

# Analisis Suhu Permukaan Lahan sebagai Indikator Pulau Panas Perkotaan di Wilayah Kota Jayapura

Noper Tulak<sup>1\*</sup>, Zakaria Victor Kareth<sup>1</sup>, dan Sonia Kornelia Kwano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Geofisika, Universitas Cenderawasih; e-mail: [noper.tulak@gmail.com](mailto:noper.tulak@gmail.com)

## ABSTRAK

Perubahan tutupan lahan dan alih fungsi lahan dari lahan bervegetasi menjadi lahan terbangun di wilayah Kota Jayapura ditengarai menjadi faktor utama meningkatnya suhu permukaan lahan. Kombinasi antara suhu permukaan lahan dengan suhu udara yang ada di atasnya akan menjadi pemicu munculnya pulau panas perkotaan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan distribusi spasial dan temporal suhu permukaan lahan serta menentukan wilayah yang berpotensi mengalami fenomena pulau panas perkotaan di Kota Jayapura. Metode yang digunakan adalah metode penelitian deskriptif dengan pendekatan analisis kuantitatif yang disajikan dalam bentuk peta, grafik dan tabel menggunakan data sekunder citra satelit lansat 8 tahun 2014 dan 2022. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu permukaan lahan di Kota Jayapura semakin meningkat dalam kurun waktu delapan tahun seiring dengan bertambahnya lahan terbangun. Peningkatan suhu permukaan lahan terdistribusi secara spasial pada lima Distrik dengan suhu permukaan rata-rata  $\geq 27$  °C. Berdasarkan peningkatan suhu permukaan lahan tersebut, maka ada lima titik wilayah yang berpotensi dan berpeluang besar menjadi sumber pulau panas perkotaan di Kota Jayapura yaitu Distrik Jayapura utara bagian timur, Distrik Jayapura selatan bagian timur, Distrik Abepura bagian utara, Distrik Heram bagian utara dan distrik Muaratami bagian barat. Secara spasial, kelima wilayah tersebut saling berdekatan atau terhubung satu dengan yang lain.

**Kata kunci:** suhu permukaan lahan, pulau panas perkotaan, distribusi spasial dan temporal, kota jayapura

## ABSTRACT

Changes in land cover and land conversion from vegetated land to built-up land in the Jayapura City area are the main factors in increasing land surface temperatures. The combination of land surface temperature with the air temperature above it will cause the urban heat island phenomenon. This study aims to determine the spatial and temporal distribution of land surface temperatures and determine areas that have the potential to experience the urban heat island phenomenon. The method used is a descriptive research method with a quantitative analysis approach which is presented in the form of maps, graphs and tables using secondary data from the Landsat 8 satellite imagery in 2014 and 2022. The results showed that the land surface temperature in the Jayapura City area increased in the eight years with the increase in built-up area and land use. The increase in surface temperature of built-up land and land use is spatially distributed in five districts with an average surface temperature  $\geq 27$  °C. In accordance with the increase in land surface temperature, there are five areas that have the potential and great opportunity to become sources of urban heat islands in the Jayapura city, namely the northern part of Jayapura District, the eastern part of South Jayapura District, the northern part of Abepura District, the northern part of Heram District, and the western part of Muaratami District. Spatially, the five regions are close to each other or connected to one another.

**Keywords:** land surface temperature, urban heat island, spatial and temporal distribution, Jayapura city

**Citation:** Tulak, N., Kareth, Z.V., dan Kwano, S.K. (2024). Analisis Suhu Permukaan Lahan Sebagai Indikator Pulau Panas Perkotaan di Wilayah Kota Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(3), 609-619, doi:10.14710/jil.22.3.609-619

## 1. PENDAHULUAN

Laju pertumbuhan penduduk yang pesat di kawasan perkotaan akan diikuti oleh bertambahnya kawasan terbangun mulai dari pusat kota hingga ke pinggiran kota akibat meningkatnya kebutuhan ruang untuk tempat tinggal dan berbagai aktivitas bagi masyarakat perkotaan. Hal ini menyebabkan terjadinya alih fungsi lahan dan perubahan tutupan lahan, terutama alih fungsi dari lahan bervegetasi menjadi lahan-lahan terbangun untuk perumahan,

perkantoran dan infrastruktur lainnya (Pravitasari et al, 2018). Kondisi demikian akan berdampak secara langsung maupun tidak langsung terhadap lingkungan, baik skala lokal maupun global. Pada skala lokal terjadi peningkatan tanah tandus, meluasnya permukaan kedap air, meningkatnya suhu permukaan serta mempengaruhi variabilitas iklim mikro perkotaan sedangkan pada skala yang lebih luas akan berkontribusi terhadap pemanasan global dan perubahan iklim (Dorigon and Amorim, 2019).

