

Pemanfaatan Google Earth Engine untuk Identifikasi Suhu Permukaan Daratan Pulau Saparua, Provinsi Maluku Menggunakan Data Citra Satelit Landsat 8 OLI/TIRS

Anelia Petrosina Wlary, Susan Evelin Manakane

Program Studi Pendidikan Geografi, Universitas Pattimura

Author: wlaryanelia@gmail.com



*Corresponding author

Nadhi Sugandhi

Email :

wlaryanelia@gmail.com

HP: +6281328204449

Abstrak

Penelitian ini membahas pemanfaatan platform Google Earth Engine dalam mengidentifikasi suhu permukaan daratan Pulau Saparua, Provinsi Maluku, menggunakan data citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS. Tujuan utama adalah memahami pola suhu dan perubahan suhu permukaan daratan secara temporal. Metode analisis citra satelit digunakan untuk mengakses, mengelola, dan menganalisis data Landsat 8 di Google Earth Engine guna mendapatkan informasi suhu permukaan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada tahun 2023 suhu permukaan daratan di Pulau Saparua yaitu 18 °C untuk suhu terendah dan suhu tertinggi yaitu 28 °C. Temuan penelitian ini memiliki implikasi dalam memahami perubahan iklim lokal, deteksi perubahan lingkungan, pengelolaan sumber daya, dan pengawasan bencana alam. Hasilnya dapat digunakan untuk pengambilan keputusan, perencanaan pembangunan berkelanjutan, dan pendidikan masyarakat tentang isu lingkungan. Penelitian ini juga berkontribusi pada pengembangan metode analisis citra satelit dan pemanfaatan teknologi dalam pemantauan lingkungan.

Kata Kunci : Google Earth Engine, Identifikasi Suhu Permukaan Daratan, Saparua

Abstract

This research discusses the utilization of the Google Earth Engine platform in identifying the land surface temperature of Saparua Island, Maluku Province, using Landsat 8 OLI/TIRS satellite image data. The main objective is to understand temperature patterns and temporal changes in land surface temperature. The satellite image analysis method is used to access, manage and analyze Landsat 8 data in Google Earth Engine to obtain surface temperature information. The results of this study show that in 2023 the land surface temperature on Saparua Island is 18 °C for the lowest temperature and the highest temperature is 28 °C. The findings of this study have implications in understanding local climate change, environmental change detection, resource management, and natural disaster surveillance. The results can be used for decision-making, sustainable development planning, and public education on environmental issues. This research also contributes to the development of satellite image analysis methods and technology utilization in environmental monitoring.

Keyword : Google Earth Engine, Land Surface Temperature Identification, Saparua

PENDAHULUAN

Suhu permukaan daratan merupakan parameter penting dalam memahami pola iklim, dinamika ekosistem, serta aktivitas manusia di suatu wilayah (Moisa et al. 2022). Perubahan suhu permukaan dapat merupakan dampak perubahan iklim yang terjadi (Neog 2022; Hehanussa et al., 2023). Dalam konteks ini, teknologi citra satelit dan platform pemrosesan data modern memainkan peran krusial dalam pemantauan suhu permukaan daratan secara luas dan akurat. Peningkatan suhu permukaan daratan merupakan salah satu isu paling mendesak dalam konteks perubahan iklim global pada abad ini (Gadekar et al. 2023; Rakuasa et al., 2023). Fenomena ini memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan, ekosistem, kesehatan manusia, serta keberlanjutan ekonomi (Fonseka et al. 2019; Rakuasa & Latue 2023). Penyebab utama dari peningkatan suhu permukaan daratan adalah pelepasan gas rumah kaca yang dihasilkan oleh aktivitas manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil, deforestasi, dan produksi industri (Shawky et al. 2023; Latue et al., 2023). Pulau Saparua, yang terletak di Provinsi Maluku, Indonesia, adalah salah satu contoh lokasi yang memiliki pentingnya pemantauan suhu permukaan daratan. Pulau ini ditandai dengan keindahan alam, keragaman ekosistem, dan potensi sumber daya alam yang



