

Analisis Spasio-Temporal Perubahan Suhu Permukaan Daratan Pulau Letti Tahun 2013 dan 2023 Menggunakan Data Citra Ladsat 8 OLI/TIRS Pada Google Earth Engine

Reindino Letedara^{1*}, Susan E Manakane¹, Philia Christi Latue², Heinrich Rakuasa³

¹ Program Studi Pendidikan Geografi, Universitas Pattimura, Indonesia

² Program Studi Pendidikan Geografi, Universitas Pattimura, Indonesia

³ Departemen Geografi, Universitas Indonesia, Indonesia

^{1*} Author: letedarareindino@gmail.com



*Corresponding author
Reindino Letedara
Email :
letedarareindino@gmail.com
HP: +6282338294870

Article History:

Received 12 Aug 2023

Revised 20 Aug 2023

Accepted 23 Aug 2023

Abstrak

Studi ini menganalisis perubahan suhu permukaan daratan Pulau Letti antara tahun 2013 dan 2023 dengan memanfaatkan data citra Landsat 8 OLI/TIRS di Google Earth Engine. Analisis spasio-temporal mengungkapkan peningkatan suhu permukaan yang signifikan, menyoroti tren pemanasan global dan dampaknya terhadap lingkungan, pertanian, dan masyarakat setempat. Keterkaitan antara penggunaan lahan, tutupan vegetasi, dan suhu permukaan juga teridentifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa. Pada tahun 2013 suhu permukaan daratan Pulau Letti berkisar antar 28,05 °C – 18-54°C dan mengalami peningkatan di tahun 2023 berkisar 14,70 °C – 26-90 °C. Dengan pemanfaatan Google Earth Engine, penelitian ini memberikan wawasan mendalam tentang dinamika lingkungan Pulau Letti, memberikan panduan untuk tindakan adaptasi dan mitigasi yang berkelanjutan dalam menghadapi perubahan suhu permukaan.

Kata Kunci : Google Earth Engine, Pulau Letti, Ladsat 8, Suhu Permukaan Daratan

Abstract

This study analyzed the land surface temperature changes of Letti Island between 2013 and 2023 using Landsat 8 OLI/TIRS imagery data in Google Earth Engine. Spatio-temporal analysis revealed a significant increase in surface temperature, highlighting the global warming trend and its impact on the environment, agriculture and local communities. Linkages between land use, vegetation cover and surface temperature were also identified. The results showed that In 2013, the land surface temperature of Letti Island ranged from 28.05 °C - 18-54 °C and increased in 2023 ranging from 14.70 °C - 26-90 °C. With the utilization of Google Earth Engine, this research provides an in-depth insight into the environmental dynamics of Letti Island, providing guidance for sustainable adaptation and mitigation measures in the face of surface temperature changes.

Keyword : Google Earth Engine, Letti Island, Ladsat 8, Land Surface Temperature

PENDAHULUAN

Perubahan iklim global telah menjadi isu yang semakin mendesak dalam dekade terakhir (Ross & Randhir, 2022). Fenomena ini mempengaruhi berbagai aspek kehidupan manusia dan ekosistem di seluruh dunia (Venäläinen et al. 2020; Rakuasa and Pertuack 2023). Di tengah perubahan iklim yang signifikan, pemahaman tentang perubahan suhu permukaan daratan menjadi sangat penting (Hehanussa et al., 2023). Suhu permukaan daratan dapat memberikan gambaran yang lebih baik tentang perubahan lingkungan di wilayah tertentu, termasuk dampaknya terhadap ekosistem, pertanian, dan kesejahteraan manusia (Wang et al. 2019; Latue & Rakuasa 2023). Menurut Li et al. (2023), Suhu permukaan daratan adalah parameter penting dalam memahami perubahan iklim dan lingkungan bumi. Penelitian tentang perubahan suhu permukaan daratan menjadi semakin relevan mengingat adanya perubahan iklim global yang dapat berdampak signifikan pada ekosistem dan kehidupan manusia (Ghanbari et al. 2023; Philia & Rakuasa 2023).