Peningkatan suhu permukaan lahan dan suhu udara ditentukan oleh sifat fisik permukaan suatu objek. Oleh karena itu jenis penutupan lahan sangat mempengaruhi suhu permukaan maupun suhu udara di suatu wilayah. Menurut Levermore, et al (2016) ada keterkaitan antara suhu permukaan pada suatu kawasan dengan lahan bervegetasi atau kawasan terbuka hijau. Area terbangun di kawasan perkotaan memiliki konduktivitas termal yang tinggi sehingga menyimpan energi termal lebih besar dibandingkan dengan kawasan perdesaan (Fawzi dkk, 2019; Shirani-bidabadi et al., 2019). Hal tersebut menyebabkan wilayah perkotaan lebih hangat dibandingkan perdesaan. Menurut Dede, dkk (2019) suhu permukaan dapat meningkat sebesar 1,18 °C seiring dengan menurunnya area bervegetasi rapat seluas 12.683 km<sup>2</sup>.

Suhu perkotaan yang terus mengalami peningkatan secara spasial maupun temporal akan menyebabkan fenomena pulau panas perkotaan (*urban heat island*). Istilah pulau panas perkotaan muncul karena pola isothermal yang dihasilkan menyerupai sebuah pulau. Fenomena pulau panas perkotaan ditandai dengan adanya suatu daerah yang memiliki suhu lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitarnya. Umumnya fenomena ini terjadi di wilayah perkotaan dengan bangunan atau gedung-gedung dan jaringan jalan yang rapat atau daerah industri yang padat yang dikelilingi pinggiran kota atau lahan bervegetasi. Daerah urban (perkotaan) bersuhu lebih tinggi 1-6 °C dibandingkan daerah sekitarnya. Pada umumnya suhu tertinggi akan terdapat di pusat kota dan akan menurun secara bertahap ke arah pinggir kota sampai ke desa.

Kota Jayapura sebagai Ibu Kota Provinsi Papua terus mengalami kemajuan dan perkembangan, khususnya dalam bidang pembangunan sehingga menyebabkan berkurangnya lahan bervegetasi. Perubahan tutupan lahan tersebut ditengarai menjadi faktor meningkatnya suhu permukaan lahan yang berimbas pada peningkatan suhu udara yang dirasakan akhir-akhir ini di Kota Kota Jayapura. Peningkatan suhu tersebut diduga akan terus terjadi sehingga dapat memicu terbentuknya pulau panas perkotaan dan perubahan unsur-unsur iklim di Kota Jayapura. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, salah satu unsur iklim di Kota Jayapura yaitu curah hujan telah mengalami perubahan dan cenderung mengalami peningkatan secara temporal (Tulak dkk, 2022). Namun perubahan unsur iklim tersebut belum dikaitkan dengan pola temporal perubahan tutupan lahan dan suhu permukaan lahan sebagai salah satu indikator pulau panas perkotaan.

Mengingat penelitian mengenai suhu permukaan lahan dan pulau panas perkotaan belum pernah dilakukan di Kota Jayapura, maka penelitian ini akan mengkaji keterkaitan antara suhu permukaan lahan dengan potensi terbentuknya pulau panas perkotaan di Kota Jayapura. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan distribusi spasial dan temporal suhu permukaan lahan dan menentukan

wilayah yang berpotensi mengalami fenomena pulau panas perkotaan berdasarkan suhu permukaan lahan. Urgensi dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi dan saran bagi perencanaan dan tata ruang wilayah di Kota Jayapura sehingga mampu menciptakan lingkungan yang berkelanjutan, salah satunya melalui perencanaan ruang terbuka hijau dan hutan kota untuk perlindungan lingkungan perkotaan. Penelitian ini dibatasi pada penggunaan data citra satelit landsat 8 tahun 2014 dan tahun 2022 serta menggunakan klasifikasi tidak terbimbing dalam menganalisis kelas suhu permukaan lahan.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlangsung selama 5 bulan mulai dari bulan Juli 2022 hingga bulan November 2022 yang bertempat di Laboratorium Teknik Geofisika Jurusan Fisika Uncen. Wilayah kajian pada penelitian ini terletak di Kota Jayapura yang meliputi lima Kecamatan yaitu Jayapura Selatan, Jayapura Utara, Heram, Abepura, dan Muara tami. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian deskriptif dengan pendekatan analisis kuantitatif yang disajikan dalam bentuk peta, grafik dan table. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang terdiri dari data citra suhu permukaan lahan (LST) dan peta administrasi Kota Jayapura. Data citra suhu permukaan lahan diperoleh dari situs NASA pada alamat website <https://landsat.gsfc.nasa.gov/data> yang terdiri dari Citra Satelit Landsat 8 tanggal 28 bulan Oktober Tahun 2014 dan Citra Satelit Landsat 8 tanggal 18 bulan Oktober Tahun 2022. Selanjutnya peta administrasi Kota Jayapura diperoleh dari kantor Bappeda Kota Jayapura.

