



# Pemanfaatan *Google Earth Engine* Untuk Identifikasi Perubahan Suhu Permukaan Daratan Kabupaten Buru Selatan Berbasis *Cloud Computing*

Fekry Salim Hehanussa<sup>1\*</sup>, Dyah Respati Suryo Sumunar<sup>2</sup>, Heinrich Rakuasa<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Magister Pendidikan Geografi, Universitas Negeri Yogyakarta

<sup>3</sup>Departemen Geografi, Universitas Indoneisa

<sup>1\*</sup>Email: [fekrysalim.2021@student.uny.ac.id](mailto:fekrysalim.2021@student.uny.ac.id)

## Info Artikel

### Masuk:

16 Juli 2023

### Diterima:

18 Juli 2023

### Diterbitkan:

20 Juli 2023

### Kata Kunci:

Buru Selatan,  
Cloud Computing,  
Google Earth Engine,  
Suhu Permukaan  
Daratan,

## Abstrak

Perubahan suhu permukaan daratan menjadi isu kritis dalam menghadapi perubahan iklim global. Kabupaten Buru Selatan, sebagai salah satu wilayah yang rawan terhadap dampak perubahan iklim, membutuhkan penanganan yang tepat untuk mengidentifikasi dan memahami perubahan suhu permukaan daratan secara efisien. Penelitian ini menggunakan Google Earth Engine sebagai *platform cloud computing* untuk mengidentifikasi perubahan suhu permukaan daratan di Kabupaten Buru Selatan. Data citra satelit MODIS digunakan untuk analisis perubahan suhu permukaan pada tahun 2018 dan 2023. Pendekatan pemrosesan citra berbasis *cloud computing* memungkinkan analisis data yang cepat dan akurat tanpa memerlukan spesifikasi laptop atau komputer yang tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tahun 2018 suhu permukaan daratan Kabupaten Buru Selatan dimana suhu terendah yaitu 13,027°C dan tertinggi yaitu 29,138°C dan mengalami peningkatan suhu ditahun 2023 yaitu 14,143°C pada suhu terendah dan 33,955°C pada suhu permukaan tertinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan suhu permukaan daratan di Kabupaten Buru Selatan. Suhu permukaan di Kabupaten Buru Selatan mengalami peningkatan yang sangat signifikan di Kecamatan Leksula, Namrole dan Kecamatan Waesama, hal ini disebabkan oleh meningkatnya ekspansi lahan permukiman disana Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam upaya mengatasi dampak perubahan iklim di Kabupaten Buru Selatan dan memberikan kontribusi pada pemahaman global tentang perubahan iklim yang terjadi.

## PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan salah satu tantangan global yang dihadapi manusia saat ini (Venäläinen et al., 2020). Salah satu aspek perubahan iklim yang penting untuk dipahami adalah perubahan suhu permukaan daratan (Teklay et al., 2021). Suhu permukaan daratan yang berubah dapat berdampak pada ekosistem, pertanian, dan kesehatan manusia (Fonseka et al., 2019; (Rakuasa et al., 2023). Peningkatan suhu permukaan daratan merupakan salah satu isu kritis dalam perubahan iklim global (Gbedzi et al., 2022). Perubahan suhu ini terjadi akibat berbagai faktor, termasuk aktivitas manusia seperti emisi gas rumah kaca dan penggunaan energi fosil (Rakuasa, 2022; (Latue & Rakuasa, 2023). Peningkatan suhu permukaan daratan adalah bagian dari fenomena perubahan iklim global. Penyebab utama peningkatan suhu adalah peningkatan konsentrasi gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan metana (CH<sub>4</sub>) di atmosfer (T. Li et al., 2020). Aktivitas manusia seperti penggunaan bahan bakar fosil, deforestasi, aktifitas pertambangan dan pola pertanian yang tidak berkelanjutan, menyumbang pada emisi gas rumah kaca ini.

Peningkatan suhu permukaan daratan membawa tantangan besar bagi umat manusia dan lingkungan. Peningkatan suhu permukaan daratan membawa tantangan besar bagi umat manusia dan lingkungan. Beberapa tantangan yang dihadapi diantaranya yaitu, perubahan iklim ekstrem, pengurangan sumber daya air, kerugian keanekaragaman hayati, dampak pada kesehatan manusia, pengaruh pada pertanian dan keamanan pangan dan upaya mitigasi dan adaptasi (Çolak & Sunar, 2023). Peningkatan suhu mempengaruhi pola cuaca dan menyebabkan perubahan iklim ekstrem seperti gelombang panas, kekeringan, banjir, dan badai yang lebih sering dan intens (Z. Li et al., 2023). Hal ini dapat mengakibatkan kerugian ekonomi, kehilangan nyawa, dan kerusakan lingkungan.

Peningkatan suhu dapat menyebabkan peningkatan penguapan air dari permukaan laut dan sumber daya air daratan (Zeng et al., 2019). Hal ini dapat menyebabkan penurunan pasokan air untuk pertanian, industri, dan kebutuhan domestik, menyebabkan ketegangan antara kebutuhan manusia dan lingkungan. Peningkatan suhu dapat menyebabkan perubahan dalam distribusi dan kelimpahan spesies tumbuhan dan hewan, mengancam keanekaragaman hayati dan keseimbangan ekosistem (Moazzam et al., 2022). Peningkatan suhu permukaan daratan juga memiliki dampak langsung pada kesehatan

manusia. Gelombang panas yang lebih sering dan ekstrem dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti dehidrasi, heatstroke, dan masalah pernapasan. Selain itu, peningkatan suhu juga dapat meningkatkan risiko penyebaran penyakit menular seperti malaria dan demam berdarah. Perubahan suhu dapat mempengaruhi produksi tanaman dan produktivitas pertanian (Chen et al., 2023).