Pulau Letti adalah salah satu pulau yang terletak di Indonesia, dikelilingi oleh Samudra Pasifik dan Laut Banda. Perubahan suhu permukaan daratan di pulau ini dapat memengaruhi ekosistem laut, pertanian, dan kesejahteraan masyarakat lokal (Rakuasa, 2022b). Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang perubahan suhu permukaan daratan menjadi esensial (Gadekar et al. 2023; Liwan & Latue 2023). Dalam konteks ini, analisis spasio-temporal perubahan suhu permukaan daratan menjadi krusial untuk memahami dinamika lingkungan. Dalam rangka untuk mengumpulkan data suhu permukaan daratan yang akurat dan representatif, teknologi citra satelit memainkan peran

penting. Landsat 8 OLI/TIRS, sebuah satelit yang diluncurkan oleh NASA dan USGS, menyediakan data suhu permukaan daratan dalam resolusi spasial yang baik (Latue et al., 2023; Rakuasa et al., 2023). Data citra dari Landsat 8 OLI/TIRS dapat memberikan pandangan holistik tentang perubahan suhu permukaan daratan di Pulau Letti selama periode waktu tertentu.

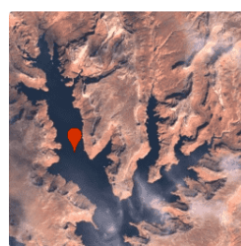
Namun, analisis data citra satelit memerlukan platform yang dapat memproses dan menganalisis data dalam skala besar. Google Earth Engine adalah platform yang memungkinkan ilmuwan dan peneliti untuk menjalankan analisis spasial menggunakan data citra satelit (Ermida et al. 2020; Albarqouni et al. 2022). Landsat 8 OLI/TIRS adalah salah satu satelit yang diluncurkan oleh NASA dan USGS, yang dilengkapi dengan sensor OLI (*Operational Land Imager*) dan TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) (Ermida et al., 2020). Kombinasi dari kedua sensor ini memungkinkan pengambilan data suhu permukaan daratan dengan akurasi yang baik. Dengan mengintegrasikan data citra Landsat 8 OLI/TIRS pada Google Earth Engine, pengguna dapat mengakses, memproses, dan menganalisis data suhu permukaan daratan di Pulau Letti dengan efisien (Rakuasa, 2022a). Citra Landsat 8 OLI/TIRS satelit mampu memberikan data suhu permukaan daratan dalam skala spasial yang luas dan rentang waktu tertentu (Ghanbari et al., 2023).


Melalui pemahaman yang mendalam tentang perubahan suhu permukaan daratan, kita dapat mengidentifikasi tren panas atau dingin yang signifikan, memetakan area-area yang rentan terhadap perubahan suhu ekstrem, dan menyusun strategi adaptasi yang sesuai. Hal ini juga akan membantu dalam menjaga keberlanjutan ekosistem Pulau Letti dan kesejahteraan masyarakat yang tinggal di sana. Oleh karena itu, analisis spasio-temporal perubahan suhu permukaan daratan di Pulau Letti menggunakan data citra Landsat 8 OLI/TIRS di Google Earth Engine memiliki relevansi yang kuat dan penting dalam konteks ilmu lingkungan dan perubahan iklim global. Berdasarkan latar belakang diatas penelitian ini bertujuan untuk mengetahui secara spasio-temporal perubahan suhu permukaan daratan Pulau Letti tahun 2013 dan 2023 menggunakan data citra ladsat 8 OLI/TIRS pada geogle earth engine.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Pulau Letti, Kabupaten Maluku Barat Daya, Provinsi Maluku. Penelitian ini menggunakan data citra Landsat 8 Collection 1 Tier 2 TOA Reflectance tahun 2013 dan tahun 2023. Citra Landsat 8 Collection 1 Tier 2 TOA Reflectance merupakan produk data penginderaan jauh yang telah diolah secara khusus untuk menghilangkan efek atmosfer dan memastikan akurasi radiometrik dan geometrik. Tier 2 mengacu pada tingkat pemrosesan yang lebih lanjut, yang memungkinkan analisis ilmiah dan aplikasi yang lebih cermat. TOA Reflectance adalah ukuran radiasi elektromagnetik yang dipantulkan dari permukaan Bumi, yang telah dikoreksi untuk efek atmosfer. Citra Landsat 8 Tier 2 TOA Reflectance mencakup data spektral dari berbagai panjang gelombang, termasuk inframerah termal yang sangat penting untuk analisis suhu permukaan. Dataset Landsat 8 Collection 1 Tier 2 TOA Reflectance di Google Earth Engine (GEE) dapat dilihat pada Gambar 1.