Penentuan distribusi suhu permukaan lahan diawali dengan mengekstrak data citra satelit landsat kemudian memilih saluran (band) panjang gelombang termal yaitu band 10. Selanjutnya membuat kelas klasifikasi baru (reclass) suhu permukaan berdasarkan rentang kelas awal yang dihasilkan pada saat pengolahan band 10. Data yang dihasilkan dari proses klasifikasi berupa data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif yang dihasilkan yaitu luas kelas suhu permukaan lahan dan data profil suhu permukaan lahan sedangkan data kualitatif merupakan visualisasi sebaran suhu permukaan lahan. Tahapan selanjutnya yaitu memotong peta raster suhu permukaan menggunakan peta dasar administrasi kemudian mengatur ketajaman warna agar kelas suhunya terlihat jelas. Tahap terakhir yaitu menganalisis distribusi suhu permukaan lahan untuk menentukan wilayah yang berpotensi menjadi pulau panas perkotaan.

Cara yang tepat untuk menentukan potensi pulau panas perkotaan seharusnya mengobservasi suhu permukaan menggunakan stasiun cuaca. Namun adanya keterbatasan alat maka cara ini tidak memungkinkan. Oleh karena itu cara yang bisa dilakukan adalah memanfaatkan data citra satelit yang memiliki kemampuan untuk mengakuisisi data

gelombang inframerah yang mencerminkan data suhu panas permukaan lahan atau tanah. Apabila terdapat perbedaan suhu yang signifikan, umumnya 1-3 °C dengan daerah sekitarnya maka wilayah tersebut dapat dikategorikan sebagai pulau panas perkotaan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Suhu permukaan lahan

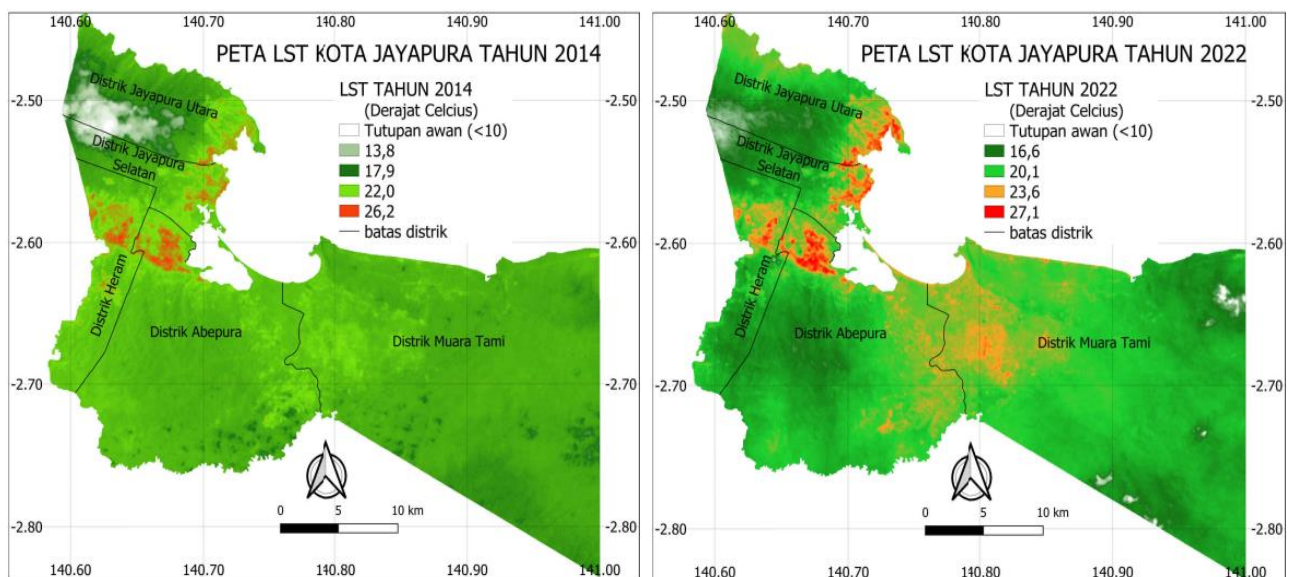
Suhu permukaan lahan merupakan suhu rata-rata permukaan dari suatu objek di permukaan bumi yang menjadi salah satu variabel klimatologis. Terjadinya peningkatan atau penurunan suhu permukaan lahan di suatu daerah dapat disebabkan oleh berkurangnya tutupan vegetasi karena alih fungsi lahan. Hal demikian telah terjadi di Kota Jayapura karena pesatnya pembangunan. Sebagai Ibu Kota Provinsi Papua, Kota Jayapura memiliki lahan yang terbatas dengan luas hanya 940 km<sup>2</sup> yang terbagi dalam lima Distrik yaitu Distrik Heram, Muara Tami, Abepura, Jayapura Selatan dan Jayapura Utara. Kelima Distrik tersebut masing-masing memiliki Kawasan terbangun sehingga memberikan kontribusi terhadap peningkatan suhu permukaan lahan di wilayah Kota Jayapura.

