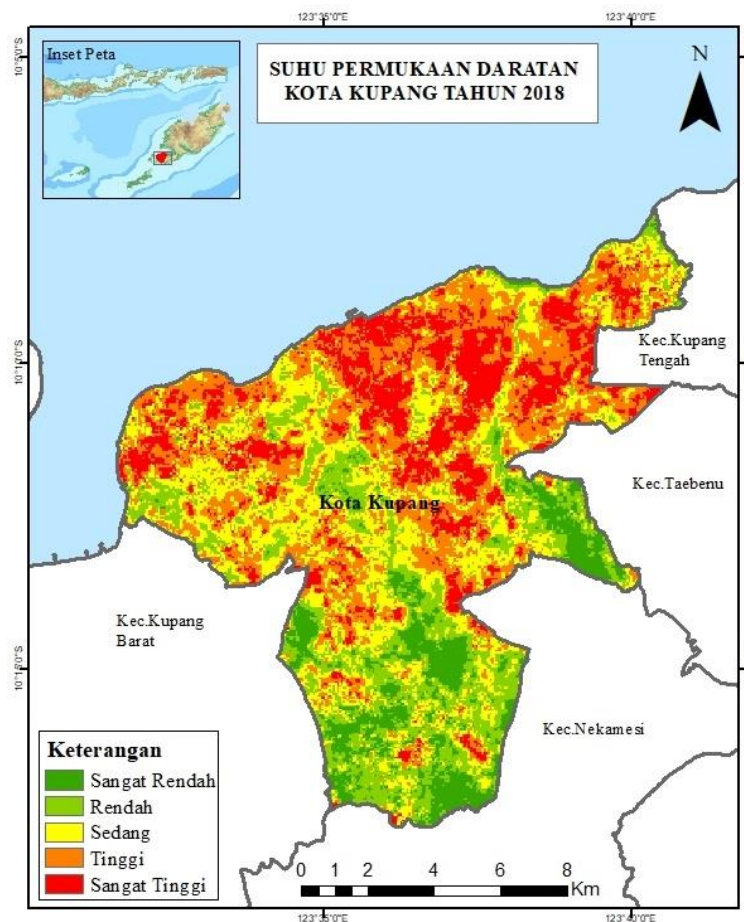
Tabel 1. Klasifikasi Suhu Permukaan Daratan

Kelas Suhu Permukaan Daratan	Suhu Permukaan Daratan (°C)
Sangat Rendah	<20° C
Rendah	20° C – 25° C
Sedang	25° C – 30° C
Tinggi	30° C - 35° C
Sangat Tinggi	>35° C

Sumber: (Saska et al., 2017)

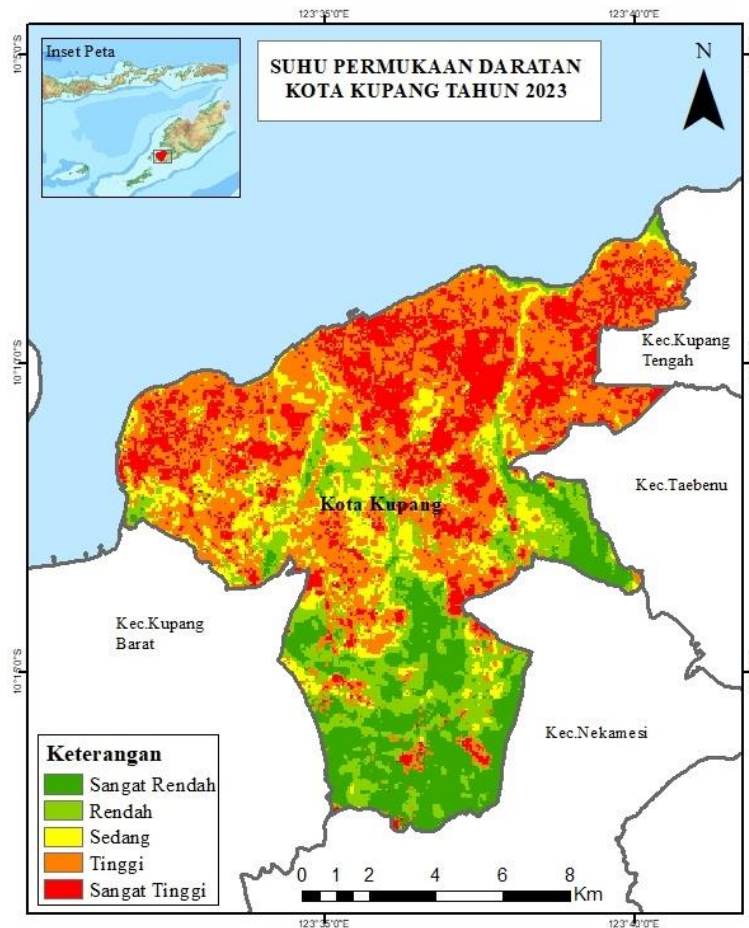
HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai suhu permukaan daratan di Kota Kupang dapat bervariasi tergantung pada berbagai faktor seperti lokasi, waktu, kondisi cuaca, dan penggunaan lahan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai suhu permukaan daratan Kota Kupang di tahun 2018 berkisar antar 21,09° C – 30,79° C. Menurut Ullah et al. (2023), suhu permukaan daratan tertinggi berada pada jenis tutupan lahan terbangun dan lahan terbuka dan nilai suhu permukaan daratan terendah berada pada daerah pertanian, hutan dan badan air. Semakin tinggi suhu permukaan daratan akan semakin rendah kerapatan vegetasi kecuali pada badan air. Semakin tinggi suhu akan semakin tinggi pula kerapatan lahan terbangun. Suhu permukaan daratan Kota Kupang tahun 2018 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Suhu Permukaan Daratan Kota Kupang Tahun 2018