USGS Landsat 8 Collection 2 Tier 1 and Real-Time dat...



Dataset Availability
2013-03-18T15:58:14 -
Dataset Provider
[USGS/Google](#)
Collection Snippet 

```
ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C02/T1_RT_TOA")
```

[See example](#)

DESCRIPTION BANDS IMAGE PROPERTIES TERMS OF USE

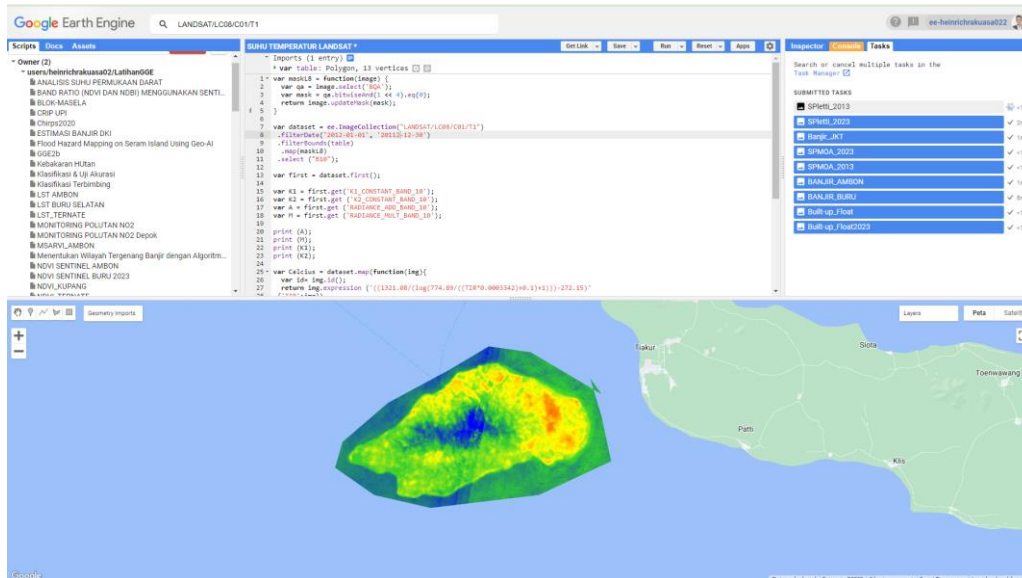
Landsat 8 Collection 2 Tier 1 and Real-Time data calibrated top-of-atmosphere (TOA) reflectance. Calibration coefficients are extracted from the image metadata. See [Chander et al. \(2009\)](#) for details on the TOA computation.

Landsat scenes with the highest available data quality are placed into Tier 1 and are considered suitable for time-series processing analysis. Tier 1 includes Level-1 Precision Terrain (L1TP) processed data that have well-characterized radiometry and are inter-calibrated across the different Landsat sensors. The georegistration of Tier 1 scenes will be consistent and within prescribed tolerances [≤ 12 m root mean square error (RMSE)]. All Tier 1 Landsat data can be considered consistent and inter-calibrated (regardless of sensor) across the full collection. See more information [in the USGS docs](#).

Gambar 1. Tampilan Landsat 8 Collection 1 Tier 2 TOA Reflectance

Pengolahan dan analisis suhu permukaan Pulau Letti tahun 2013 dan tahun 2023 dilakukan berbasis cloud di platform Google Earth Engine (GEE) (Gambar 2). Google Earth Engine (GEE) adalah platform yang kuat untuk analisis data penginderaan jauh. Ini menggabungkan kumpulan besar citra satelit dengan kemampuan komputasi awan skala besar, memungkinkan peneliti dan praktisi melakukan analisis secara efisien dalam lingkungan yang terpadu. GEE menyediakan antarmuka pemrograman yang kuat dengan menggunakan bahasa JavaScript, yang memungkinkan pengguna untuk memanipulasi data, menerapkan algoritma, dan menghasilkan visualisasi dengan mudah. 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.