Analisis suhu permukaan lahan di Kota Jayapura menggunakan data citra satelit landsat 8 tahun 2014 dan tahun 2022. Kedua data tersebut dipilih berdasarkan tingkat kecerahan tinggi yang memiliki penutupan awan yang rendah. Suhu permukaan lahan pada tahun 2012 diklasifikasikan menjadi lima kategori kelas yaitu kelas tutupan awan, kelas suhu sangat rendah, kelas rendah, kelas sedang dan kelas tinggi. Selanjutnya pada tahun 2022, suhu permukaan lahan diklasifikasikan menjadi kelas tutupan awan, kelas suhu rendah, kelas sedang, kelas cukup tinggi dan kelas tinggi. Setiap kelas memiliki nilai suhu rata-rata yang divisualisasikan dalam jenis warna pada peta suhu permukaan lahan.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa suhu permukaan lahan di Kota Jayapura sangat bervariasi dan mengalami perubahan secara spasial maupun secara temporal. Pada tahun 2014, suhu permukaan lahan rata-rata setiap kelas berkisar antara 13,8 °C hingga 26,2 °C yang terdistribusi pada lima Distrik. Suhu permukaan lahan dengan kategori kelas tutupan awan memiliki suhu <10 °C, kelas sangat rendah memiliki suhu rata-rata sebesar 13,8 °C, kelas rendah bersuhu rata-rata 17,9 °C kelas sedang memiliki suhu rata-rata 20,0 °C dan kategori kelas tinggi memiliki suhu rata-rata sebesar 26,2 °C.

Selanjutnya, suhu permukaan lahan rata-rata setiap kelas pada tahun 2022 di Kota Jayapura berkisar antara 16,6 °C hingga 27,1 °C. Seperti halnya pada tahun 2014, data citra satelit landsat tahun 2022 juga memiliki tutupan awan dengan suhu <10 °C. Adapun suhu permukaan lahan rata-rata kategori kelas rendah memiliki suhu sebesar 16,6 °C, kelas sedang bersuhu rata-rata 20,1 °C, kelas cukup tinggi memiliki suhu rata-rata sebesar 23,6 °C dan kategori kelas suhu tinggi memiliki suhu rata-rata sebesar 27,1 °C. Visualisasi suhu permukaan lahan di Kota Jayapura pada tahun 2014 dan tahun 2022 dapat dilihat pada gambar 1.

Berdasarkan gambar 1 dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan distribusi spasial suhu permukaan lahan di Kota Jayapura pada tahun 2014 dan tahun 2022. Pada tahun 2014 suhu permukaan lahan masih didominasi oleh suhu sangat rendah hingga sedang, namun pada tahun 2022 terjadi perubahan distribusi suhu permukaan lahan. Berdasarkan peta suhu permukaan lahan, wilayah yang awalnya masih berwarna hijau pada tahun 2014, sebagian telah berubah menjadi orange hingga merah pada tahun 2022.



Gambar 1. Distribusi spasial suhu dan temporal permukaan lahan Kota Jayapura tahun 2014 dan 2022

Hal ini mengindikasikan bahwa selama delapan tahun terjadi peningkatan suhu permukaan lahan dari setiap kategori kelas suhu, yaitu kategori suhu sangat rendah telah berubah menjadi suhu rendah. Berikutnya kategori suhu rendah berubah menjadi suhu sedang, kemudian kategori suhu sedang berubah menjadi suhu cukup tinggi dan kategori suhu tinggi memiliki peningkatan intensitas. Pada tahun 2014, suhu permukaan lahan dengan kategori kelas tinggi terdeteksi pada empat distrik, yaitu Distrik Jayapura Utara, Jayapura Selatan, Heram dan Abepura dengan luas distribusi yang masih relatif rendah. Sementara itu, di distrik muara Tami belum terdeteksi adanya suhu permukaan lahan dengan kategori tinggi. Selanjutnya pada tahun 2022, distribusi spasial suhu permukaan lahan dengan kategori kelas suhu cukup tinggi hingga tinggi terpantau pada semua distrik yang ada di Kota Jayapura. Pada umumnya, distribusi spasial suhu permukaan lahan dengan kategori kelas cukup tinggi hingga tinggi terpusat pada kawasan terbangun atau penggunaan lahan yang telah mereduksi vegetasi.

Secara kuantitas, suhu permukaan lahan mengalami peningkatan yang bervariasi pada setiap kategori kelas. Pada tahun 2014, suhu permukaan lahan rata-rata kategori kelas suhu sangat rendah sebesar 13,8 °C meningkat menjadi 16,6 °C pada tahun 2022. Selanjutnya suhu permukaan lahan rata-rata kategori kelas rendah yang awalnya 17,9 °C pada tahun 2014 meningkat menjadi 20,1 °C pada tahun 2022. Demikian halnya dengan kategori suhu kelas sedang mengalami peningkatan dari 22,0 °C pada tahun 2014 menjadi 23,6 °C pada tahun 2022. Berikutnya, kategori suhu kelas tinggi juga mengalami peningkatan sebesar 1 °C yaitu rata-rata 26,2 °C pada tahun 2014 menjadi rata-rata 27,1 °C pada tahun 2022.