Menurut Zeng et al., (2019), Peningkatan suhu dapat menyebabkan gagal panen dan penurunan produksi tanaman pangan utama, mengancam keamanan pangan global. Menghadapi peningkatan suhu permukaan daratan, upaya mitigasi dan adaptasi menjadi sangat penting. Mitigasi mencakup pengurangan emisi gas rumah kaca dengan beralih ke sumber energi terbarukan dan berkelanjutan, serta konservasi sumber daya alam. Sementara itu, upaya adaptasi mencakup penyesuaian dengan perubahan iklim yang sudah terjadi, seperti pengelolaan air yang lebih baik, penanaman kembali hutan, dan pengembangan varietas tanaman yang tahan terhadap suhu tinggi (Kafy et al., 2020).

Menurut perubahan tata guna lahan seperti deforestasi: konversi hutan menjadi perkebunan atau pertanian, dan urbanisasi dapat menyebabkan peningkatan suhu permukaan (Latue et al., 2023). Deforestasi mengurangi jumlah penyerap panas alami seperti pepohonan dan tanah yang lembab, sedangkan penggunaan lahan perkotaan dapat meningkatkan konsentrasi bahan penghasil panas seperti aspal dan beton (Latue & Rakuasa, 2023). Rakuasa & Pertuack, (2023), menambahkan bahwa peningkatan emisi gas-gas rumah kaca seperti karbondioksida, metana, dan lainnya dapat menyebabkan peningkatan suhu permukaan tanah. Emisi gas tersebut dapat berasal dari berbagai sumber seperti transportasi, industri, dan sektor energi. Efek pulau panas terjadi ketika daerah perkotaan memiliki suhu permukaan yang lebih tinggi daripada daerah pedesaan. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi bangunan dan aspal yang lebih tinggi, serta berkurangnya ruang hijau (Rakuasa & Sihasale, 2023). Variabilitas alam dalam sistem iklim seperti ENSO (*El Nino-Southern Oscillation*) dan IOD (*Indian Ocean Dipole*) dapat menyebabkan peningkatan suhu permukaan tanah di beberapa wilayah (Tahooni et al., 2023).

Program transmigrasi di Pulau Buru merupakan salah satu program pemerintah Indonesia yang bertujuan untuk memindahkan penduduk dari daerah yang padat penduduknya ke daerah yang masih memiliki potensi lahan kosong atau minim penduduk, seperti Pulau Buru. Program transmigrasi di Pulau Buru tentunya dapat berdampak pada peningkatan suhu permukaan tanah di daerah tersebut. Hal ini terkait dengan perubahan penggunaan lahan yang dilakukan dalam program transmigrasi tersebut. Transmigrasi di Kabupaten Buru Selatan melibatkan konversi lahan hutan dan lahan pertanian tradisional menjadi lahan pertanian modern atau perkebunan. Perubahan penggunaan lahan tersebut dapat menyebabkan peningkatan suhu permukaan lahan karena lahan pertanian modern atau perkebunan memiliki albedo yang lebih rendah dibandingkan dengan lahan hutan atau lahan pertanian tradisional (Philia & Rakuasa, 2023).

Pertumbuhan dan peningkatan luas lahan terbangun di Kabupaten Buru Selatan tentunya berdampak pada peningkatan suhu permukaan. Lahan terbangun merupakan lahan yang digunakan untuk pemukiman, industri, pertanian, atau kegiatan manusia lainnya (Rakuasa et al., 2023; Latue et al., 2023). Pembukaan lahan dan perubahan penggunaan lahan dapat mengubah albedo permukaan bumi, yaitu kemampuan permukaan bumi dalam memantulkan sinar matahari (Latue, 2023; Rakuasa & Pakniyany, 2022). Lahan terbangun cenderung memiliki albedo yang lebih rendah dibandingkan dengan lahan yang belum diubah, seperti hutan atau padang rumput. Hal ini menyebabkan lahan terbangun menyerap lebih banyak panas dari matahari, yang dapat meningkatkan suhu permukaan tanah (Liwana & Latue, 2023).

Salah satu faktor penyebab kebakaran hutan secara umum di Pulau Buru termasuk di Kabupaten Buru Selatan dalam sepuluh tahun terakhir adalah kemarau panjang dan peningkatan suhu permukaan lahan (Adjis, 2022). Peningkatan suhu permukaan lahan disebut-sebut berpengaruh terhadap kebakaran hutan karena suhu yang lebih tinggi dapat membuat kondisi menjadi lebih kering dan meningkatkan risiko kebakaran (Stoyanova et al., 2022). Ketika suhu meningkat, kelembapan udara menurun dan membuat tanaman dan bahan organik di hutan menjadi lebih kering (Maffei et al., 2018). Kondisi yang lebih kering membuat tanaman lebih mudah terbakar dan membuat kebakaran lebih sulit dikendalikan. Peningkatan suhu juga dapat meningkatkan frekuensi dan intensitas gelombang panas yang dapat meningkatkan risiko kebakaran hutan (Maffei et al., 2018). Pemantauan suhu permukaan lahan di Kabupaten Buru Selatan menggunakan teknologi geospasial berbasis komputasi awan Google Earth Engine dapat membantu dalam memahami perubahan iklim dan cuaca global, serta memberikan informasi penting bagi para ilmuwan, pemerintah, dan lembaga swadaya masyarakat dalam mengambil keputusan terkait mitigasi perubahan iklim dan penanggulangan bencana alam.

Google Earth Engine adalah platform komputasi awan untuk analisis dan pemetaan data geospasial yang memungkinkan pengguna mengakses dan menganalisis data citra satelit dari berbagai sumber, termasuk Landsat, Sentinel, dan MODIS (Prayogo, 2023). Google Earth Engine menawarkan kemampuan pemrograman dengan JavaScript dan Python, serta alat visualisasi dan analisis data seperti deret waktu, segmentasi gambar, dan analisis spasial (Gadekar et al., 2023). Selain itu, platform ini menyediakan akses ke data yang telah diproses dan disimpan di server Google, yang memungkinkan pengguna untuk melakukan analisis kompleks pada data dalam jumlah yang sangat besar (Gorelick et al., 2017). Google Earth Engine digunakan oleh para ilmuwan, pemerintah, dan lembaga swadaya masyarakat untuk memantau perubahan lingkungan seperti deforestasi, perubahan iklim, dan polusi, serta memetakan sumber daya alam, kesehatan tanaman, dan pola cuaca (Muntaga, 2019). Platform ini juga membantu dalam pemantauan bencana alam dan mitigasi risiko bencana.