Gambar 2. Tampilan Proses Pengolahan Suhu Permukaan Daratan di Google Earth Engine (GEE)

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: (Sasky et al., 2017)

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

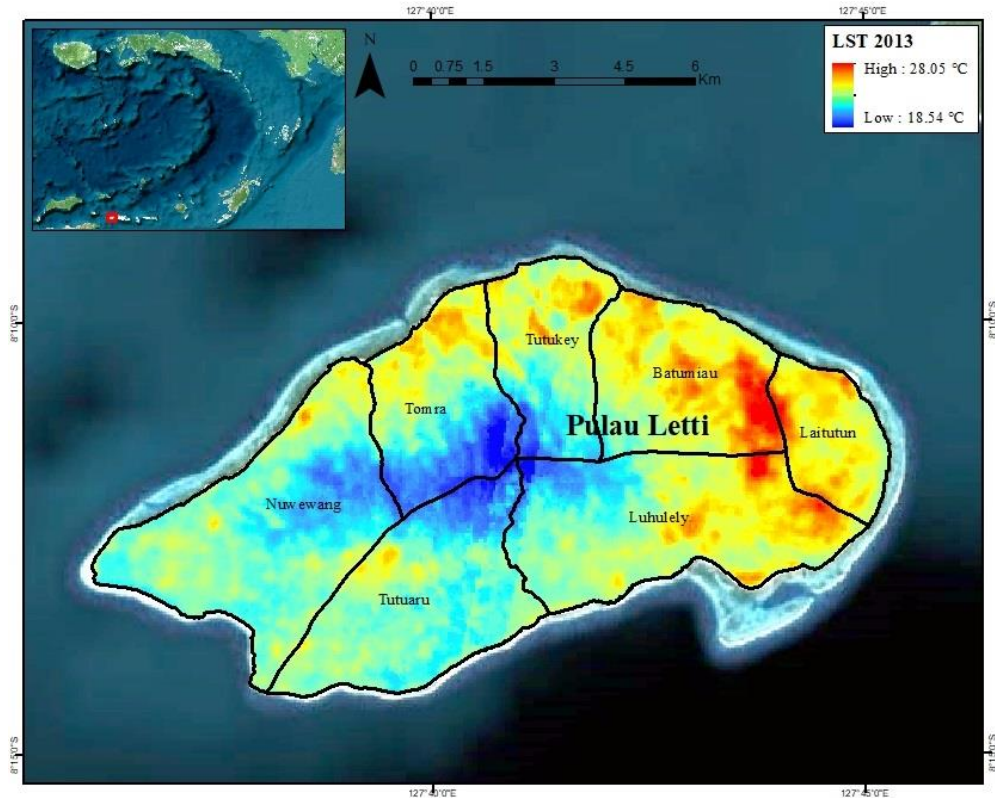
HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai suhu permukaan daratan di Pulau Letti dapat bervariasi tergantung pada berbagai faktor seperti lokasi, waktu, kondisi cuaca, dan penggunaan lahan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai suhu permukaan daratan Pulau Letti di tahun 2013 berkisar antar 28,05 °C – 18-54°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.