Suhu permukaan lahan dengan kategori kelas sangat rendah hingga rendah terpantau di daerah yang memiliki vegetasi sangat rapat hingga rapat. Dalam hal ini pada hutan primer, misalnya di daerah bukit dan gunung yang jauh dari pemukiman atau lahan terbangun. Adapun suhu permukaan lahan dengan kategori sedang pada umumnya terdistribusi di daerah yang dekat dengan permukiman dan lahan perkebunan atau pertanian. Sementara itu suhu permukaan lahan dengan kategori cukup tinggi hingga tinggi terdeteksi disekitar permukiman dan lahan terbangun. Selain perubahan distribusi suhu permukaan lahan secara spasial dan peningkatan

suhu secara kuantitas, perubahan lainnya yang terjadi yaitu luas kelas suhu permukaan lahan. Pada tahun 2014 luas tutupan awan di wilayah Kota Jayapura sebesar 12,020 km<sup>2</sup> kemudian pada tahun 2022 luas tutupan awan sebesar 5,146 km<sup>2</sup>. Luas tutupan awan tersebut tidak diperhitungkan sebagai suhu permukaan lahan. Secara keseluruhan luas permukaan lahan yang dianalisis di wilayah Kota Jayapura pada tahun 2014 sebesar 927,980 km<sup>2</sup> sedangkan pada tahun 2022 sebesar 934,854 km<sup>2</sup>.

Pada tahun 2014, luas permukaan lahan kategori kelas suhu sangat rendah sebesar 14,736 km<sup>2</sup> sedangkan untuk kategori suhu rendah memiliki luas permukaan lahan sebesar 61,957 km<sup>2</sup>. Selanjutnya luas kelas permukaan lahan dengan kategori kelas suhu sedang sebesar 826,206 km<sup>2</sup>. Adapun luas permukaan lahan dengan kategori kelas suhu tinggi sebesar 25.081 km<sup>2</sup>. Kemudian pada tahun 2022, luas permukaan lahan dengan kategori kelas suhu rendah sebesar 51,996 km<sup>2</sup> sedangkan luas permukaan lahan dengan kategori kelas suhu sedang sebesar 674,088 km<sup>2</sup>. Adapun luas permukaan lahan dengan kategori kelas suhu cukup tinggi sebesar 178,108 km<sup>2</sup> sedangkan luas permukaan lahan dengan kategori suhu tinggi sebesar 30,662 km<sup>2</sup>. Luas permukaan lahan berdasarkan kategori kelas suhu permukaan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa suhu rata-rata kelas permukaan lahan dan luas kelas suhu permukaan lahan di wilayah Kota Jayapura pada tahun 2014 hingga tahun 2022 mengalami perubahan yang bervariasi. Misalnya, pada kategori suhu permukaan lahan sangat rendah tahun 2014 mengalami perubahan nilai suhu rata-rata dari 13,8 °C menjadi 16,6 °C pada tahun 2022. Perubahan nilai suhu tersebut diikuti pula oleh perubahan luas kelas suhu permukaan yaitu 14,736 km<sup>2</sup> pada tahun 2014 meningkat menjadi 51, 996 km<sup>2</sup>. Hal demikian juga terjadi pada kategori kelas suhu permukaan lahan lainnya. Berdasarkan hal tersebut, dapat dinyatakan bahwa perubahan suhu permukaan lahan di Kota Jayapura terjadi secara temporal yaitu mengalami peningkatan suhu dari tahun 2014 hingga tahun 2022. Demikian halnya dengan luas kelas suhu permukaan lahan mengalami peningkatan luas secara spasial. Peningkatan suhu permukaan lahan yang diiringi dengan bertambah luasnya kelas suhu permukaan lahan disebabkan oleh aktivitas manusia yang melakukan alih fungsi lahan bervegetasi menjadi lahan terbangun yang semakin padat dan meluas.

**Tabel 1.** Luas permukaan lahan berdasarkan kategori kelas suhu permukaan lahan

Kategori kelas	Tahun		Kategori kelas	Tahun	
	2014	2022		2014	2022
	Suhu permukaan lahan rata-rata (°C)	Luas (km <sup>2</sup> )		Suhu permukaan lahan rata-rata (°C)	Luas (km <sup>2</sup> )
Tutupan awan	< 10	12,020	Tutupan awan	< 10	5,146
Sangat rendah	13,8	14,736	rendah	16,6	51,996
Rendah	17,9	61,957	sedang	20,1	674,088
Sedang	22,0	826,206	Cukup tinggi	23,6	178,108
Tinggi	26,2	25,081	Tinggi	27,1	30,662
Luas total		940 km <sup>2</sup>	Luas total		940 km <sup>2</sup>

Perubahan luas distribusi suhu permukaan lahan di Kota Jayapura signifikan terjadi pada Distrik Abepura dan Distrik Muara Tami seperti yang terlihat pada peta suhu permukaan lahan tahun 2014 dan 2022. Pada tahun 2014 suhu permukaan lahan dengan kategori tinggi hanya terdistribusi di bagian utara Distrik Abepura, namun pada tahun 2022 menyebar hingga ke Abepura bagian timur. Demikian halnya dengan distribusi suhu permukaan lahan di Distrik Muara Tami, pada tahun 2014 peta suhu permukaan lahan wilayah Muara Tami bagian barat masih berwarna hijau kekuningan namun pada tahun 2022 telah berubah warna menjadi kemerahan.