Berdasarkan Gambar 1 Suhu Permukaan Daratan (SPD) Kota Kupang diklasifikasi menjadi lima kelas berdasarkan klasifikasi dari (Sasky et al., 2017). Kelas SPD sangat rendah seluas 2.913,76 ha atau 20,81%, kelas rendah seluas 3.870,64 ha atau 27,64%, kelas sedang seluas 2.878,92 ha atau 20,56%, kelas tinggi seluas 2.345,00 ha atau sebesar 16,75%, kelas sangat tinggi seluas 1.995,01 ha atau sebesar 14,25% dari total luasan Kota Kupang. Kelas suhu permukaan daratan tinggi dan kelas sangat tinggi terpusat di daerah pusat kota dan daerah pesisir. Pada tahun 2023 suhu permukaan daratan di Kota Kupang mengalami peningkatan suhu dan luasan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai suhu permukaan daratan Kota Kupang di tahun 2023 berkisar antar 22,06° C – 34,99° C. Suhu permukaan daratan Kota Kupang tahun 2023 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Suhu Permukaan Daratan Kota Kupang Tahun 2023

Kelas suhu permukaan daratan sangat rendah seluas 2290,21 ha atau 16,35%, kelas rendah seluas 2683,12 ha atau sebesar 19,16%, kelas sedang seluas 3227,34 ha atau 23,05%, kelas tinggi seluas 2652,13 ha atau 18,94%, dan kelas sangat tinggi seluas 3150,53 ha atau sebesar 22,50% dari total luas Kota Kupang. Perkembangan lahan terbangun di suatu wilayah dapat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kenaikan suhu permukaan daratan, begitupun yang terjadi di Kota Kupang

Perkembangan lahan terbangun di Kota Kupang memiliki dampak yang signifikan terhadap kenaikan suhu permukaan daratan di daerah tersebut. Perkotaan yang terus berkembang dengan adanya pembangunan gedung, jalan, dan infrastruktur lainnya memberikan kontribusi terhadap perubahan lingkungan termasuk suhu permukaan daratan (Khan et al. 2022). Dampak perkembangan lahan terbangun terhadap kenaikan suhu permukaan daratan di Kota Kupang menunjukkan pentingnya memperhatikan mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim di wilayah perkotaan. Beberapa langkah yang dapat diambil untuk mengatasi dampak ini antara lain: penghijauan kota, desain perkotaan yang berkelanjutan, penggunaan teknologi hijau, dan edukasi dan kesadaran masyarakat.

Menurut Chen et al. (2023), dengan meningkatkan jumlah dan kualitas ruang terbuka hijau di suatu daerah dapat membantu mengurangi suhu permukaan daratan. Penanaman pohon, taman, dan atap hijau dapat memberikan efek pendinginan melalui penyerapan panas dan peningkatan evaporasi. Zhang et al. (2023), menambahkan bahwa

perencanaan dan desain perkotaan yang berkelanjutan harus mempertimbangkan penggunaan lahan yang efisien, material yang ramah lingkungan, dan desain bangunan yang mengurangi penyerapan panas serta memfasilitasi aliran udara yang baik.