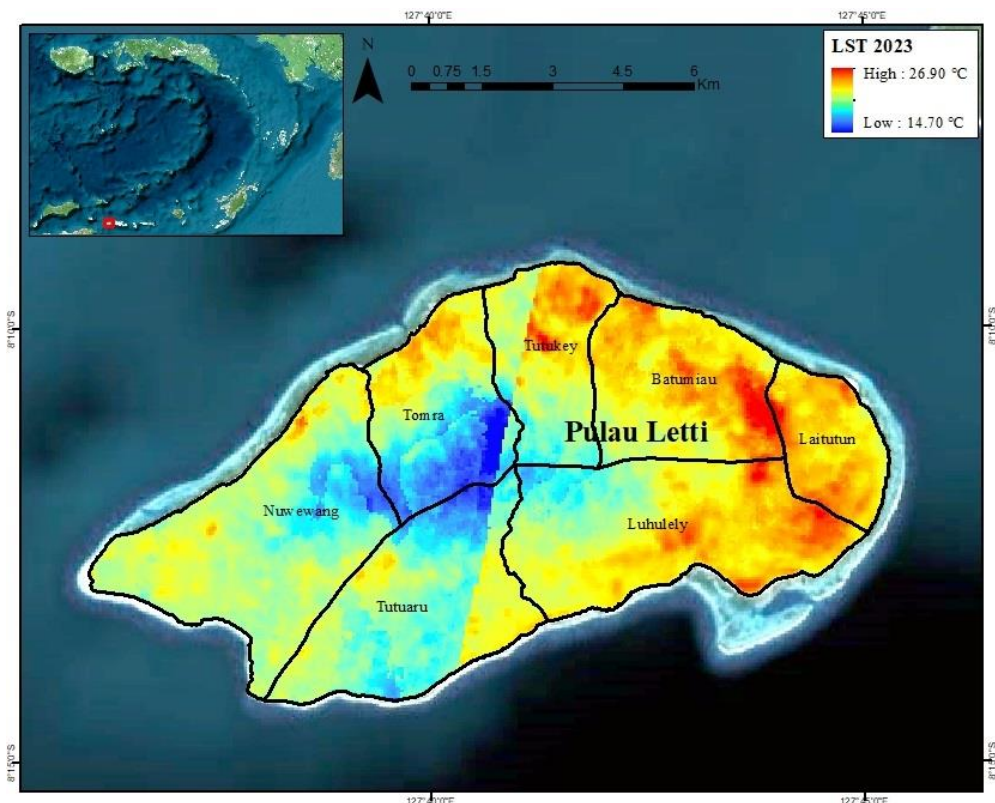
Berdasarkan Gambar 3 dan Tabel 1 suhu permukaan daratan Pulau Letti pada tahun 2013 berkisar antar 28,05 °C – 18-54°C berada pada kelas rendah dan kelas sedang. Suhu permukaan tinggi (warna merah) terkonsentrasi di daerah barat Pulau Letti yaitu di Desa Laitutun, Batumeau daan daerah pesisir Desa Tomra dan Serwaru. Pada tahun 2013 daerah yang berada pada kelas suhu permukaan daratan rendah memiliki luas 4.998,11 ha atau sebesar 55,42% dan daerah yang berada pada daerah yang memiliki suhu permukaan daratan sedang seluas 4.020,89 ha atau sebesar 44,58%. Pada umumnya daerah yang memiliki suhu permukaan daratan tinggi yaitu daerah dengan tutupan vegetasi yang jarang atau bahkan tanpa vegetasi cenderung memiliki suhu permukaan yang tinggi. Vegetasi memiliki efek penyejuk karena proses transpirasi menghilangkan panas melalui penguapan air dari daun tanaman. Menurut Tahooni et al., (2023), daerah dengan topografi landai atau datar cenderung memiliki suhu permukaan yang lebih tinggi karena permukaan tanah dapat terpapar secara langsung oleh sinar matahari tanpa ada penghalang yang signifikan.

Suhu permukaan daratan di Pulau Letti terus mengalami peningkatan, pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa pada tahun 2023 Suhu permukaan daratan berkisar antar 14,70 °C – 26-90 °C. Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa seluas 3.833,83 ha berada di daerah yang memiliki suhu permukaan daratan yang rendah (20° C – 25° C) dan seluas 5.189.12 ha