Menurut Gadekar et al., (2023), platform Google Earth Engine dapat digunakan untuk menganalisis suhu permukaan tanah dengan memanfaatkan data citra satelit yang tersedia di platform tersebut. Data ini dapat digunakan untuk mengamati perubahan suhu permukaan lahan dari waktu ke waktu, serta mengidentifikasi pola suhu yang berbeda di wilayah tertentu. Untuk melakukan analisis suhu permukaan lahan, pengguna dapat memanfaatkan data citra satelit seperti Landsat, Sentinel, atau MODIS yang tersedia di Google Earth Engine. Dengan memanfaatkan alat visualisasi dan analisis

data, pengguna dapat dengan mudah membuat peta suhu permukaan lahan dan membandingkan perubahan suhu dari waktu ke waktu (Ermida et al., 2020).

Selain itu, pengguna juga dapat menggunakan alat analisis spasial untuk mengidentifikasi area yang memiliki suhu permukaan lahan yang lebih tinggi atau lebih rendah dari rata-rata, serta melihat hubungan antara suhu permukaan lahan dengan faktor lingkungan lainnya seperti kelembaban udara, curah hujan, dan indeks vegetasi (Latue et al., 2023). Dalam analisis suhu permukaan lahan, Google Earth Engine dapat membantu dalam memahami perubahan iklim dan cuaca global, serta memberikan informasi penting bagi para ilmuwan, pemerintah, dan lembaga swadaya masyarakat dalam mengambil keputusan terkait mitigasi perubahan iklim dan penanggulangan bencana alam (Wang et al., 2020).

Citra MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) merupakan citra satelit yang dihasilkan oleh instrumen MODIS yang dipasang pada satelit Terra dan Aqua milik NASA. Instrumen ini dirancang untuk mendapatkan data suhu permukaan, vegetasi, dan kondisi atmosfer di seluruh dunia (Ermida et al., 2020). Google Earth Engine juga menyediakan akses ke citra MODIS yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti analisis suhu permukaan lahan dan pemantauan vegetasi (Ermida et al., 2020). Menurut Zhengming Wan, (2020), citra MODIS dapat dimanfaatkan untuk analisis suhu permukaan lahan karena instrumen ini dapat menghasilkan data suhu permukaan lahan dalam skala global dengan resolusi spasial yang baik. Ermida et al., (2020). menambahkan bahwa dalam analisis suhu permukaan lahan, citra MODIS digunakan untuk mendapatkan data suhu permukaan lahan di berbagai lokasi di seluruh dunia pada waktu tertentu. Dengan menggunakan algoritma pengolahan citra, data suhu yang diperoleh dari citra MODIS dapat digunakan untuk menghasilkan peta suhu permukaan lahan.

Telah banyak peneliti sebelumnya yang telah melakukan penelitian mengenai hal ini seperti Hardyanti et al., (2017), yang melakukan penelitian mengenai variasi spasial temporal suhu permukaan lahan di Kota Jakarta pada tahun 2015 dan 2016, Wachid & Tyas, (2022), mengenai analisis transformasi NDVI dan hubungannya dengan LST dengan menggunakan platform berbasis awan: Google Earth Engine di Kota Semarang, dan Rakuasa et al., (2023), menganalisis perubahan suhu permukaan daratan di Pulau Seram, Provinsi Maluku pada tahun 2017 dan 2022.

Penelitian ini dapat memberikan gambaran mengenai suhu permukaan lahan Kabupaten Buru Selatan pada tahun 2018 dan tahun 2023 yang dapat membantu dalam memprediksi bencana alam seperti kebakaran hutan dan banjir. Penelitian ini juga merekonstruksi paradigma awal suhu permukaan lahan yang memiliki dampak negatif terhadap kerusakan lingkungan dan makhluk hidup sehingga hasil dari penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai tindakan preventif yang dapat dilakukan sebagai upaya pengurangan risiko, serta hasil penelitian ini akan direkomendasikan kepada pemerintah atau stakeholder di daerah dalam mempermudah pengambilan kebijakan dan peraturan terkait tata ruang, pengendalian lahan di masa yang akan datang. Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan Google Earth Engine untuk Identifikasi Perubahan Suhu Permukaan Daratan Kabupaten Buru Selatan Berbasis Cloud Computing pada tahun 2018 dan tahun 2023.

## METODE.

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Buru Selatan, Provinsi Maluku. Secara administratif, Kabupaten Buru Selatan terdiri dari Kecamatan Kepala Madan, Kecamatan Leksula, Kecamatan Namrole, Kecamatan Waisama dan Kecamatan Ambalau. Penelitian ini menggunakan data citra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Terra Land Surface Temperature and Emissivity 8-Day Global yang diakses dan dianalisis pada Google Earth Engine (<https://earthengine.google.com/>). MOD11A2.061 Terra Land Surface Temperature and Emissivity 8-Day Global 1 km pada Gambar 2 merupakan produk citra satelit yang dikembangkan oleh NASA (Zhengming Wan, 2020). Data ini memberikan informasi mengenai suhu permukaan lahan dan emisivitas di seluruh dunia dengan resolusi spasial 1 kilometer. Data ini dihasilkan oleh instrumen MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) yang dipasang pada satelit Terra. MOD11A2.061 Terra Land Surface Temperature and Emissivity 8-Day Global 1km sangat berguna dalam berbagai aplikasi seperti pemantauan suhu permukaan, deteksi kebakaran hutan, pengelolaan sumber daya air, dan pemodelan cuaca (NASA, 2022). Analisis suhu permukaan daratan di Kabupaten Buru Selatan dilakukan pada tahun 2018 dan 2023 yakni pada periode 01-01-2018 - 31-12-2018 dan periode 01-01-2023 - 01-08-2023. Analisis suhu permukaan pada penelitian ini dilakukan pada platform komputasi awan Google Earth Engine (GEE) yang dapat diakses di <https://earthengine.google.com/>.

