

ANALISIS SPASIAL TEMPORAL SUHU PERMUKAAN DARATAN/ LAND SURFACE TEMPERATURE (LST) KOTA AMBON BERBASIS CLOUD COMPUTING: GOOGLE EARTH ENGINE

Heinrich Rakuasa

Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

Jl. Margonda Raya, Depok 16424, Jawa Barat
heinrich.rakuasa@ui.ac.id

Abstrak

Perkembangan lahan terbangun di Kota Ambon yang terus meningkat dari tahun ke tahun berpengaruh kepada meningkatnya suhu permukaan daratan yang berdampak pada sosial-ekonomi dan lingkungan yang merugikan penduduk perkotaan seperti peningkatan penggunaan air, energi yang dikeluarkan untuk pendingin ruangan, serta risiko kesehatan yang disebabkan oleh polusi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan suhu permukaan daratan di Kota Ambon tahun 2002, 2012 dan 2022 dengan menggunakan Google Earth Engine berbasis cloud computing. Penelitian ini menggunakan data batas administrasi Kota Ambon dan dataset citra MODIS pada Google Earth Engine, pengolahan data dilakukan berbasis cloud computing. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di tahun 2002 diperoleh suhu rata-rata Kota Ambon yaitu suhu minimum 21°C dan maximumnya yaitu 30°C, mengalami peningkatan di tahun 2012 menjadi min 24°C dan max 31°C, dan mengalami peningkatan di tahun 2022 menjadi suhu min 23°C dan max 33 °C, disimpulkan bahwa peningkatan suhu permukaan daratan Kota Ambon berbanding lurus dengan peningkatan lahan terbangun yang terjadi dari tahun ke tahunnya.

Kata Kunci: Google Earth Engine (GEE), Kota Ambon, Suhu Permukaan Daratan.

Abstract

The development of built-up land in Ambon City which continues to increase from year to year affects increasing land surface temperatures which have an impact on socio-economic and environmental harm to urban residents such as increased use of water, energy expended for air conditioning, and health risks caused by pollution. This study aims to determine changes in land surface temperature in Ambon City in 2002, 2012 and 2022 using Google Earth Engine based on cloud computing. This research uses Ambon City administrative boundary data and MODIS image dataset on Google Earth Engine, data processing is based on cloud computing. The results show that in 2002 the average temperature of Ambon City was obtained, namely the minimum temperature of 21°C and the maximum of 30°C, which increased in 2012 to 24°C and max. 31°C, and increased in 2022 to min temperature of 23°C and max 33°C, it is concluded that the increase in land surface temperature in Ambon City is directly proportional to the increase in built-up land that occurs from year to year.

Keywords: Google Earth Engine (GEE), Ambon City, Land Surface Temperature.

PENDAHULUAN

Kota Ambon sebagai ibukota dari Provinsi Maluku terus mengalami pertumbuhan penduduk yang terus meningkat dan perkembangan kota yang pesat, hal ini dikarenakan Kota Ambon selain sebagai ibukota provinsi, Kota Ambon juga merupakan sentral dari berbagai sektor diantaranya sektor sosial ekonomi, pendidikan, industri, pemerintahan dan pariwisata. Menurut López-Casado [1], seiring dengan berjalannya waktu, sebuah kota akan terus mengalami pertumbuhan penduduk dan proses perkembangan menjadi perkotaan yang lebih maju. Untuk mengakomodasi pertumbuhan penduduk, lahan terbangun akan semakin meningkat sehingga memakan sumber daya alam terutama vegetasi dan lahan pertanian yang mengarah ke urbanisasi [2], hal ini menyebabkan akan terus terjadinya perubahan tutupan lahan seiring dengan pertumbuhan urbanisasi [3]. Urbanisasi adalah fenomena lingkungan yang telah menjadi perhatian di abad ke-21. Pertumbuhan urbanisasi yang luas membuat sulitnya tercapai kota yang sejahtera dan berkelanjutan. Situasi ini menjadi lebih buruk dikarenakan urbanisasi saling terkait dengan fenomena lingkungan, salah satunya adalah perbedaan antara iklim dalam kota dan daerah sekitarnya Menurut Rakuasa et al [6], perubahan tutupan lahan karena urbanisasi dapat memengaruhi iklim perkotaan, hal ini disebabkan oleh hilangnya tutupan lahan vegetasi dan