Hal ini menunjukkan bahwa selama delapan tahun telah terjadi peningkatan distribusi suhu permukaan lahan di wilayah tersebut. Peningkatan suhu permukaan lahan disebabkan oleh berkurangnya kerapatan vegetasi atau hilangnya lahan bervegetasi akibat aktivitas manusia. Keberadaan vegetasi pada suatu lahan mampu menurunkan suhu melalui proses evapotransporasi (evaporasi dan transpirasi). Evapotranspirasi dapat mendinginkan wilayah di sekitarnya karena terjadi penyerapan panas pada saat evaporasi berlangsung. Menurut AL Mukmin, et al (2016), suhu permukaan akan meningkat seiring dengan meningkatnya luas lahan terbangun.

Vegetasi merupakan ekosistem yang dapat membentuk pengendalian bahan terasa dan penambahan bahan laten (*laten heat*) serta menjadikan vegetasi sebagai tempat penyimpanan bahan yang diterimanya. Selain itu vegetasi dapat mengurangi kecepatan angin yang selanjutnya berpengaruh terhadap suhu.

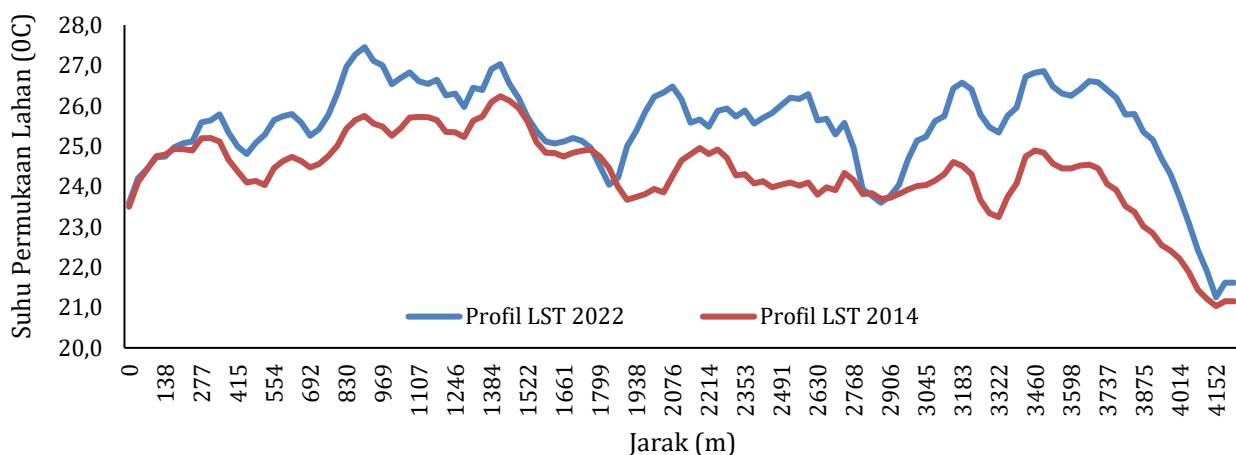
Pengurangan kecepatan angin menyebabkan berkurangnya pertukaran termodinamik antara lapisan udara sehingga menghasilkan suhu yang lebih tinggi di daerah yang terlindung baik siang maupun malam hari. Penurunan tingkat kerapatan vegetasi yang diiringi dengan meningkatnya suhu permukaan lahan di Kota Jayapura menunjukkan interaksi yang dinamis antara lingkungan dengan iklim mikro. Secara umum, hal ini akan berdampak pada lingkungan maupun pada manusia hingga terbentuknya pulau panas perkotaan.

Untuk mengetahui pola suhu permukaan lahan pada Kawasan terbangun di Kota Jayapura, maka dibuat profil suhu permukaan lahan tahun 2014 dan tahun 2022 pada masing-masing distrik. Kedua profil suhu tersebut kemudian dibandingkan untuk menentukan rentang perbedaan suhu permukaan lahan. Profil suhu permukaan lahan pada Kawasan terbangun di Distrik Abepura ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan gambar 2 dapat diketahui bahwa suhu permukaan lahan pada Kawasan terbangun yang padat sepanjang 4,152 km di Distrik Abepura Kota Jayapura pada tahun 2014 berkisar antara 21,0 °C hingga 26,2 °C sedangkan suhu permukaan lahan pada tahun 2022 berkisar antara 21,2 °C hingga 27,5 °C.