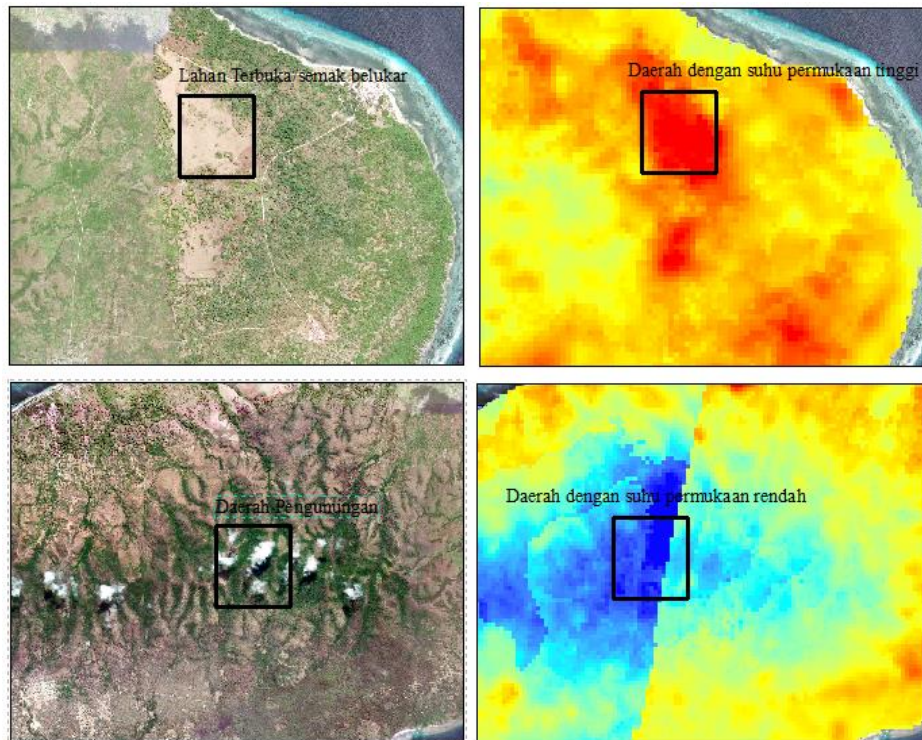
berada di daerah yang memiliki suhu permukaan daratan sedang (25° C – 30° C). Peta suhu permukaan daratan pada tahun 2013 Gambar dapat dilihat pada Gambar 3 dan suhu permukaan daratan Pulau Letti pada tahun 2023 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Suhu Permukaan Pulau Letti Tahun 2013



Gambar 4. Suhu Permukaan Pulau Letti Tahun 2023



Gambar 5. Tampilan hubungan penggunaan lahan (Komposit RGB Citra SPOT 7) dengan suhu permukaan daratan

Pada umumnya perubahan penggunaan lahan memiliki korelasi dengan peningkatan suhu permukaan daratan di suatu daerah. Hubungan antara penggunaan lahan dan suhu permukaan daratan di Pulau Letti merupakan aspek penting dalam pemahaman tentang bagaimana perubahan penggunaan lahan dapat mempengaruhi karakteristik termal wilayah tersebut. Menurut Wang et al., (2021), daerah dengan tutupan vegetasi yang luas seperti hutan, perkebunan, atau lahan pertanian dengan tanaman yang tumbuh rapat cenderung memiliki suhu permukaan yang lebih rendah. Vegetasi memberikan bayangan dan mengurangi paparan langsung sinar matahari ke permukaan tanah, sehingga mencegah pemanasan berlebihan (Latue et al., 2023). Lahan yang tidak memiliki tutupan vegetasi, seperti lahan terbuka atau tanah kosong, cenderung memiliki suhu permukaan yang lebih tinggi (Ghanbari et al., 2023). Tanah yang terbuka dapat dengan mudah menyerap dan memancarkan panas, yang menyebabkan peningkatan suhu permukaan (Latue, 2023).

Menurut Lee & Brody, (2018), daerah yang berdekatan dengan air atau garis pantai biasanya memiliki suhu permukaan yang lebih rendah. Air memiliki kapasitas termal yang tinggi, sehingga mampu menjaga suhu lebih stabil daripada tanah. Manakane et al., (2023) menambahkan bahwa perubahan penggunaan lahan, seperti deforestasi atau konversi hutan menjadi lahan pertanian atau perkotaan, dapat berdampak pada perubahan suhu permukaan. Misalnya, deforestasi dapat mengurangi bayangan dan tutupan vegetasi, yang berpotensi meningkatkan suhu permukaan. Menurut Zhao et al., (2023), topografi dan elevasi wilayah juga dapat memengaruhi suhu permukaan. Lereng yang terbuka ke arah matahari cenderung lebih panas daripada lereng yang teduh. Daerah ketinggian yang lebih tinggi juga cenderung memiliki suhu yang lebih rendah. Penting untuk menganalisis secara spasio-temporal bagaimana perubahan penggunaan lahan berdampak pada suhu permukaan daratan di Pulau Letti. Informasi ini dapat membantu dalam pengambilan keputusan tentang pengelolaan lahan yang berkelanjutan, mitigasi dampak panas, dan pelestarian ekosistem.