digantikan dengan permukaan yang dapat menyerap panas seperti aspal, beton, batu bata, dan atap, yang kemudian dapat menghasilkan suhu permukaan yang lebih tinggi di pusat kota dibandingkan dengan daerah pedesaan di sekitarnya [7]. Ermida et al [8], berpendapat bahwa ketika radiasi matahari dengan jumlah yang sama diserap oleh tutupan lahan yang berbeda, maka suhu yang dihasilkan juga berbeda, hal ini dikarenakan perbedaan kapasitas panas yang bisa diserap oleh tutupan lahan tersebut. Dengan demikian, peningkatan luas lahan terbangun akan menghasilkan peningkatan nilai suhu permukaan [8, 9]. Menurut Li et al [11], nilai suhu permukaan yang tinggi, diperoleh pada bangunan yang kepadatannya tinggi, proporsi permukaan tahan air yang tinggi, serta di daerah yang mengalami penghilangan panas karena adveksi dan kehilangan radiasi terhambat, seperti pada inti kota dengan bangunan tinggi [12]. Dengan meningkatnya nilai suhu permukaan yang signifikan dapat memiliki dampak sosial-ekonomi dan lingkungan yang merugikan penduduk perkotaan seperti peningkatan penggunaan air, energi yang dikeluarkan untuk pendingin ruangan, serta risiko kesehatan yang disebabkan oleh polusi. LST merupakan hal yang penting dalam struktur pemodelan permukaan darat berbasis *remote sensing* [8]. Land Surface Temperature (LST) merupakan indikator penting dari iklim perkotaan, dikarenakan dapat mengatur radian aktif suhu tinggi dari permukaan bumi dan dapat mendefinisikan dinding pembagi energi

yang ada menjadi fluks panas yang praktis dan mendasar [13]. LST juga dapat membantu dalam menganalisis peningkatan panas dalam iklim perkotaan yang dapat menyebabkan komplikasi kesehatan biofisik seperti stress panas, polusi udara, dan masalah kesehatan terkait lainnya [8]. Menurut Ermida et al [8], analisis suhu permukaan dapat dilakukan menggunakan teknologi GIS & remote sensing. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi informasi dibidang geografis yang semakin canggih dapat dilihat dari pengolahan dan analisis data geografis (spasial) yang sudah berbasis *cloud computing* yang memiliki mempermudah *user* dalam melakukan analisis spasial temporal suhu permukaan. Analisis suhu permukaan dapat dilakukan berbasis *cloud computing* menggunakan Platform Google Earth Engine [14]. Google Earth Engine (GEE) adalah platform analisis geospasial yang sangat baik untuk pemrosesan awan citra satelit dan data geospasial lainnya berbasis cloud dengan gratis/ open source. Platform ini memiliki keunggulan yaitu telah menyediakan Application Programming Interface (APIs) yang menggunakan JavaScript dan Python serta dapat dihostkan ke Github [15]. Google Earth Engine (GEE) memberikan kemudahan dalam menganalisis data spasial, diantaranya yaitu dalam pengolahan data spasial *user* tidak perlu memerlukan komputer dengan spesifikasi yang tinggi cukup dengan koneksi internet yang stabil data dapat diolah dengan cepat, data historis citra satelit yang tersedia di GEE

lebih dari tahun 40 dan kumpulan data spasial yang diperbarui dan diperluas setiap hari dan memiliki lebih dari tujuh puluh petabyte dataset geospasial publik, termasuk data citra satelit landsat, sentinel, dan MODIS [8]. Perkembangan lahan terbangun di Kota Ambon yang terus meningkat setiap tahunnya akan berpengaruh pada *Land Surface Temperature (LST)* yang semakin meningkat kedepannya, dengan meningkatnya nilai suhu permukaan yang signifikan dapat memiliki dampak sosial-ekonomi dan lingkungan yang merugikan penduduk perkotaan seperti peningkatan penggunaan air, energi yang dikeluarkan untuk pendingin ruangan, serta risiko kesehatan yang disebabkan oleh polusi. Oleh karena itu penelitian tentang perubahan suhu permukaan Kota Ambon tahun 2002, 2012 dan 2022 berbasis *cloud computing*: Google Earth Engine perlu dilakukan dan juga perlu diketahui bahwa penelitian tentang perubahan suhu permukaan daratan di Kota Ambon belum pernah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan spasial temporal suhu permukaan daratan/ *land surface temperature (LST)* Kota Ambon berbasis cloud computing: Google Earth Engine.