MOD11A2.061 Terra Land Surface Temperature and Emissivity 8-Day Global 1km merupakan produk citra satelit yang dikembangkan oleh NASA (NASA, 2022). Data ini memberikan informasi mengenai suhu permukaan lahan dan emisivitas di seluruh dunia dengan resolusi spasial 1 kilometer. Data ini dihasilkan oleh instrumen MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) yang dipasang pada satelit Terra. Penggunaan satelit MODIS untuk deteksi suhu pada sensor satelit menggunakan algoritma Split Window Algorithm (SWA) (Zhengming Wan, 2020). Aik et al., (2021), menyatakan bahwa suhu kecerahan merupakan salah satu variabel pada band termal. Persamaan yang digunakan untuk deteksi suhu adalah sebagai berikut (Persamaan 1):

$$T = f(x) = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} \quad (1)$$

Keterangan:

T: Suhu Radian

$L\lambda$  : Pancaran Spektral

K2 : 1282.71

K1: 666,09 (w/m<sup>2</sup> \* ster \* μm)

Kemudian suhu dari radian dirubah ke suhu permukaan dengan persamaan berikut ini (Persamaan 2):

$$Ts = \left( \frac{TB}{1 + \left( \frac{\lambda TB}{\rho} \right) In \epsilon} \right) \quad (2)$$

Keterangan:

Ts: Suhu permukaan

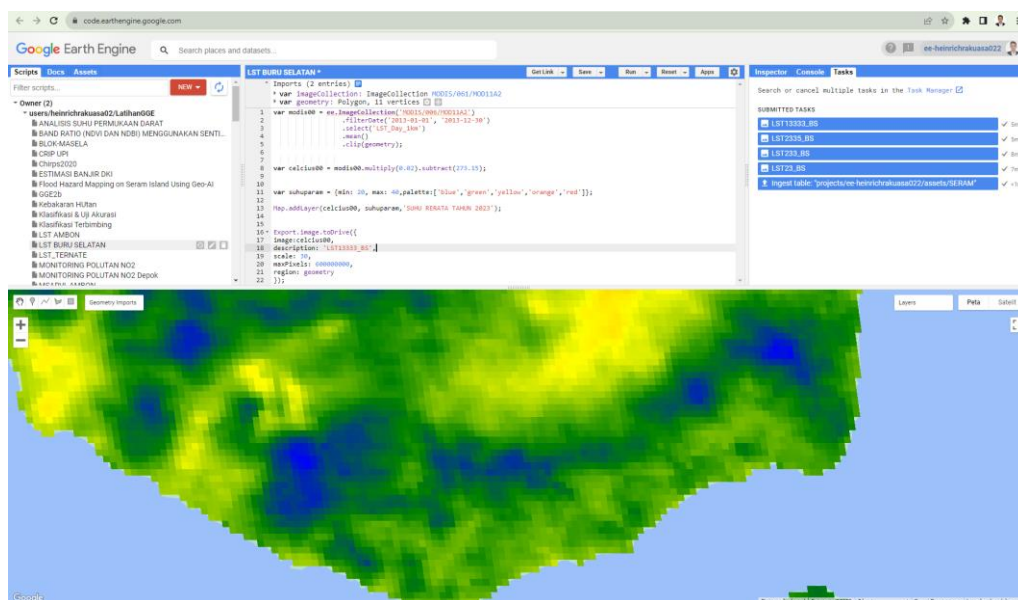
ε : Emisivitas

TB : Suhu Radian

λ : Panjang gelombang yang dipancarkan 11,5 μm

ρ: hc/K (1,438x10<sup>-2</sup> mK)

Pemrosesan citra satelit penginderaan jauh berbasis awan memiliki keuntungan karena tidak membutuhkan penyimpanan yang besar. Salah satu platform yang mendukung pemrosesan citra digital penginderaan jauh berbasis cloud adalah Google Earth Engine (GEE). Platform ini menyediakan basis data citra yang bersifat open source di seluruh dunia, di mana datanya dapat diakses oleh pengguna secara real-time. Menurut Gorelick dkk., (2017), GEE merupakan platform yang disediakan oleh US Geological Survey dan NOAA yang dapat melakukan komputasi dan pengolahan data dengan cepat. Terdapat berbagai fungsi untuk pengolahan citra pada platform ini termasuk analisis statistik, deteksi tepi, analisis nilai bit citra, dan pengujian matriks (Ermida et al., 2020). Pengolahan suhu permukaan lahan di Kabupaten Buru Selatan berbasis awan dilakukan dengan menggunakan platform Google Earth Engine. Tampilan Google Earth Engine dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan Google Earth Engine

Proses pengolahan data dan sepenuhnya dilakukan dengan Java Script di dalam Google Earth Engine. Google Earth Engine. Tahapan-tahapan pengolahan dan analisis data pengolahan dan analisis data adalah sebagai berikut:

```
var modis00 = ee.ImageCollection('MODIS/006/MOD11A2')
  .filterDate('2018-01-01', '2018-12-31')
  .select('LST_Day_1km')
  .mean()
  .clip(geometry);
```

```
var celcius00 = modis00.multiply(0.02).subtract(273.15);
```

```
var suhuparam = {min: 20, max: 40, palette:['blue','green','yellow','orange','red']};
```

```
Map.addLayer(celcius00, suhuparam, 'SUHU RERATA TAHUN 2018');
```

```
Export.image.toDrive({
```

```
image:celcius00,
description: 'LST13333_BS',
scale: 30,
maxPixels: 600000000,
region: geometry
});
```