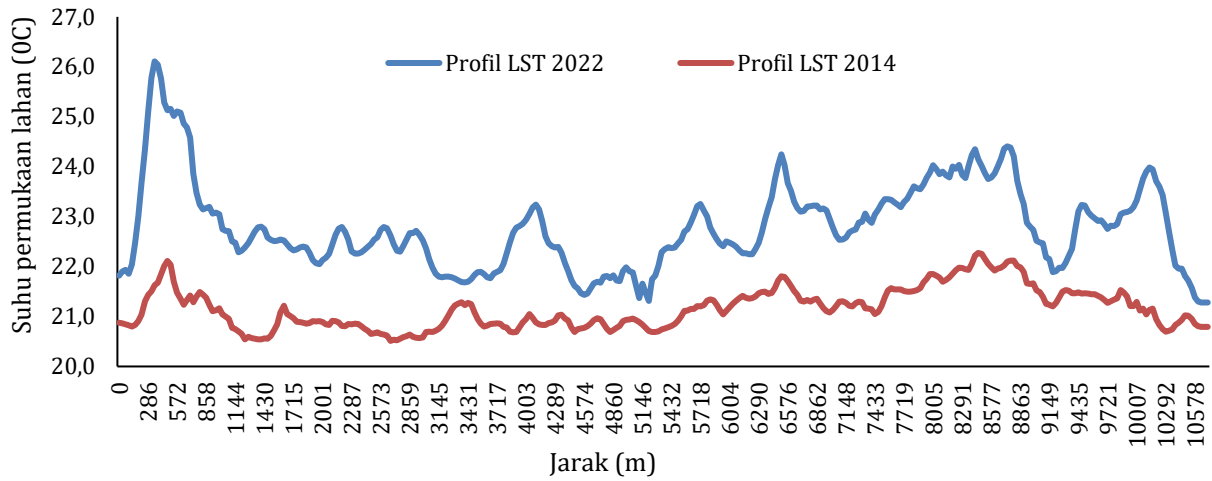
Hal ini menjelaskan bahwa selama delapan tahun suhu permukaan lahan di Distrik Abepura, khususnya pada lahan terbangun mengalami peningkatan suhu sebesar 1,2 °C. Kenaikan suhu permukaan lahan tersebut disebabkan oleh meningkatnya kepadatan lahan terbangun di wilayah Distrik Abepura. Pada umumnya lahan yang padat bangunan akan memiliki kapasitas termal yang tinggi sehingga menyebabkan suhu meningkat. Menurut Shirani-bidabadi et al., (2019), kondisi demikian dapat ditemukan pada kawasan perkotaan atau kawasan pertambangan.

Distrik Abepura merupakan salah satu pusat niaga, perkantoran dan permukiman yang mengalami perkembangan sangat pesat namun tidak dimbangi dengan sarana kawasan terbuka hijau atau hutan kota. Disamping itu, adanya pembalakan liar untuk pembukaan kebun dan lahan pertanian di sekitar lereng bukit hingga kawasan hutan menyebabkan kerapatan vegetasi semakin berkurang. Hal demikian turut berkontribusi terhadap peningkatan dan fluktuasi suhu permukaan lahan di wilayah Distrik Abepura.

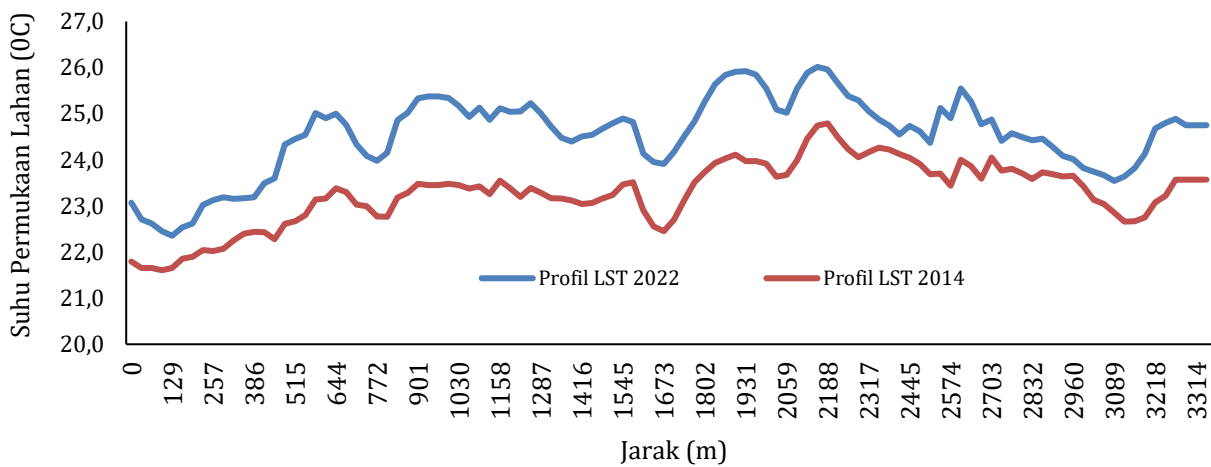
Seperti halnya di Distrik Abepura, suhu permukaan lahan di Distrik Muara Tami juga mengalami peningkatan yang signifikan. Peningkatan suhu tersebut dapat dilihat pada profil suhu permukaan lahan tahun 2014 dan tahun 2022 seperti yang ditampilkan pada gambar 3.