Menurut Fonseka et al. (2019), penerapan teknologi hijau seperti penggunaan cat atap yang cerah, material bangunan yang memiliki reflektivitas tinggi, dan penggunaan sistem pendingin yang efisien dapat membantu mengurangi suhu permukaan daratan suatu daerah termasuk di Kota Kupang. Siqui et al. (2023), menambahkan peningkatan kesadaran masyarakat mengenai dampak perkembangan lahan terbangun terhadap kenaikan suhu permukaan daratan penting dilakukan. Edukasi tentang pentingnya penghijauan, penggunaan energi yang efisien, dan praktik berkelanjutan dapat mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam mengurangi dampak negatif tersebut. Perkembangan lahan terbangun di Kota Kupang memiliki kontribusi yang signifikan terhadap kenaikan suhu permukaan daratan. Untuk mengurangi dampak ini, langkah-langkah mitigasi dan adaptasi perlu dilakukan agar Kota Kupang dapat menjadi kota yang lebih berkelanjutan, nyaman, dan ramah lingkungan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Nilai suhu permukaan daratan di Kota Kupang mengalami peningkatan suhu pada tahun 2018-2023. Salah satu faktor penyebab terjadi peningkatan suhu permukaan di kecamatan Ternate Tengah yaitu terjadinya perkembangan lahan terbangun yang semakin meningkat setiap tahunnya. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat yang besar bagi Pemerintah setempat dalam merencanakan dan mengambil keputusan dalam berbagai sektor diantaranya pengembangan sektor pertanian, pengelolaan sumber daya air, dan penanggulangan bencana. Dengan demikian, analisis suhu permukaan daratan di Kota Kupang dapat memberikan informasi yang penting bagi Pemerintah setempat dalam mengambil kebijakan dan merencanakan pengembangan wilayah yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M. Razu, Ebrahim Ghaderpour, Anil Gupta, Ashraf Dewan, and Quazi K. Hassan. 2023. "Opportunities and Challenges of Spaceborne Sensors in Delineating Land Surface Temperature Trends: A Review." *IEEE Sensors Journal* 23(7):6460–72. doi: 10.1109/JSEN.2023.3246842.
- Angin, Ignasius Suban, and Sunimbar Sunimbar. 2021. "Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Kota Kupang Nusa Tenggara Timur Tahun 2010-2018." *Geoedusains: Jurnal Pendidikan Geografi* 2(1):36–52. doi: 10.30872/geoedusains.v2i1.564.
- Bhattacharjee, Rajarshi, Shishir Gaur, Nilendu Das, Shivam, Ashwani Kumar Agnihotri, and Anurag Ohri. 2022. "Analysing the Relationship between Human Modification and Land Surface Temperature Fluctuation in the Ramganga Basin, India." *Environmental Monitoring and Assessment* 195(1):104. doi: 10.1007/s10661-022-10728-y.
- Diksha, Maya Kumari, and Rina Kumari. 2023. "Spatiotemporal Characterization of Land Surface Temperature in Relation Landuse/Cover: A Spatial Autocorrelation Approach." *Journal of Landscape Ecology*. doi: 10.2478/jlecol-2023-0001.
- Döllner, Jürgen. 2020. "Geospatial Artificial Intelligence: Potentials of Machine Learning for 3D Point Clouds and Geospatial Digital Twins." *PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science* 88(1):15–24. doi: 10.1007/s41064-020-00102-3.
- Ermida, Sofia L., Patricia Soares, Vasco Mantas, Frank-M. Göttsche, and Isabel F. Trigo. 2020. "Google Earth Engine Open-Source Code for Land Surface Temperature Estimation from the Landsat Series." *Remote Sensing* 12(9):1471. doi: 10.3390/rs12091471.
- Fonseka, H. P. U., Hongsheng Zhang, Ying Sun, Hua Su, Hui Lin, and Yinyi Lin. 2019. "Urbanization and Its Impacts on Land Surface Temperature in Colombo Metropolitan Area, Sri Lanka, from 1988 to 2016." *Remote Sensing* 11(8):957. doi: 10.3390/rs11080957.
- Gao, S. 2021. *Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI)*. New York: Oxford University Press.
- Ghanbari, R., M. Heidarimozaffar, A. Soltani, and H. Arefi. 2023. "Land Surface Temperature Analysis in Densely Populated Zones from the Perspective of Spectral Indices and Urban Morphology." *International Journal of Environmental Science and Technology* 20(3):2883–2902. doi: 10.1007/s13762-022-04725-4.
- Kanga, Shruti, Gowhar Meraj, Brian Alan Johnson, Suraj Kumar Singh, Muhammed Naseef PV, Majid Farooq, Pankaj Kumar, Asif Marazi, and Netrananda Sahu. 2022. "Understanding the Linkage between Urban Growth and Land