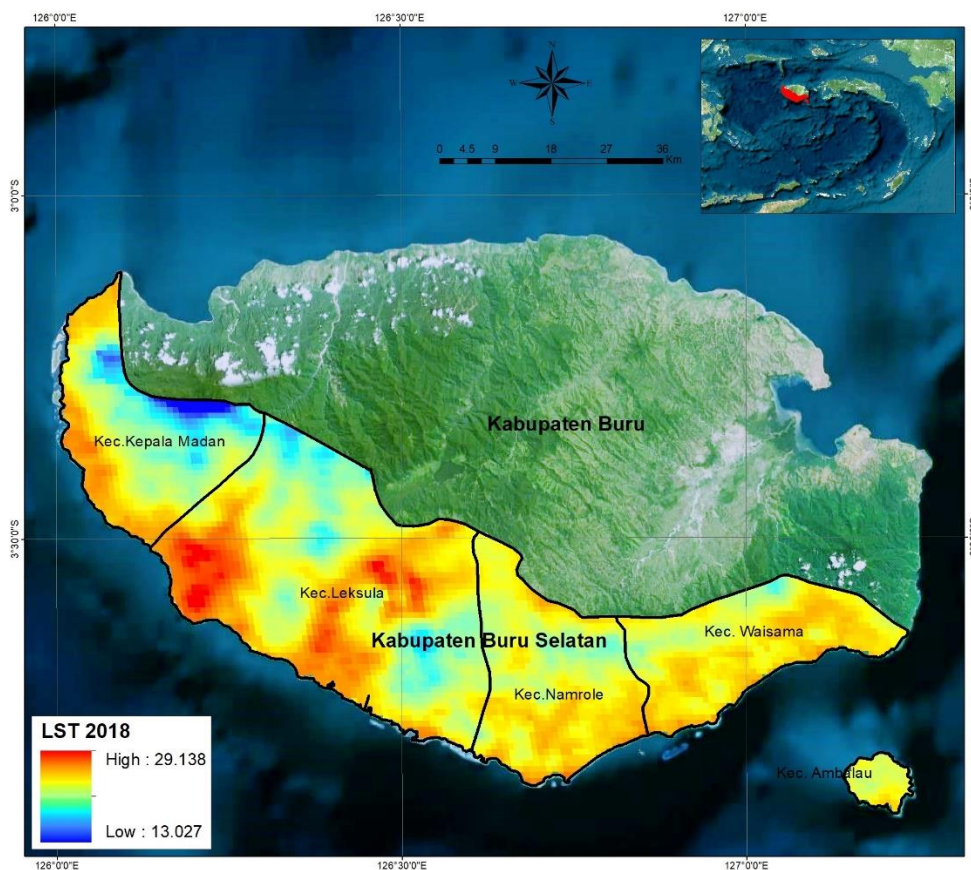
Setelah hasil analisis suhu permukaan lahan diunggah dari Google Drive, dilakukan klasifikasi pada perangkat lunak Arc GIS yang mengacu pada penelitian (Sasky et al., 2017). Klasifikasi hasil analisis suhu permukaan lahan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Klasifikasi Suhu Permukaan Daratan**

No	Nilai Suhu Permukaan Daratan (°C)	Klasifikasi
1	< 20°C	Sangat Rendah
2	20°C - 25°C	Rendah
3	25°C - 30°C	Sedang
4	30°C - 35°C	Tinggi
5	>35°C	Sangat Tinggi

### HASIL DAN PEMBAHASAN

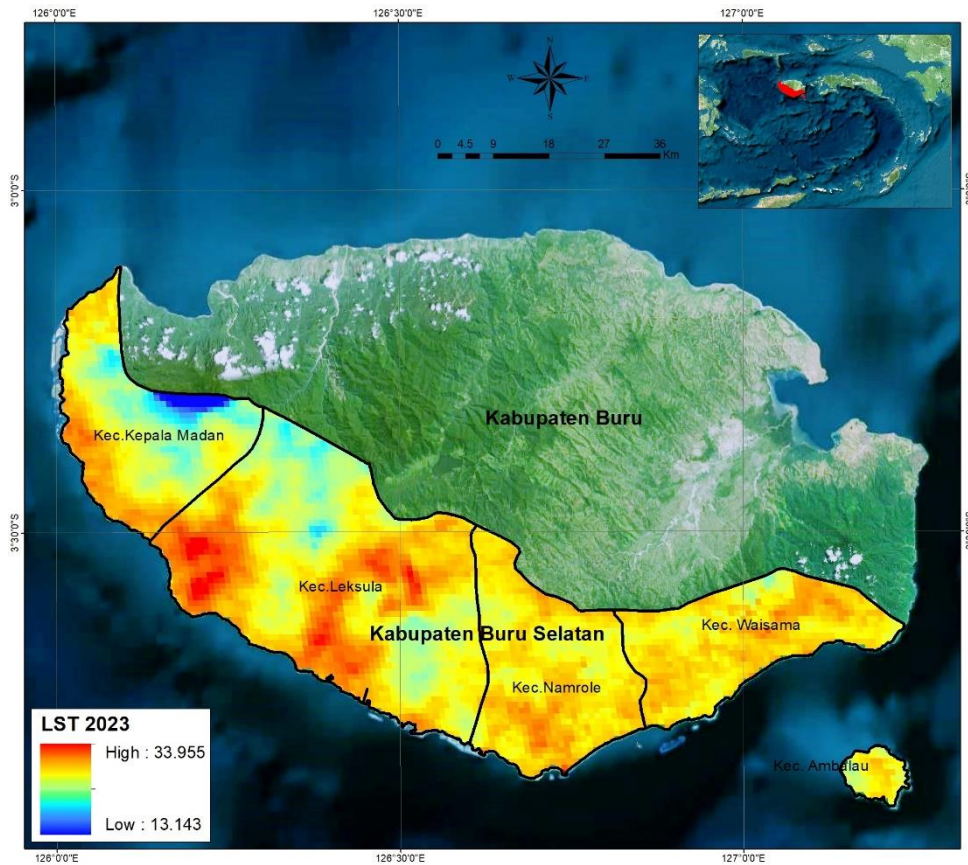
Berdasarkan hasil analisis suhu permukaan berbasis *cloud computing* di Google Earth Engine diperoleh data sebaran Suhu Permukaan daratan rata-rata tahunan Kabupaten Buru Selatan pada tahun 2018 dan tahun 2023. Pada tahun 2018 suhu permukaan daratan Kabupaten Buru Selatan dimana suhu terendah yaitu 13, 027°C dan tertinggi yaitu 29, 138°C dan mengalami peningkatan suhu ditahun 2023 yaitu 14,143°C pada suhu terendah dan 33,955°C pada suhu permukaan tertinggi. Suhu permukaan daratan Kabupaten Buru Selatan dapat dilihat pada Gambar 2.