METODE PENELITIAN

Data Penelitian

Kota Ambon sebagai ibukota dari Provinsi Maluku terus mengalami pertumbuhan penduduk yang terus meningkat dan

perkembangan kota yang pesat, hal ini dikarenakan Kota Ambon selain sebagai ibukota provinsi, Kota Ambon juga merupakan sentral dari berbagai sektor diantaranya sektor sosial ekonomi, pendidikan, industri, pemerintahan, pariwisata dll. Menurut López-Casado [1] seiring dengan berjalannya waktu, sebuah kota akan terus mengalami pertumbuhan penduduk dan proses perkembangan menjadi perkotaan yang lebih maju. Untuk mengakomodasi pertumbuhan penduduk, lahan terbangun akan semakin meningkat sehingga memakan sumber daya alam terutama vegetasi dan lahan pertanian yang mengarah ke urbanisasi [2], hal ini menyebabkan akan terus terjadinya perubahan tutupan lahan seiring dengan pertumbuhan urbanisasi [3].

Urbanisasi adalah fenomena lingkungan yang telah menjadi perhatian di abad ke-21. Pertumbuhan urbanisasi yang luas membuat sulitnya tercapai kota yang sejahtera dan berkelanjutan. Situasi ini menjadi lebih buruk dikarenakan urbanisasi saling terkait dengan fenomena lingkungan, salah satunya adalah perbedaan antara iklim dalam kota dan daerah sekitarnya [4].

Menurut Rakuasa et al [5], perubahan tutupan lahan karena urbanisasi dapat memengaruhi iklim perkotaan, hal ini disebabkan oleh hilangnya tutupan lahan vegetasi dan digantikan dengan permukaan yang dapat menyerap panas seperti aspal, beton, batu bata, dan atap, yang kemudian dapat menghasilkan suhu permukaan yang

lebih tinggi di pusat kota dibandingkan dengan daerah pedesaan di sekitarnya [7]. Ermida et al [8], berpendapat bahwa ketika radiasi matahari dengan jumlah yang sama diserap oleh tutupan lahan yang berbeda, maka suhu yang dihasilkan juga berbeda, hal ini dikarenakan perbedaan kapasitas panas yang bisa diserap oleh tutupan lahan tersebut. Dengan demikian, peningkatan luas lahan terbangun akan menghasilkan peningkatan nilai suhu permukaan [8, 9].

Menurut Li et al [11], nilai suhu permukaan yang tinggi, diperoleh pada bangunan yang kepadatannya tinggi, proporsi permukaan tahan air yang tinggi, serta di daerah yang mengalami kehilangan panas karena adveksi dan kehilangan radiasi terhambat, seperti pada inti kota dengan bangunan tinggi [12]. Dengan meningkatnya nilai suhu permukaan yang signifikan dapat memiliki dampak sosial-ekonomi dan lingkungan yang merugikan penduduk perkotaan seperti peningkatan penggunaan air, energi yang dikeluarkan untuk pendingin ruangan, serta risiko kesehatan yang disebabkan oleh polusi. LST merupakan hal yang penting dalam struktur pemodelan permukaan darat berbasis *remote sensing* [8]. Land Surface Temperature (LST) merupakan indikator penting dari iklim perkotaan, dikarenakan dapat mengatur radian aktif suhu tinggi dari permukaan bumi dan dapat mendefinisikan dinding pembagi energi yang ada menjadi fluks panas yang praktis dan mendasar [13]. LST juga dapat membantu dalam menganalisis