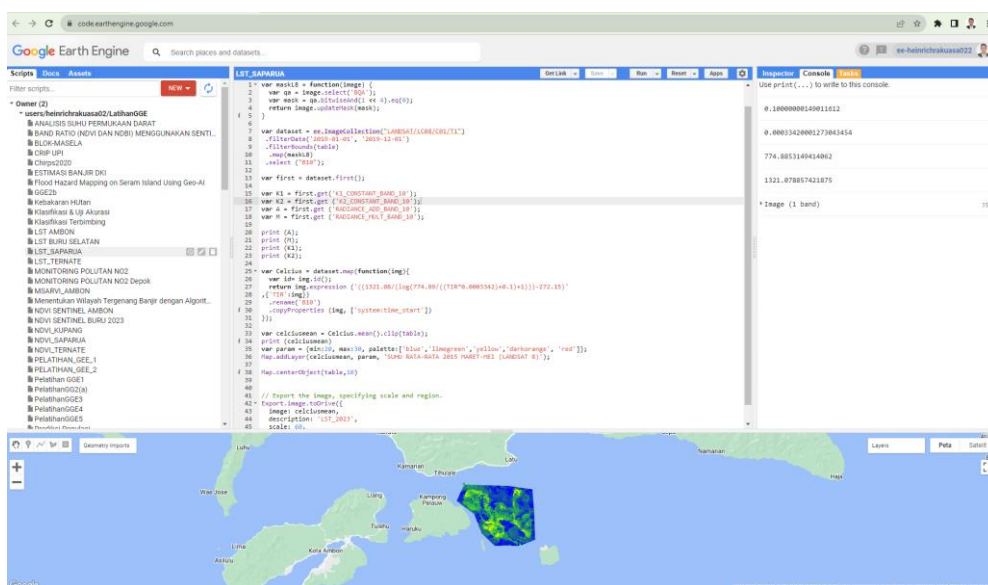
tinggi. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam mengenai suhu permukaan daratan menjadi kritikal untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan keberlanjutan pulau ini.

Teknologi citra satelit telah membuka peluang baru dalam pemantauan lingkungan, yang sebelumnya sulit dicapai dengan metode konvensional. Citra satelit Landsat 8 dengan instrumen Operational Land Imager (OLI) dan Thermal Infrared Sensor (TIRS) membawa informasi yang sangat berharga dalam mengukur suhu permukaan daratan (Li et al. 2023; Rakuasa & Pertuack 2023). Namun, tantangan muncul dalam mengelola dan menganalisis volume besar data citra satelit ini (Gadekar et al. 2023). Di sinilah peran Google Earth Engine (GEE) menjadi sangat signifikan. Sebagai platform pemrosesan data geospasial berbasis awan, GEE memungkinkan para ilmuwan dan peneliti untuk mengakses, menganalisis, dan memproses data citra satelit dengan efisien dan cepat. Dengan kemampuan komputasi awannya, GEE mampu mengatasi kendala dalam pemrosesan data citra satelit dalam skala global (Ermida et al. 2020). Google Earth Engine (GEE) adalah platform komputasi awan yang dirancang khusus untuk menganalisis dan memproses data geospasial dalam skala global (Philia & Rakuasa 2023). Dengan akses ke koleksi data citra satelit terkemuka, GEE memungkinkan para peneliti untuk membuat algoritma pemrosesan yang kompleks dan menjalankannya dengan cepat. Hal ini memungkinkan identifikasi dan analisis suhu permukaan daratan di berbagai wilayah, termasuk Pulau Saparua.