- Surface Temperature—A Case Study of Bangalore City, India.” *Remote Sensing* 14(17). doi: 10.3390/rs14174241.
- Khan, Rehan, Huan Li, Muhammad Basir, Yuan Lin Chen, Meer Muhammad Sajjad, Ihtisham Ul Haq, Barkat Ullah, Muhammad Arif, and Waqas Hassan. 2022. “Monitoring Land Use Land Cover Changes and Its Impacts on Land Surface Temperature over Mardan and Charsadda Districts, Khyber Pakhtunkhwa (KP), Pakistan.” *Environmental Monitoring and Assessment* 194(6):409. doi: 10.1007/s10661-022-10072-1.
- Latue, P. C., Rakuasa, H., Somae, G., & Muin, A. 2023. “Analisis Perubahan Suhu Permukaan Daratan Di Kabupaten Seram Bagian Barat Menggunakan Platform Berbasis Cloud Google Earth Engine.” *Sudo Jurnal Teknik Informatika* 2(2):45–51. doi: <https://doi.org/10.56211/sudo.v2i2.261>.
- Latue, P. C & Rakuasa, H. 2023. “Analisis Perubahan Suhu Permukaan Daratan Di Kecamatan Ternate Tengah Menggunakan Google Earth Engine Berbasis Cloud Computing.” *E-JOINT (Electronica and Electrical Journal Of Innovation Technology)* 4(1):16–20. doi: <https://doi.org/10.35970/e-joint.v4i1.1901>.
- Maulana, J., and F. Bioresita. 2023. “Monitoring of Land Surface Temperature in Surabaya, Indonesia from 2013-2021 Using Landsat-8 Imagery and Google Earth Engine.” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1127(1):012027. doi: 10.1088/1755-1315/1127/1/012027.
- Moisa, Mitiku Badasa, Bacha Temesgen Gabissa, Lachisa Busha Hinkosa, Indale Niguse Dejene, and Dessalegn Obsi Gemed. 2022. “Analysis of Land Surface Temperature Using Geospatial Technologies in Gida Kiremu, Limu, and Amuru District, Western Ethiopia.” *Artificial Intelligence in Agriculture* 6:90–99. doi: 10.1016/j.aiia.2022.06.002.
- Onesimo Muntaga, Lalit Kumar. 2019. “Google Earth Engine Applications.” *Remotesensing* 11–14. doi: 10.3390/rs11050591.
- Philia, Christi Latue. 2023. “Analysis of Surface Temperature in Buru District Using Cloud Computing on Google Earth Engine.” *Journal of Multidisciplinary Science* 2(1):1–10.
- Prayogo, L. M. (2021). 2023. “Platform Google Earth Engine Untuk Pemetaan Suhu Permukaan Daratan Dari Data Series Modis.” *DoubleClick: Journal of Computer and Information Technology* 5(1):25–31.
- Purbahapsari, Alya Faryanti, and Irene B. Batoarung. 2022. “Geospatial Artificial Intelligence for Early Detection of Forest and Land Fires.” *KnE Social Sciences*. doi: 10.18502/kss.v7i9.10947.
- Rakuasa, H., Sihasale, D. A., & Latue, P. C. 2023. “Spatial Pattern of Changes in Land Surface Temperature of Seram Island Based on Google Earth Engine Cloud Computing.” *International Journal of Basic and Applied Science* 12(1):1–9. doi: <https://doi.org/10.35335/ijobas.v12i1.172>.
- Rakuasa, Heinrich. 2022. “ANALISIS SPASIAL TEMPORAL SUHU PERMUKAAN DARATAN/ LAND SURFACE TEMPERATURE (LST) KOTA AMBON BERBASIS CLOUD COMPUTING: GOOGLE EARTH ENGINE.” *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer* 27(3):194–205. doi: 10.35760/ik.2022.v27i3.7101.
- Song, Yongze, Margaret Kalacska, Mateo Gašparović, Jing Yao, and Nasser Najibi. 2023. “Advances in Geocomputation and Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI) for Mapping.” *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 120:103300. doi: 10.1016/j.jag.2023.103300.
- Tahooni, Amir, A. A. Kakroodi, and Majid Kiavarz. 2023. “Monitoring of Land Surface Albedo and Its Impact on Land Surface Temperature (LST) Using Time Series of Remote Sensing Data.” *Ecological Informatics* 75:102118. doi: 10.1016/j.ecoinf.2023.102118.
- Ticman, K. V., S. G. Salmo III, K. E. Cabello, M. Q. Germentil, D. M. Burgos, and A. C. Blanco. 2021. “MONITORING POST-DISASTER MANGROVE FOREST RECOVERIES IN LAWAAN-BALANGIGA, EASTERN SAMAR USING TIME SERIES ANALYSIS OF MOISTURE AND VEGETATION INDICES.” *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XLVI-4/W6-:295–301. doi: 10.5194/isprs-archives-XLVI-4-W6-2021-295-2021.
- Zhang, Maomao, Abdulla- Al Kafy, Pengnan Xiao, Siyu Han, Shangjun Zou, Milan Saha, Cheng Zhang, and Shukui Tan. 2023. “Impact of Urban Expansion on Land Surface Temperature and Carbon Emissions Using Machine Learning Algorithms in Wuhan, China.” *Urban Climate* 47:101347. doi: 10.1016/j.uclim.2022.101347.