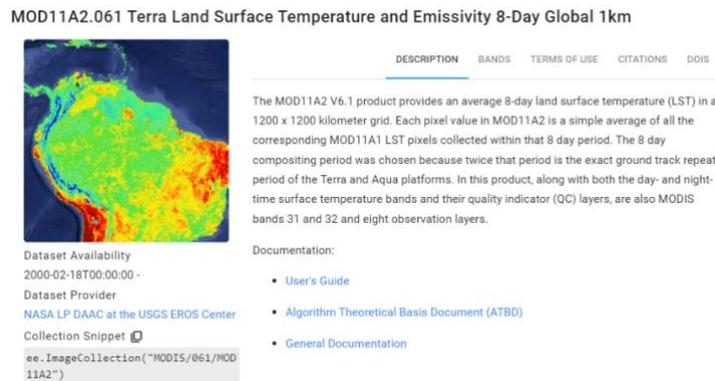
peningkatan panas dalam iklim perkotaan yang dapat menyebabkan komplikasi kesehatan biofisik seperti stress panas, polusi udara, dan masalah kesehatan terkait lainnya [8]. Menurut Ermida et al [8], analisis suhu permukaan dapat dilakukan menggunakan teknologi GIS & *remote sensing*. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi informasi dibidang geografis yang semakin canggih dapat dilihat dari pengolahan dan analisis data geografis (spasial) yang sudah berbasis *cloud computing* yang memiliki mempermudah *user* dalam melakukan analisis spasial temporal suhu permukaan. Analisis suhu permukaan dapat dilakukan berbasis *cloud computing* menggunakan Platform Google Earth Engine [14]. Google Earth Engine (GEE) adalah platform analisis geospasial yang sangat baik untuk pemrosesan awan citra satelit dan data geospasial lainnya berbasis cloud dengan gratis/ open source. Platform ini memiliki keunggulan yaitu telah menyediakan Application Programming Interface (APIs) yang menggunakan JavaScript dan Python serta dapat dihostkan ke Github [15]. Google Earth Engine (GEE) memberikan kemudahan dalam menganalisis data spasial, diantaranya yaitu dalam pengolahan data spasial *user* tidak perlu memerlukan komputer dengan spesifikasi yang tinggi cukup dengan koneksi internet yang stabil data dapat diolah dengan

cepat, data historis citra satelit yang tersedia di GEE lebih dari tahun 40 dan kumpulan data spasial yang diperbarui dan diperluas setiap hari dan memiliki lebih dari tujuh puluh petabyte dataset geospasial publik, termasuk data citra satelit landsat, sentinel, dan MODIS [8].

Perkembangan lahan terbangun di Kota Ambon yang terus meningkat setiap tahunnya akan berpengaruh pada *Land Surface Temperature (LST)* yang semakin meningkat kedepannya, dengan meningkatnya nilai suhu permukaan yang signifikan dapat memiliki dampak sosial-ekonomi dan lingkungan yang merugikan penduduk perkotaan.

Seperti peningkatan penggunaan air, energi yang dikeluarkan untuk pendingin ruangan, serta risiko kesehatan yang disebabkan oleh polusi.

Oleh karena itu penelitian penelitian tentang perubahan suhu permukaan Kota Ambon tahun 2002, 2012 dan 2022 berbasis *cloud computing*: Google Earth Engine perlu dilakukan dan juga perlu diketahui bahwa penelitian tentang perubahan suhu permukaan daratan di Kota Ambon belum pernah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan suhu permukaan daratan di Kota Ambon tahun 2002, 2012 dan 2022 dengan menggunakan Google Earth Engine berbasis *cloud computing*.



Gambar 1. Citra Satelit MODIS *Terra Land Surface Temperature and Emissivity 8-Day Global 1 km*