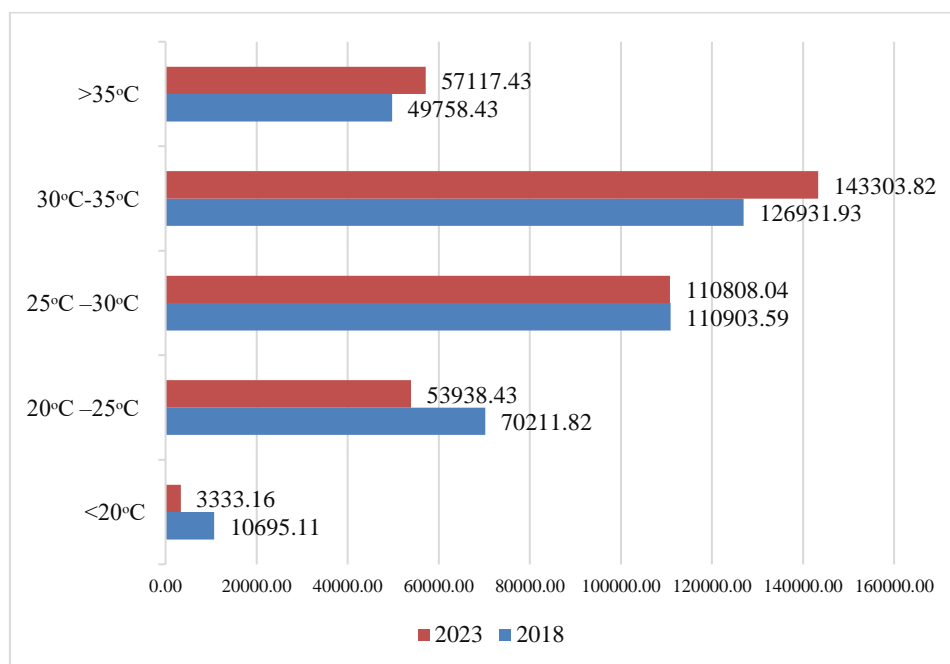
Gambar 2. Suhu permukaan Daratan Tahun 2018

Suhu permukaan daratan pada tahun 2018 kemudian diklasifikasi menjadi lima kelas dimana suhu sangat rendah (< 20°C) memiliki luas 10.695.11 ha atau sebesar 2.90%, pada kelas rendah (20°C - 25°C) seluas 70.211.82 ha atau sebesar 19,05%, pada kelas sedang (25°C - 30°C) seluas 110.903.59 ha atau sebesar 30,09%, pada kelas tinggi (30°C - 35°C) seluas 126.931.93 ha atau sebesar 34,44% dan pada kelas sangat tinggi (>35°C) seluas 49.758.43 ha atau sebesar 13.50% dari luas Kabupaten Buru Selatan. Menurut Mulyana et al., (2023), Nilai suhu permukaan tanah (LST) disuatu daerah

dapat bervariasi tergantung pada berbagai faktor seperti lokasi, waktu, kondisi cuaca, dan penggunaan lahan. Data suhu permukaan lahan dapat diperoleh dari satelit yang dilengkapi dengan sensor termal seperti MODIS atau Landsat. Nilai suhu permukaan lahan yang diperoleh dari data satelit dapat dinyatakan dalam satuan Kelvin, Celcius, atau Fahrenheit tergantung pada preferensi analisis (Zulkarnain, 2016). Pada Gambar 2 dan Gambar 3 nilai dengan suhu permukaan tertinggi diwarnai dengan warna merah dan nilai terendah dengan warna biru. Suhu permukaan daratan Kabupaten Buru Selatan pada tahun 2023 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Suhu permukaan Daratan Tahun 2023



Gambar 4. Perbandingan Luasan Suhu Permukaan Daratan Tahun 2018 Dan 2023

Suhu permukaan daratan pada tahun 2023 juga diklasifikasi menjadi lima kelas dimana suhu sangat rendah (< 20°C) memiliki luas 3.333.16 ha atau sebesar 0.90%, pada kelas rendah (20°C - 25°C) seluas 53.938.43 ha atau sebesar 14.64%,

pada kelas sedang (25°C - 30°C) seluas 110.808.04 ha atau sebesar 30.07%, pada kelas tinggi (30°C - 35°C) seluas 143.303.82 ha atau sebesar 38.89% dan pada kelas sangat tinggi (>35°C) seluas 57.117.43 ha atau sebesar 15.50% dari luas Kabupaten Buru Selatan. Berdasarkan Gambar 2, 3 dan Gambar 4 terjadi peningkatan suhu permukaan daratan di Kabupaten Buru Selatan. Suhu permukaan di Kabupaten Buru Selatan mengalami peningkatan yang sangat signifikan di Kecamatan Leksula, Namrole dan Kecamatan Waesama, hal ini disebabkan oleh meningkatnya ekspansi lahan permukiman disana.