Analisis spasio-temporal perubahan suhu permukaan daratan menggunakan data citra Landsat 8 OLI/TIRS di Google Earth Engine memiliki manfaat yang signifikan dalam pemahaman tentang perubahan lingkungan dan dampaknya di Pulau Letti. Dengan menggabungkan kemampuan GEE dan ketersediaan data satelit, analisis ini dapat memberikan wawasan yang berharga bagi pengambilan keputusan dan manajemen lingkungan di wilayah ini, serta memberikan kontribusi terhadap pemahaman global tentang perubahan iklim dan ekosistem.

KESIMPULAN

Dalam analisis ini, penelitian tentang perubahan suhu permukaan daratan Pulau Letti antara tahun 2013 dan 2023 menggunakan data citra Landsat 8 OLI/TIRS di Google Earth Engine memberikan wawasan penting tentang dinamika lingkungan dan perubahan iklim. Analisis ini mengungkapkan peningkatan suhu permukaan yang signifikan selama

periode tersebut, yang mengindikasikan tren pemanasan global yang mungkin berdampak pada ekosistem, pertanian, dan masyarakat setempat. Hubungan yang kompleks antara penggunaan lahan, tutupan vegetasi, dan suhu permukaan juga tergambar, dengan daerah urban dan terbuka cenderung memiliki suhu lebih tinggi. Dengan memanfaatkan potensi Google Earth Engine untuk analisis spasio-temporal, studi ini memberikan pandangan mendalam tentang perubahan lingkungan di Pulau Letti, memberi arahan untuk tindakan mitigasi, adaptasi, dan pengelolaan yang berkelanjutan guna menghadapi perubahan suhu permukaan dan dampaknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Albarqouni, M. M. Y., Yagmur, N., Bektas Balcik, F., & Sekertekin, A. (2022). Assessment of Spatio-Temporal Changes in Water Surface Extents and Lake Surface Temperatures Using Google Earth Engine for Lakes Region, Türkiye. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(7), 407. <https://doi.org/10.3390/ijgi11070407>
- Ermida, S. L., Soares, P., Mantas, V., Götsche, F.-M., & Trigo, I. F. (2020). Google Earth Engine Open-Source Code for Land Surface Temperature Estimation from the Landsat Series. *Remote Sensing*, 12(9), 1471. <https://doi.org/10.3390/rs12091471>
- Gadekar, K., Pande, C. B., Rajesh, J., Gorantiwar, S. D., & Atre, A. A. (2023). *Estimation of Land Surface Temperature and Urban Heat Island by Using Google Earth Engine and Remote Sensing Data* (pp. 367–389). https://doi.org/10.1007/978-3-031-19059-9_14
- Ghanbari, R., Heidarimozaffar, M., Soltani, A., & Arefi, H. (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. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04725-4>
- 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.
- 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. <https://doi.org/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. <https://doi.org/https://doi.org/10.35970/e-joint.v4i1.1901>
- Latue, P. C., Rakuasa, H., & Sihasale, D. A. (2023). Analisis Kerapatan Vegetasi Kota Ambon Menggunakan Data Citra Satelit Sentinel-2 dengan Metode MSARVI Berbasis Machine Learning pada Google Earth Engine. *Sudo Jurnal Teknik Informatika*, 2(2), 68–77. <https://doi.org/10.56211/sudo.v2i2.270>
- Lee, Y., & Brody, S. D. (2018). Examining the impact of land use on flood losses in Seoul, Korea. *Land Use Policy*, 70, 500–509. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.019>
- Li, Z., Wu, H., Duan, S., Zhao, W., Ren, H., Liu, X., Leng, P., Tang, R., Ye, X., Zhu, J., Sun, Y., Si, M., Liu, M., Li, J., Zhang, X., Shang, G., Tang, B., Yan, G., & Zhou, C. (2023). Satellite Remote Sensing of Global Land Surface Temperature: Definition, Methods, Products, and Applications. *Reviews of Geophysics*, 61(1). <https://doi.org/10.1029/2022RG000777>
- Manakane, S. E., Rakuasa, H., & Latue, P. C. (2023). Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Identifikasi Perubahan Tutupan Lahan di DAS Marikurubu, Kota Ternate. *Tabela Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 1(2), 51–60. <https://doi.org/https://jurnal.ilmubersama.com/index.php/tabela/article/view/301#:~:text=DOI%3A-,https%3A/doi.org/10.56211/tabela.v1i2.301,-Keywords%3A%20Marikurubu>
- Philia, C. L., & Rakuasa, H. (2023). Analysis of Surface Temperature in Buru District Using Cloud Computing on Google Earth Engine: Analisis Suhu Permukaan Di Kabupaten Buru Menggunakan Cloud Computing Pada Google Earth Engine. *Journal of Multidisciplinary Science*, 2(3), 133–144. <https://doi.org/https://doi.org/10.58330/prevenire.v2i3.195>
- Philia Christi Latue. (2023). Analisis Spasial Temporal Perubahan Tutupan Lahan di Pulau Ternate Provinsi Maluku Utara Citra Satelit Resolusi Tinggi. *Buana Jurnal Geografi, Ekologi Dan Kebencanaan*, 1(1), 31–38.
- 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.
- 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. <https://doi.org/https://doi.org/10.35335/ijobas.v12i1.172>
- Rakuasa, H. (2022a). 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. <https://doi.org/10.35760/ik.2022.v27i3.7101>