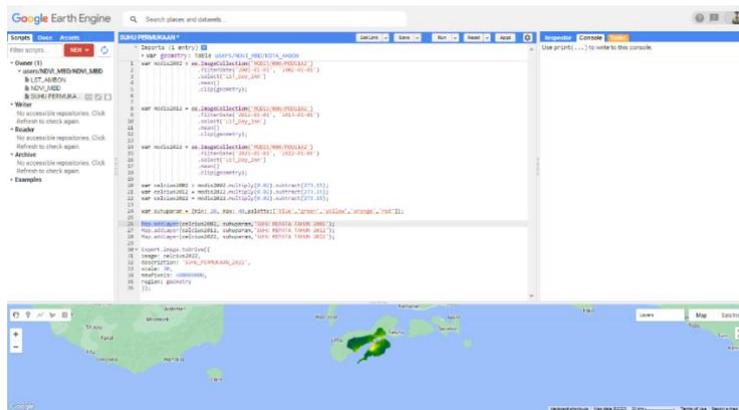
Pengolahan Data

Tahapan Analisis *Land Surface Temperature* (LST) Kota Ambon menggunakan data set citra MODIS di *Geogle Earth Engini* yaitu sebagai berikut; Langkah awal yang dilakukan yaitu memilih citra satelit yang digunakan dengan menggunakan cript yang sudah dimodifikasi sebelumnya dengan menggunakan kata kunci; *ee.ImageCollection*. Dataset citra MODIS yang digunakan yaitu *Terra Land Surface Temperature and Emissivity 8-Day Global 1km*. Pemilihan data citra ini didasarkan karena data citra ini sudah di proses dan menghasilkan produk temperatur. Pemilihan produk ini menggunakan kata kunci; *ee.ImageCollection("MODIS/061/MOD11A2")*. Deskripsi Citra satelit MODIS *Terra Land Surface Temperature and Emissivity 8-Day Global 1km* dapat dilihat pada Gambar 1.

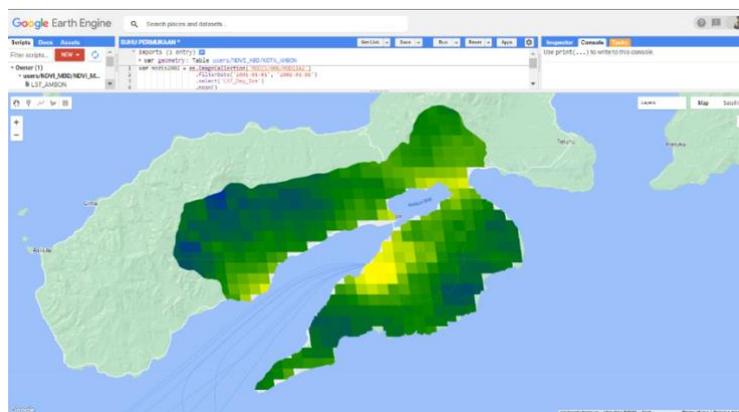
Pada tahap kedua yaitu memilih tanggal perekaman yang diinginkan, dimana penelitian ini menggunakan data temporal (tahun 2002, 2012 dan 2022) dengan kata kunci; *filterDate*. Penelitian ini menggunakan hasil perhitungan

suhu rata-rata setiap tahun periode perhitungan dengan menggunakan kata kunci; *mean ()*. Perhitungan suhu rata tahunan didasarkan pada script *filterDate*. Karena penelitian ini dilakukan di Kota Ambon maka data shp Batas Kota Ambon di *input* di GEE untuk membatasi area analisis LST dengan menggunakan kata kunci. *clip (Ambon)*. Pengolahan script untuk analisis LST di GEE pada penelitian ini di <https://code.earthengine.google.com/> dapat dilihat pada Gambar 2.

Pada tahap ketiga yaitu untuk mempermudah analisis, LST tahun 2002, 2012, 2022, diberikan kata kunci; *var modis02 untuk tahun 2002, var modis12 dan var modis22*). Hasil analisis *Land Surface Temperature* (LST) dengan satuan derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$) ditampilkan dengan kata kunci; *var Celsius*. Konversi suhu derajat Kelvin ke derajat Celsius di GEE menggunakan kata kunci; *multiply (0.02). subtract(273.15);*, dengan menggunakan persamaan; $(var\ modis\ x\ 0.02) - 273.15$. Fungsi pengali dalam java menggunakan *multiply ()* dan pengurang menggunakan *subtract ()*.



Gambar 2. Tampilan Script Land Surface Temperature (LST)



Gambar 3. Hasil Analisis Land Surface Temperature (LST)

Nilai max dan min suhu permukaan (°C) pada penelitian yaitu (min: 20, max: 40, palette).

Menampilkan hasil analisis suhu permukaan daratan dengan degradasi warna (RGB) digunakan kata kunci; *Map.addLayer*. Hasil analisis *Land Surface Temperature (LST)* Kota Ambon dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Langkah terakhir yaitu mengexport data ke *Google Drive* dengan menggunakan kata kunci; `Export.image.toDrive({ image: celcius10,`

description: 'SUHU_PERMUKAAN_2012', scale: 30, maxPixels: 600000000, region: geometry });

Setelah itu data yang diekspor ke *Google Drive* kemudian didownload untuk dilayout peta di software Arc GIS. Secara sederhana untuk melihat perubahan suhu permukaan Kota Ambon tahun 2002, 2012 dan 2022 yang dikukan berbasis cloud computing menggunakan Platform Google Earth Engine yaitu dengan mengganti tanggal perekaman yang diinginkan, dimana penelitian ini

menggunakan data temporal (tahun 2002, 2012 dan 2022) dengan kata kunci; *filterDate*. Google Earth Engine (GEE) memberikan kemudahan dalam menganalisis data spasial, diantaranya yaitu dalam pengolahan data spasial *user* tidak perlu memerlukan komputer dengan spesifikasi yang tinggi cukup dengan koneksi internet yang stabil data dapat diolah dengan cepat [8].