Peningkatan suhu permukaan daratan di suatu daerah disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, pemanasan global menjadi penyebab utama karena tingginya emisi gas rumah kaca akibat aktivitas manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil dan penggundulan hutan (Mulyana et al., 2023). Selanjutnya, urbanisasi dan perubahan penggunaan lahan mempengaruhi suhu permukaan karena perkotaan menyerap dan menyimpan panas lebih banyak, sementara deforestasi mengurangi kemampuan alam untuk mendinginkan lingkungan (Salakory & Rakuasa, 2022). Perubahan iklim juga berperan dalam fluktuasi suhu, termasuk pola angin, curah hujan, dan kekeringan (Çolak & Sunar, 2023). Faktor albedo permukaan juga berkontribusi, dimana permukaan gelap menyerap lebih banyak panas daripada permukaan terang (Moazzam et al., 2022). Upaya mitigasi dan adaptasi terhadap pemanasan global menjadi penting untuk menghadapi tantangan perubahan iklim dan dampaknya pada lingkungan dan kehidupan manusia.

Penelitian tentang Pemanfaatan Google Earth Engine untuk Identifikasi Perubahan Suhu Permukaan Daratan Kabupaten Buru Selatan Berbasis Cloud Computing memiliki berbagai manfaat yang signifikan. Berikut beberapa di antaranya:

- 1) Pemahaman Perubahan Suhu Permukaan: Penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang perubahan suhu permukaan daratan di Kabupaten Buru Selatan. Informasi ini penting untuk mengetahui tren suhu, zona yang mengalami pemanasan atau pendinginan, serta potensi dampaknya pada lingkungan dan masyarakat.
- 2) Dukungan Pengambilan Keputusan: Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar bagi pengambilan keputusan oleh pemerintah dan berbagai lembaga terkait dalam mengelola lingkungan dan sumber daya alam. Informasi yang akurat tentang perubahan suhu permukaan dapat membantu dalam perencanaan adaptasi perubahan iklim dan mitigasi pemanasan global.
- 3) Konservasi Sumber Daya Alam: Dengan identifikasi perubahan suhu permukaan, penelitian ini dapat mendukung upaya konservasi sumber daya alam, seperti hutan, pertanian, dan lahan pertanian. Pengelolaan yang tepat dapat membantu mencegah degradasi lingkungan dan kehilangan habitat bagi flora dan fauna.
- 4) Efisiensi dan Kecepatan: Pemanfaatan Google Earth Engine sebagai platform berbasis cloud computing memberikan keuntungan dalam hal efisiensi dan kecepatan analisis. Analisis data spasial yang kompleks dapat dilakukan secara cepat, menghemat waktu dan sumber daya.
- 5) Skala Luas: Melalui teknologi cloud computing, penelitian ini memungkinkan analisis data dalam skala luas dan melibatkan data multi-temporal. Hal ini memungkinkan pengamatan yang holistik dan menyeluruh terhadap perubahan suhu permukaan daratan di wilayah studi.
- 6) Kontribusi Ilmiah: Penelitian ini berkontribusi pada ilmu pengetahuan dan pengembangan teknologi di bidang pemantauan lingkungan dan geospasial. Metode dan temuan dari penelitian ini dapat menjadi referensi untuk penelitian serupa di wilayah lain.

Dengan manfaat-manfaat tersebut, penelitian tentang Pemanfaatan Google Earth Engine untuk Identifikasi Perubahan Suhu Permukaan Daratan Kabupaten Buru Selatan Berbasis Cloud Computing memiliki potensi untuk memberikan kontribusi positif dalam pengelolaan lingkungan dan upaya mitigasi perubahan iklim di daerah tersebut.

## KESIMPULAN

Teknologi Google Earth Engine berbasis cloud computing memberikan manfaat yang signifikan dalam analisis dan pemantauan perubahan suhu permukaan daratan di wilayah studi. Penelitian ini berhasil mengidentifikasi tren perubahan suhu, memahami pola distribusi suhu permukaan daratan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tahun 2018 suhu permukaan daratan Kabupaten Buru Selatan dimana suhu terendah yaitu 13,027°C dan tertinggi yaitu 29,138°C dan mengalami peningkatan suhu ditahun 2023 yaitu 14,143°C pada suhu terendah dan 33,955°C pada suhu permukaan tertinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan suhu permukaan daratan di Kabupaten Buru Selatan. Suhu permukaan di Kabupaten Buru Selatan mengalami peningkatan yang sangat signifikan di Kecamatan Leksula, Namrole dan Kecamatan Waesama, hal ini disebabkan oleh meningkatnya ekspansi lahan permukiman disana. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar penting bagi pengambilan keputusan dalam pengelolaan lingkungan dan sumber daya alam, termasuk upaya mitigasi perubahan iklim. Penggunaan teknologi cloud computing juga memberikan keuntungan dalam efisiensi, kecepatan, dan skala luas analisis data spasial, yang mendukung pemantauan holistik dan menyeluruh. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang pemantauan lingkungan,