- Rakuasa, H. (2022b). Analisis Spasial - Temporal Perubahan Tutupan Lahan di Kabupaten Maluku Barat Daya. *GEOGRAPHIA : Jurnal Pendidikan Dan Penelitian Geografi*, 3(2), 115–122. <https://doi.org/10.53682/gjppg.v3i2.5262>
- Rakuasa, H., & Pertuack, S. (2023). Pola Perubahan Suhu Permukaan Daratan di Kecamatan Ternate Tengah, Kota Ternate Tahun 2013 dan 2023 Menggunakan Google Earth Engine. *Sudo Jurnal Teknik Informatika*, 2(2), 78–85. <https://doi.org/10.56211/sudo.v2i2.271>
- Ross, E. R., & Randhir, T. O. (2022). Effects of climate and land use changes on water quantity and quality of coastal watersheds of Narragansett Bay. *Science of The Total Environment*, 807, 151082. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151082>
- Sandy Liwan & Philia Christi Latue. (2023). Analisis Spasial Perubahan Suhu Permukaan Daratan Kota Kupang Menggunakan Pendekatan Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI). *Buana Jurnal Geografi, Ekologi Dan Kebencanaan*, 1(1), 14–20.
- Sasky, P., Sobirin, S., & Wibowo, A. (2017). Pengaruh Perubahan Penggunaan Tanah Terhadap Suhu Permukaan Daratan Metropolitan Bandung Raya Tahun 2000–2016. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 354–361. <https://doi.org/https://doi.org/10.35313/irwns.v8i3.767>
- Tahooni, A., Kakroodi, A. A., & Kiavarz, M. (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. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102118>
- Venäläinen, A., Lehtonen, I., Laapas, M., Ruosteenoja, K., Tikkanen, O., Viiri, H., Ikonen, V., & Peltola, H. (2020). Climate change induces multiple risks to boreal forests and forestry in Finland: A literature review. *Global Change Biology*, 26(8), 4178–4196. <https://doi.org/10.1111/gcb.15183>
- Wang, R., Cai, M., Ren, C., Bechtel, B., Xu, Y., & Ng, E. (2019). Detecting multi-temporal land cover change and land surface temperature in Pearl River Delta by adopting local climate zone. *Urban Climate*, 28, 100455. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100455>
- Wang, S. W., Munkhnasan, L., & Lee, W.-K. (2021). Land use and land cover change detection and prediction in Bhutan's high altitude city of Thimphu, using cellular automata and Markov chain. *Environmental Challenges*, 2, 100017. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envc.2020.100017>
- Zhao, F., Peng, Z., Qian, J., Chu, C., Zhao, Z., Chao, J., & Xu, S. (2023). Detection of geothermal potential based on land surface temperature derived from remotely sensed and in-situ data. *Geo-Spatial Information Science*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/10095020.2023.2178335>