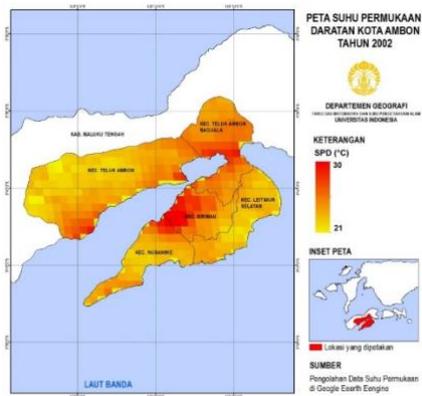
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis spasial temporal suhu permukaan daratan (SPD) atau lebih dikenal dengan Land Surface Temperature (LST) di Kota Ambon tahun 2002, 2012 dan 2022 didasarkan pada perkembangan lahan terbangun yang terus meningkat dari tahun ke tahunnya yang semakin pesat.

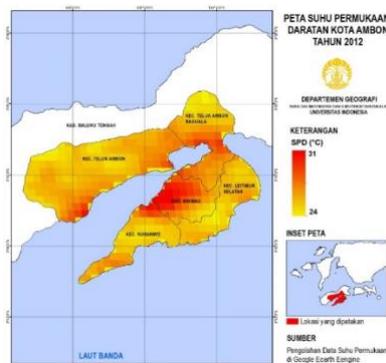
Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rakuasa et al [6], luas lahan terbangun di Kota Ambon tahun 2012 seluas 3.846, 42 ha, mengalami penambahan luasan di tahun 2021 seluas 4.421, 33 ha. Hal ini menunjukkan terjadi alih fungsi lahan dari Kawasan pertanian menjadi lahan terbangun/permukiman, tentunya berdampak pada peningkatan suhu permukaan di Kota Ambon kedepannya. Menurut Albarqouni et al [12], dengan meningkatnya nilai suhu permukaan yang signifikan dapat memiliki dampak sosial-ekonomi dan lingkungan yang merugikan penduduk perkotaan seperti peningkatan penggunaan air, energi yang dikeluarkan untuk pendingin ruangan, serta risiko kesehatan yang

disebabkan oleh polusi. Hasil Analisis spasial temporal suhu permukaan daratan (SPD) Kota Ambon tahun 2002, 2012 dan 2022 yang diperoleh dari citra MODIS dengan resolusi temporal 8 hari dan resolusi spasial 1 kilometer (km) dengan menggunakan suhu rata-rata, menunjukkan bahwa di tahun 2002 diperoleh suhu rata-rata Kota Ambon yaitu suhu minimum 21°C dan maximumnya yaitu 30°C, secara spasial suhu permukaan daratan Kota Ambon tahun 2002 dapat dilihat pada Gambar 4. Pada tahun 2012 terjadi peningkatan suhu permukaan daratan Kota Ambon tahun menjadi min 24°C dan max 31°C, salah satu faktornya yaitu terus meningkatnya perkembangan lahan terbangun di Kota Ambon, hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Kanga et al [16], yang mengkaji tentang *Understanding the Linkage between Urban Growth and Land Surface Temperature—A Case Study of Bangalore City, India*.