dan dapat menjadi referensi penting untuk penelitian serupa di wilayah lain. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam upaya menjaga keberlanjutan lingkungan dan meningkatkan pemahaman tentang perubahan iklim di wilayah Kabupaten Buru Selatan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Chen, Y., Yang, J., Yu, W., Ren, J., Xiao, X., & Xia, J. C. (2023). Relationship between urban spatial form and seasonal land surface temperature under different grid scales. *Sustainable Cities and Society*, 89, 104374. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104374>
- Çolak, E., & Sunar, F. (2023). Investigating the usefulness of satellite-retrieved land surface temperature (LST) in pre- and post-fire spatial analysis. *Earth Science Informatics*, 16(1), 945–963. <https://doi.org/10.1007/s12145-022-00883-8>
- Ermida, S. L., Soares, P., Mantas, V., Göttsche, 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>
- Fonseka, H. P. U., Zhang, H., Sun, Y., Su, H., Lin, H., & Lin, Y. (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://doi.org/10.3390/rs11080957>
- 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](https://doi.org/10.1007/978-3-031-19059-9_14)
- Gbedzi, D. D., Ofori, E. A., Mortey, E. M., Obiri-Yeboah, A., Nyantakyi, E. K., Siabi, E. K., Abdallah, F., Domfeh, M. K., & Amankwah-Minkah, A. (2022). Impact of mining on land use land cover change and water quality in the Asutifi North District of Ghana, West Africa. *Environmental Challenges*, 6, 100441. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100441>
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Hardyanti, L., Sobirin, S., & Wibowo, A. (2017). Variasi Spasial Temporal Suhu Permukaan Daratan di Kota Jakarta tahun 2015 dan 2016. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 704–713. <https://doi.org/https://doi.org/10.35313/irwns.v8i3.613>
- Heinrich Rakuasa, D. A. S. (2023). Analysis of Vegetation Index in Ambon City Using Sentinel-2 Satellite Image Data with Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Method based on Google Earth Engine. *Journal of Innovation Information Technology and Application*, 5(1), 74–82. <https://doi.org/https://doi.org/10.35970/jinita.v5i1.1869>
- How Jin Aik, D., Ismail, M. H., Muharam, F. M., & Alias, M. A. (2021). Evaluating the impacts of land use/land cover changes across topography against land surface temperature in Cameron Highlands. *PLOS ONE*, 16(5), e0252111. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252111>
- Kafy, A.- Al, Rahman, M. S., Faisal, A.-A.-, Hasan, M. M., & Islam, M. (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://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100314>
- Latue, P. C., & Rakuasa, H. (2023). Analysis of Land Cover Change Due to Urban Growth in Central Ternate District, Ternate City using Cellular Automata-Markov Chain. *Journal of Applied Geospatial Information*, 7(1), 722–728. <https://doi.org/https://doi.org/10.30871/jagi.v7i1.4653>
- 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, Philia, C., Manakane, S. E., & Rakuasa, H. (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://doi.org/10.56211/blendsains.v2i1.272>
- 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>
- Li, T., Cao, J., Xu, M., Wu, Q., & Yao, L. (2020). The influence of urban spatial pattern on land surface temperature for different functional zones. *Landscape and Ecological Engineering*, 16(3), 249–262. <https://doi.org/10.1007/s11355-020-00417-8>
- 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>
- Maffei, C., Alfieri, S., & Menenti, M. (2018). Relating Spatiotemporal Patterns of Forest Fires Burned Area and Duration to Diurnal Land Surface Temperature Anomalies. *Remote Sensing*, 10(11), 1777. <https://doi.org/10.3390/rs10111777>
- Moazzam, M. F. U., Doh, Y. H., & Lee, B. G. (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://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109368>
- Mulyana, N. F., Usman, F., & Hasyim, A. W. (2023). Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Perubahan Suhu Permukaan di Kawasan Perkotaan Karawang. *Planning for Urban Region and Environment Journal (PURE)*, 12(1), 77–84.
- NASA. (2022). *Moderate Resolution Imaging Spectoradiometer (MODIS)*. NASA. <https://modis.gsfc.nasa.gov/>
- Onesimo Muntaga, L. K. (2019). Google Earth Engine Applications. *Remotesensing*, 11–14. <https://doi.org/10.3390/rs11050591>
- 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. (2023a). 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.
- Philia Christi Latue, H. R. (2023b). 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>
- 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., & Pakniyany, Y. (2022). Spatial Dynamics of Land Cover Change in Ternate Tengah District, Ternate City, Indonesia. *Forum Geografi*, 36(2), 126–135. <https://doi.org/DOI: 10.23917/forgeo.v36i2.19978>
- 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. (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. <https://doi.org/10.35760/ik.2022.v27i3.7101>
- 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>
- Rakuasa, H., Sihasale, D. A., Somae, G., & Latue, P. C. (2023). Prediction of Land Cover Model for Central Ambon City in 2041 Using the Cellular Automata Markov Chains Method. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 4(1), 1–10. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2023.v4i1.85>
- Ruzady Adjis. (2022). *Hutan di Kabupaten Buru Terbakar, Angin Kencang Percepat Amukan Kobaran Api*. TERASMALUKU.COM,-AMBON. <https://terasmaluku.com/headline/2022/08/11/hutan-di-kabupaten-buru-terbakar-angin-kencang-percepat-amukan-kobaran-api/>
- Salakory, M., Rakuasa, H. (2022). Modeling of Cellular Automata Markov Chain for predicting the carrying capacity of Ambon City. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (JPSSL)*, 12(2), 372–387. <https://doi.org/https://doi.org/10.29244/jpsl.12.2.372-387>
- 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.
- Stoyanova, J. S., Georgiev, C. G., & Neytchev, P. N. (2022). Satellite Observations of Fire Activity in Relation to Biophysical Forcing Effect of Land Surface Temperature in Mediterranean Climate. *Remote Sensing*, 14(7), 1747. <https://doi.org/10.3390/rs14071747>
- 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>
- Teklay, A., Dile, Y. T., Asfaw, D. H., Bayabil, H. K., & Sisay, K. (2021). Impacts of Climate and Land Use Change on Hydrological Response in Gumara Watershed, Ethiopia. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 21(2), 315–332. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2020.12.001>
- Venäläinen, A., Lehtonen, I., Laapas, M., Ruostenoja, 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>
- Wachid, N., & Tyas, W. P. (2022). Analisis Transformasi NDVI dan kaitannya dengan LST Menggunakan Platform Berbasis Cloud: Google Earth Engine. *Jurnal Planologi*, 19(1), 60. <https://doi.org/10.30659/jpsa.v19i1.20199>
- Zeng, Q., Xie, Y., & Liu, K. (2019). Assessment of the patterns of urban land covers and impervious surface areas: A case study of Shenzhen, China. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 110, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2019.04.002>
- Zhengming Wan. (2020). *MOD11A2 v061 MODIS/Terra Land Surface Temperature/Emissivity 8-Day L3 Global 1 km SIN Grid*. USGS Website. <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod11a2v061/>
- Zulkarnain, R. C. (2016). Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Perubahan Suhu Permukaan di Kota Surabaya. *Skripsi Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 1–306.