Menurut Maulana and Bioresita (2023), dengan memanfaatkan citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS dengan kemampuan komputasi di Google Earth Engine, potensi untuk mengidentifikasi dan memahami pola suhu permukaan daratan di Pulau Saparua menjadi semakin menjanjikan. Penggunaan algoritma pemrosesan yang tepat dapat membantu mengurai informasi berharga dari data citra, seperti pola suhu di berbagai jenis penggunaan lahan, perubahan suhu seiring waktu, serta anomali suhu yang mungkin terkait dengan aktivitas manusia atau perubahan alam (Muntaga 2019). Pemanfaatan Google Earth Engine dalam mengidentifikasi suhu permukaan daratan di Pulau Saparua, Provinsi Maluku, menggunakan data citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS merupakan contoh nyata bagaimana pemanfaatan teknologi geospasial dapat mendukung pemahaman kita tentang lingkungan dan perubahan iklim. Dengan kombinasi teknologi pemrosesan citra satelit dan komputasi awan, penelitian ini membantu dalam menjaga kelestarian lingkungan Pulau Saparua dan memberikan informasi berharga bagi pengambilan keputusan terkait kebijakan lingkungan. Berdasarkan uraian diatas penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan google earth engine untuk identifikasi suhu permukaan daratan Pulau Saparua, Provinsi Maluku menggunakan data citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Pulau Saparua, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku. Penelitian ini menggunakan data citra Landsat 8 Collection 1 Tier 2 TOA Reflectance 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 (Ermida et al. 2020). 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.