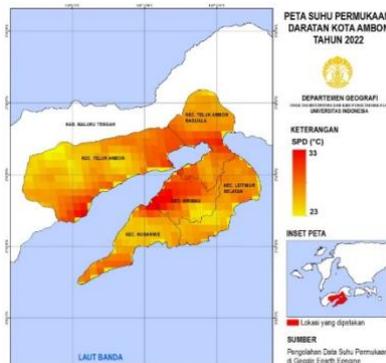
Hasil penelitian oleh Kanga et al [16], menunjukkan bahwa perkembangan lahan terbangun disuatu daerah sangat mempengaruhi peningkatan suhu permukaan daratan di daerah tersebut. Selengkapnya suhu permukaan daratan Kota Ambon tahun 2012 dapat dilihat pada Gambar 5. Pada tahun 2022 suhu permukaan daratan di Kota Ambon terus mengalami peningkatan menjadi suhu min 23°C dan max 33 °C. Suhu permukaan daratan Kota Ambon tahun 2012 dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 4. Suhu Permukaan Daratan Kota Ambon Tahun 2002



Gambar 5. Suhu Permukaan Daratan Kota Ambon Tahun 2012



Gambar 6. Suhu Permukaan Daratan Kota Ambon Tahun 2022

Berdasarkan Gambar 4,5 dan 6 dapat dilihat bahwa suhu permukaan darataan dari tahun 2002, 2012 dan 2022 tertinggi memusat di daerah pesisir Kota Ambon yang merupakan pusat kota yang memiliki tingkat perkembangan lahan terbangun yang

mengalami peningkatan setiap tahunnya. Hal ini berbanding terbalik dengan daerah pengunungan yang memiliki nilai suhu permukaan yang rendah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suhu permukaan daratan Kota Ambon mengalami peningkatan setiap

tahunnya, seiring meningkatnya perkembangan lahan terbangun di Kota Ambon. Hasil penelitian-penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kafy et al [9], Kanga et al [16], Moazzam et al [13], Ermida et al [8], menunjukkan bahwa perkembangan lahan terbangun di suatu daerah memiliki korelasi dengan meningkatnya suhu permukaan daratan di daerah tersebut. Kafy et al [9], berpendapat bahwa perubahan pemamfaatan lahan di daerah perkotaan akan menyebabkan suhu permukaan daratan di perkotaan menjadi lebih tinggi jika dibandingkan dengan wilayah sekitarnya. Peningkatan suhu permukaan ini juga merupakan salah satu factor yang menyebabkan adanya perubahan iklim global, karena menurut The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), pembangunan dapat memberikan dampak bagi berbagai fenomena perubahan iklim seperti mencairnya es di kutub, kenaikan muka air laut dan kenaikan suhu udara [16 17].

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa terjadi peningkatan suhu permukaan daratan Kota Ambon pada periode 2002, 2012 dan 2022. Salah satu yang mempengaruhi peningkatan suhu permukaan daratan Kota Ambon yaitu terus meningkatnya perkembangan lahan terbangun di Kota Ambon. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu permukaan daratan di Kota Ambon memiliki hubungan yang

berbanding lurus dengan peningkatan lahan terbangun yang terjadi dari tahun ke tahunnya. Google Earth Engine (GEE) dalam penelitian ini sangatlah efektif dan efisien dalam menganalisis suhu permukaan daratan di Kota Ambon. Penelitian diharapkan dapat menjadi informasi bahan dalam pengambilan kebijakan terhadap penataan ruang di Kota Ambon kedepannya terkhususnya keberadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. López-Casado, "Illegal Parcelling in Cordoba (Spain): The Result of Illegal Urban Planning or Hidden City Development?," *Dela*, no. 54, pp. 125–148, Aug. 2021, doi: 10.4312/dela.54.125-148.
- [2] H. Salakory, M., Rakuasa, "Modeling of Cellular Automata Markov Chain for predicting the carrying capacity of Ambon City," *J. Pengelolaan Sumberd. Alam dan Lingkung.*, vol. 12, no. 2, pp. 372–387, 2022, doi: <https://doi.org/10.29244/jpsl.12.2.372-387>.
- [3] H. Sugandhi, N., Supriatna, S., Kusratmoko, E., & Rakuasa, "Prediksi Perubahan Tutupan Lahan di Kecamatan Sirimau, Kota Ambon Menggunakan Celular Automata-Markov Chain," *JPG (Jurnal Pendidik. Geogr.*, vol. 9, no. 2, pp. 104–118, 2022, doi:<http://dx.doi.org/10.20527/jpg.v9i2>.