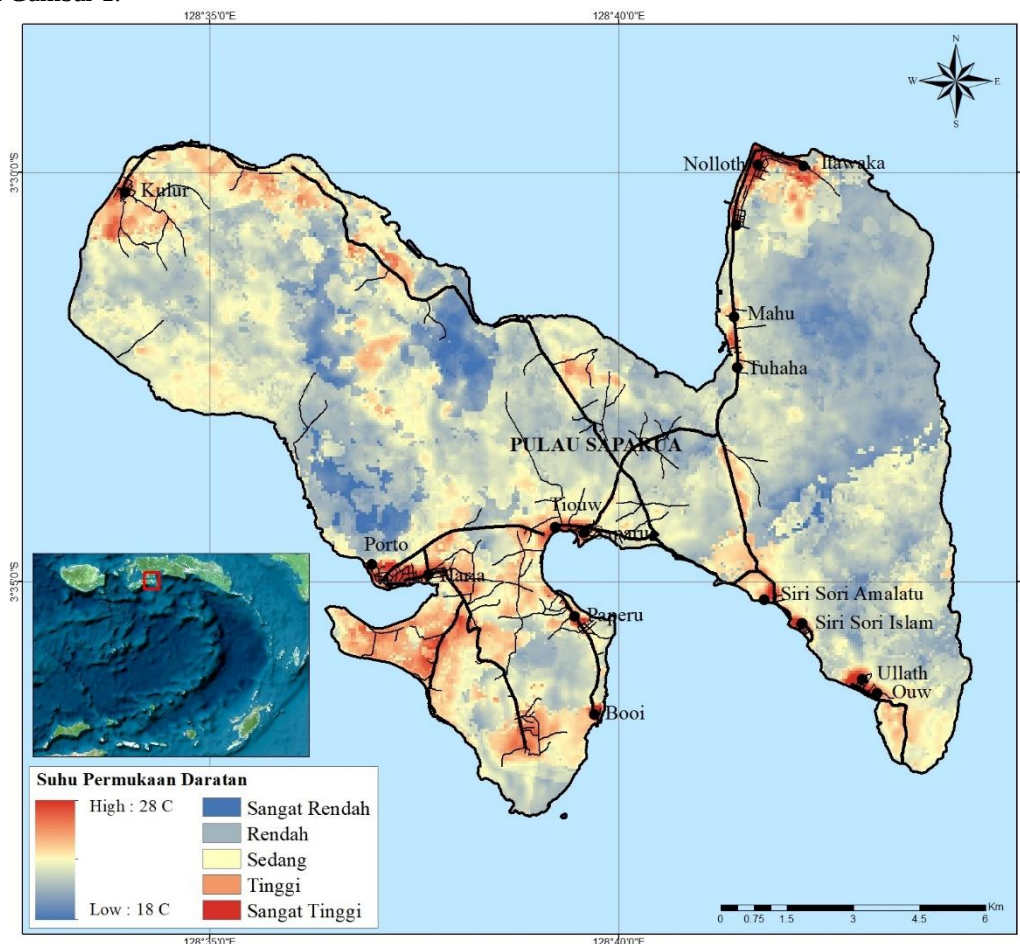


Gambar 1. Script Pengolahan Suhu Permukaan Daratan di Google Eart Engine

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 (Diksha, Kumari, and Kumari 2023). 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 (Maulana and Bioresita 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. Pengolahan dan analisis suhu permukaan Pulau Saparua tahun 2023 dilakukan berbasis *cloud di platform* Google Earth Engine dengan menggunakan script kode pengolahan yang digunakan oleh (Rakuasa 2022). Setelah dilakukan analisis suhu permukaan Pulau Saparua tahun 2023 di GEE, hasil analisis tersebut kemudian didownload dan diklasifikasi di Software Arc GIS. Suhu permukaan daratan Pulau Saparua kemudian diklasifikasi menjadi lima kelas yaitu suhu permukaan yang berada pada kelas sangat rendah yaitu $<20^{\circ}\text{C}$, pada kelas rendah yaitu $20^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$, pada kelas sedang yaitu $25^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$, pada kelas tinggi yaitu $30^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$ dan pada kelas sangat tinggi yaitu $>35^{\circ}\text{C}$. Klasifikasi ini didasarkan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rakuasa (2022); Hehanussa et al., (2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu permukaan daratan adalah parameter yang mengandung makna lebih dari sekadar angka pada termometer. Di tengah perubahan iklim global yang semakin nyata, identifikasi suhu permukaan daratan menjadi kunci untuk memahami perubahan ekosistem, dampak lingkungan, dan ancaman terhadap keberlanjutan. Pulau Saparua, yang terletak di Provinsi Maluku, Indonesia, sebagai salah satu bagian dari planet kita, juga menghadapi urgensi pentingnya identifikasi suhu permukaan daratan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada tahun 2023 suhu permukaan daratan di Pulau Saparua yaitu 18°C untuk suhu terendah dan suhu tertinggi yaitu 28°C . Suhu permukaan daratan Pulau Ternate tahun 2023 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2. Suhu Permukaan Daratan Pulau Ternate Tahun 2023

Suhu permukaan daratan Pulau Saparua kemudian diklasifikasi menjadi lima kelas yaitu suhu permukaan yang berada pada kelas sangat rendah dengan luas 2.130.81 ha atau sebesar 13.33% suhu rendah seluas 5.651.47 ha atau sebesar 35.35 %, suhu sedang seluas 5.219.41 ha atau sebesar 32.65%, suhu tinggi seluas 2.431.63 ha atau sebesar 15.21% dan suhu sangat tinggi seluas 554.40 ha atau sebesar 3.47%. Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa suhu permukaan sangat tinggi ditandai dengan warna merah dan suhu permukaan sangat rendah yaitu warna biru. Suhu permukaan daratan sangat tinggi 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.

Hasil penelitian tentang pemanfaatan Google Earth Engine untuk identifikasi suhu permukaan daratan Pulau Saparua, Provinsi Maluku menggunakan data citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS dapat memberikan berbagai manfaat, antara lain:

- a) Pemahaman Iklim Lokal: Hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan yang lebih baik tentang pola suhu permukaan daratan Pulau Saparua. Informasi ini dapat membantu memahami iklim lokal, perubahan musiman, tren jangka panjang, dan variabilitas suhu yang dapat mempengaruhi lingkungan dan kehidupan sehari-hari penduduk setempat (Moazzam, Doh, and Lee 2022; Rakuasa et al., 2023).
- b) Deteksi Perubahan Lingkungan: Dengan mengamati suhu permukaan daratan dari waktu ke waktu, penelitian ini dapat membantu mendeteksi perubahan signifikan dalam lingkungan, seperti peningkatan suhu yang tidak normal atau perubahan suhu ekstrem yang mungkin berkaitan dengan perubahan lingkungan seperti urbanisasi atau perubahan penggunaan lahan (Moisa et al. 2022; Latue et al., 2023).
- c) Pengawasan Bencana Alam: Informasi suhu permukaan dapat membantu dalam pemantauan dini dan pengawasan terhadap potensi bencana alam seperti kebakaran hutan, panas ekstrem, atau perubahan suhu yang dapat memicu kerusakan lingkungan (Kafy et al. 2020; Rakuasa 2022; Liwan & Latue 2023).
- d) Pengelolaan Sumber Daya: Data suhu permukaan dapat digunakan untuk perencanaan yang lebih baik dalam pengelolaan sumber daya alam seperti pertanian, kehutanan, dan pengelolaan air (Pertuack & Latue 2023). Informasi ini dapat membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih cerdas untuk mengoptimalkan produksi dan konservasi.
- e) Penelitian Lingkungan: Hasil penelitian ini dapat menjadi sumbangan berharga dalam literatur ilmiah tentang suhu permukaan daratan dan aplikasi teknologi citra satelit dalam analisis lingkungan. Hal ini dapat memicu penelitian lanjutan dan kolaborasi di bidang ini.
- f) Basis Kebijakan: Temuan dari penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan kebijakan lingkungan dan perubahan iklim di tingkat lokal. Data suhu permukaan dapat membantu otoritas setempat dalam merancang langkah-langkah adaptasi dan mitigasi yang lebih efektif.
- g) Pendidikan dan Kesadaran Masyarakat: Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai alat pendidikan untuk masyarakat setempat dalam memahami perubahan lingkungan dan iklim yang terjadi di wilayah mereka. Ini dapat membantu meningkatkan kesadaran akan pentingnya perlindungan lingkungan.
- h) Peningkatan Teknologi dan Metode Analisis: Penelitian ini dapat mengembangkan dan memperkuat metode analisis citra satelit serta pemanfaatan platform Google Earth Engine dalam pemantauan suhu permukaan daratan. Ini dapat berguna bagi penelitian serupa di wilayah lain.
- i) Pembangunan Kapasitas Lokal: Melalui penelitian ini, individu atau kelompok lokal dapat mengembangkan kemampuan teknis dalam mengakses, mengelola, dan menganalisis data citra satelit, yang pada gilirannya dapat memperkaya kemampuan dan peluang mereka di berbagai bidang (Letedara et al., 2023).
- j) Perencanaan Pembangunan Berkelanjutan: Hasil penelitian ini dapat membantu dalam perencanaan pembangunan berkelanjutan di Pulau Saparua dengan mempertimbangkan dampak lingkungan dan perubahan iklim dalam kebijakan dan proyek-proyek pembangunan.

Dengan demikian, hasil penelitian ini memiliki potensi untuk memberikan dampak positif yang signifikan pada pemahaman kita tentang lingkungan, iklim lokal, dan pengelolaan sumber daya di Pulau Saparua serta dapat memberikan manfaat praktis dan ilmiah yang luas.

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, pemanfaatan Google Earth Engine untuk mengidentifikasi suhu permukaan daratan Pulau Saparua menggunakan data citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS telah memberikan wawasan penting tentang dinamika suhu di wilayah tersebut. Metode analisis citra satelit memungkinkan akses efisien dan analisis data skala besar, membuka peluang untuk pemahaman lebih dalam tentang perubahan suhu permukaan dari waktu ke waktu. Temuan penelitian ini memiliki implikasi yang luas, mulai dari pemahaman iklim lokal, deteksi perubahan lingkungan, hingga pengelolaan sumber daya dan pengawasan bencana alam. Hasil penelitian ini dapat menjadi landasan untuk pengembangan kebijakan lingkungan dan perubahan iklim yang lebih baik, serta berkontribusi pada literatur ilmiah dalam analisis suhu permukaan daratan menggunakan teknologi citra satelit. Dalam keseluruhan, penelitian ini menegaskan nilai penting dari teknologi

dan analisis citra satelit dalam memahami tantangan lingkungan dan perubahan iklim di wilayah Pulau Saparua, Provinsi Maluku.

DAFTAR PUSTAKA

- 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*. <https://www.sciendo.com/article/10.2478/jlecol-2023-0001>.
- Ermida, Sofia L. et al. 2020. "Google Earth Engine Open-Source Code for Land Surface Temperature Estimation from the Landsat Series." *Remote Sensing* 12(9): 1471. <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/9/1471>.
- Fonseka, H.P.U. et al. 2019. "Urbanization and Its Impacts on Land Surface Temperature in Colombo Metropolitan Area, Sri Lanka, from 1988 to 2016." *Remote Sensing* 11(8): 957. <https://www.mdpi.com/2072-4292/11/8/957>.
- Gadekar, Komal et al. 2023. "Estimation of Land Surface Temperature and Urban Heat Island by Using Google Earth Engine and Remote Sensing Data." In , 367–89. https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-19059-9_14.
- 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.
- Heinrich Rakuasa, Nadhi Sugandhi, Zainudin, Wulan Abdul Wahab, Kamiludin. 2023. "Aplikasi GAI Dan UAVs Untuk Analisis Korelasi Kepadatan Permukiman Dan LST Di Pulau Panggang DKI Jakarta." *Larisa Penelitian Multidisiplin* 1(1): 31–35.
- Kafy, Abdulla - Al et al. 2020. "Modelling Future Land Use Land Cover Changes and Their Impacts on Land Surface Temperatures in Rajshahi, Bangladesh." *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 18: 100314. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352938520300495>.
- 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.
- Latue, Philia, Christi, Susan E. Manakane, and Heinrich Rakuasa. 2023. "Analisis Perkembangan Kepadatan Permukiman Di Kota Ambon Tahun 2013 Dan 2023 Menggunakan Metode Kernel Density." *Blend Sains Jurnal Teknik* 2(1): 26–34. <https://jurnal.ilmubersama.com/index.php/blendsains/article/view/272>.
- Li, Zhao-Liang et al. 2023. "Satellite Remote Sensing of Global Land Surface Temperature: Definition, Methods, Products, and Applications." *Reviews of Geophysics* 61(1). <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2022RG000777>.
- 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. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1127/1/012027>.
- Moazzam, Muhammad Farhan Ul, Yang Hoi Doh, and Byung Gul Lee. 2022. "Impact of Urbanization on Land Surface Temperature and Surface Urban Heat Island Using Optical Remote Sensing Data: A Case Study of Jeju Island, Republic of Korea." *Building and Environment* 222: 109368. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360132322006011>.
- Moisa, Mitiku Badasa et al. 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. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2589721722000071>.
- Neog, Rituraj. 2022. "Evaluation of Temporal Dynamics of Land Use and Land Surface Temperature (LST) in Agartala City of India." *Environment, Development and Sustainability* 24(3): 3419–38. <https://link.springer.com/10.1007/s10668-021-01572-0>.
- Onesimo Muntaga, Lalit Kumar. 2019. "Google Earth Engine Applications." *remotesensing*: 11–14.
- 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): 133–44.
- Philia Christi Latue, Heinrich Rakuasa. 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.
- 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.
- 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.

<http://ejournal.gunadarma.ac.id/index.php/infokom/article/view/7101>.

- Rakuasa, Heinrich, and Stewart Pertuack. 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://jurnal.ilmubersama.com/index.php/sudo/article/view/271>.
- Reindino Letedara, Susan E Manakane, Philia Christi Latue, Heinrich Rakuasa. 2023. "Analisis Spasio-Temporal Perubahan Suhu Permukaan Daratan Pulau Letti Tahun 2013 Dan 2023 Menggunakan Data Citra Landsat 8 OLI/TIRS Pada Google Earth Engine." *Larisa Penelitian Multidisiplin* 1(1): 36–42.
- 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.
- Shawky, Mohamed et al. 2023. "Remote Sensing-Derived Land Surface Temperature Trends over South Asia." *Ecological Informatics* 74: 101969. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1574954122004198>.
- Stewart Pertuack & Philia Christi Latue. 2023. "Geographic Artificial Intelligence and Unmanned Aerial Vehicles Application for Correlation Analysis of Settlement Density and Land Surface Temperature in Panggang Island Jakarta." *Buana Jurnal Geografi, Ekologi dan Kebencanaan* 1(1): 39–47.