- 13880.
- [4] B. Yu, "Ecological effects of new-type urbanization in China," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 135, p. 110239, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.rser.2020.110239.
- [5] H. Rakuasa, D. A. Sihasale, and P. C. Latue, "Model Tutupan Lahan di Daerah Aliran Sungai Kota Ambon Tahun 2031: Studi Kasus DAS Wai Batu Gantung, Wai Batu Gajah, Wai Tomu, Wai Batu Merah Dan Wai Ruhu," *J. Tanah dan Sumberd. Lahan*, vol. 9, no. 2, pp. 473–486, Jul. 2022, doi: 10.21776/ub.jtsl.2022.009.2.29.
- [6] H. Rakuasa, S. Supriatna, A. Karsidi, A. Rifai, M. . Tambunan, and A. Poniman K, "Spatial Dynamics Model of Earthquake Prone Area in Ambon City," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1039, no. 1, p. 012057, Sep. 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1039/1/012057.
- [7] H. P. U. Fonseka, H. Zhang, Y. Sun, H. Su, H. Lin, and Y. Lin, "Urbanization and Its Impacts on Land Surface Temperature in Colombo Metropolitan Area, Sri Lanka, from 1988 to 2016," *Remote Sens.*, vol. 11, no. 8, p. 957, Apr. 2019, doi: 10.3390/rs11080957.
- [8] S. L. Ermida, P. Soares, V. Mantas, F.-M. Göttsche, and I. F. Trigo, "Google Earth Engine Open-Source Code for Land Surface Temperature Estimation from the Landsat Series," *Remote Sens.*, vol. 12, no. 9, p. 1471, May 2020, doi: 10.3390/rs12091471.
- [9] A.- Al Kafy, M. S. Rahman, A.-A.-Faisal, M. M. Hasan, and M. Islam, "Modelling future land use land cover changes and their impacts on land surface temperatures in Rajshahi, Bangladesh," *Remote Sens. Appl. Soc. Environ.*, vol. 18, p. 100314, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.rsase.2020.100314.
- [10] R. Khan *et al.*, "Monitoring land use land cover changes and its impacts on land surface temperature over Mardan and Charsadda Districts, Khyber Pakhtunkhwa (KP), Pakistan," *Environ. Monit. Assess.*, vol. 194, no. 6, p. 409, 2022, doi: 10.1007/s10661-022-10072-1.
- [11] T. Li, J. Cao, M. Xu, Q. Wu, and L. Yao, "The influence of urban spatial pattern on land surface temperature for different functional zones," *Landsc. Ecol. Eng.*, vol. 16, no. 3, pp. 249–262, 2020, doi: 10.1007/s11355-020-00417-8.
- [12] M. M. Y. Albarqouni, N. Yagmur, F. Bektas Balcik, and A. Sekertekin, "Assessment of Spatio-Temporal Changes in Water Surface Extents and Lake Surface Temperatures Using Google Earth Engine for Lakes Region, Türkiye," *ISPRS Int. J. Geo-Information*, vol. 11, no. 7, p. 407, Jul. 2022, doi: 10.3390/ijgi11070407.
- [13] M. F. U. Moazzam, Y. H. Doh, and B. G. Lee, "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,” *Build. Environ.*, vol. 222, p. 109368, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.buildenv.2022.109368.
- [14] Y. Abunnasr and M. Mhaweji, “Towards a combined Landsat-8 and Sentinel-2 for 10-m land surface temperature products: The Google Earth Engine monthly Ten-ST-GEE system,” *Environ. Model. Softw.*, vol. 155, p. 105456, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.envsoft.2022.105456.
- [15] M. Wang *et al.*, “An Efficient Framework for Producing Landsat-Based Land Surface Temperature Data Using Google Earth Engine,” *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.*, vol. 13, pp. 4689–4701, 2020, doi: 10.1109/JSTARS.2020.3014586.
- [16] S. Kanga *et al.*, “Understanding the Linkage between Urban Growth and Land Surface Temperature—A Case Study of Bangalore City, India,” *Remote Sens.*, vol. 14, no. 17, 2022, doi: 10.3390/rs14174241.
- [17] IPCC, “The Physical Science Basis Chapter 2: Observation Atmosphere and Surface,” *The Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2013. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL.pdf
- [18] A. Ishtiaque, R. C. Estoque, H. Eakin, J. Parajuli, and Y. W. Rabby, “IPCC’s current conceptualization of ‘vulnerability’ needs more clarification for climate change vulnerability assessments,” *J. Environ. Manage.*, vol. 303, p. 114246, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114246>.