Gambar 2. Profil suhu permukaan lahan pada Kawasan terbangun di Distrik Abepura



Gambar 3. Profil suhu permukaan lahan pada Kawasan terbangun di Distrik Muara Tami



Gambar 4. Profil suhu permukaan lahan pada Kawasan terbangun di Distrik Jayapura Selatan

Berdasarkan profil suhu permukaan lahan kawasan terbangun dan penggunaan lahan di Distrik Muara Tami pada gambar 3 dapat dijelaskan bahwa suhu permukaan lahan mengalami peningkatan yang lebih besar dibandingkan dengan suhu permukaan lahan terbangun di Distrik Abepura. Suhu permukaan lahan di Distrik Muara Tami pada lahan terbangun sepanjang 10,483 km berkisar antara 20,5 °C hingga 22,3 °C pada tahun 2014 sedangkan pada tahun 2022 suhu permukaan lahan terbangun berkisar antara 21,3 °C hingga 26,1 °C. Data tersebut menunjukkan bahwa suhu permukaan lahan di Distrik Muara Tami dalam kurun waktu delapan tahun mengalami peningkatan sebesar 3,8 °C.

Distrik Muara Tami pada awalnya merupakan wilayah yang memiliki tingkat hunian rendah sehingga masih memiliki tutupan vegetasi yang luas. Namun selang waktu delapan tahun kemudian wilayah tersebut berkembang cukup pesat seiring dengan akses transportasi yang semakin lancar. Hal demikian menjadi daya tarik bagi masyarakat untuk melakukan migrasi lokal ke Distrik Muara Tami. Selain pembangunan hunian dan pusat niaga yang mulai meningkat, juga terdapat penggunaan lahan untuk perkebunan, pertanian, tambak dan kolam pemancingan. Hal tersebut juga berkontribusi

terhadap peningkatan suhu permukaan lahan. Meskipun terjadi peningkatan luas lahan terbangun dan penggunaan lahan namun suhu permukaan lahan di Distrik Muara Tami terdistribusi tidak merata. Kondisi demikian mengindikasikan bahwa lahan terbangun dan penggunaan lahan belum padat seperti yang ada di wilayah Distrik Abepura.

Kondisi suhu permukaan lahan terbangun di Distrik Abepura dan Muara Tami juga tidak berbeda jauh dengan suhu permukaan lahan terbangun yang ada di Distrik Jayapura Selatan. Wilayah terbangun pada distrik tersebut sekitar 3,314 km dengan suhu permukaan lahan berada pada kisaran 21,6 °C hingga 24,8 °C. Suhu tersebut mengalami peningkatan pada tahun 2022 yang berkisar antara 22, 4 °C hingga 26,0 °C seperti yang terlihat pada gambar 4.

Profil suhu permukaan lahan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang jelas antara suhu permukaan lahan tahun 2014 dengan tahun 2022. Pada tahun 2014 suhu permukaan lahan cenderung masih rendah dengan suhu rata-rata sebesar 23,3 °C kemudian mengalami peningkatan pada tahun 2022 sebesar 1,2 °C dengan suhu rata-rata 24,5 °C. Distrik Jayapura Selatan merupakan salah satu daerah terpadat karena memiliki luas wilayah yang sempit.

Lahan terbangun di Distrik Jayapura Selatan terdistribusi tidak merata namun pada kawasan tertentu terdapat bangunan yang sangat rapat misalnya pada pusat niaga dan permukiman. Hal ini tercermin pada profil suhu permukaan lahan yang fluktuatif. Profil suhu permukaan lahan yang tinggi menunjukkan bahwa lahan terbangun di kawasan tersebut sangat rapat sehingga tidak ada lagi lahan untuk vegetasi. Sementara itu, profil suhu permukaan lahan yang rendah mengindikasikan bahwa lahan terbangun di wilayah tersebut tidak terlalu rapat sehingga masih ada ruang untuk pertumbuhan vegetasi. Walau demikian, lambat laun ruang vegetasi akan semakin tergerus seiring dengan kebutuhan lahan bagi masyarakat yang terus meningkat.

Profil suhu permukaan terbangun berikutnya yang juga mengalami peningkatan dalam kurun waktu delapan tahun yaitu suhu permukaan pada lahan terbangun di Distrik Jayapura Utara. Berdasarkan hasil analisis, profil suhu permukaan lahan di Distrik Jayapura Utara sangat fluktuatif seperti yang terlihat pada gambar 5. Berdasarkan gambar 5 dapat diketahui bahwa suhu permukaan lahan pada tahun 2014 berkisar antara 21,3 °C hingga 25,1 °C kemudian pada tahun 2022 suhu permukaan lahan mengalami peningkatan dengan kisaran 22,0 °C hingga 26,8 °C.

Distrik Jayapura Utara merupakan salah satu distrik di Kota Jayapura yang memiliki luas wilayah terkecil. Walau demikian, lahan terbangun yang rapat hanya terpusat pada beberapa titik yang terdiri dari pusat niaga, perkantoran dan permukiman. Lahan terbangun yang rapat merefleksikan suhu permukaan lahan yang tinggi seperti yang terlihat pada profil suhu permukaan lahan. Sementara itu wilayah terbangun lainnya tidak terlalu padat sehingga masih memiliki ruang untuk vegetasi. Disamping itu, Sebagian Distrik Jayapura utara merupakan daerah penyangga Gunung Cycloop sehingga masih memiliki vegetasi hutan yang cukup rapat. Hal demikian memungkinkan suhu permukaan lahan pada sebagian wilayah tersebut masih cukup rendah.

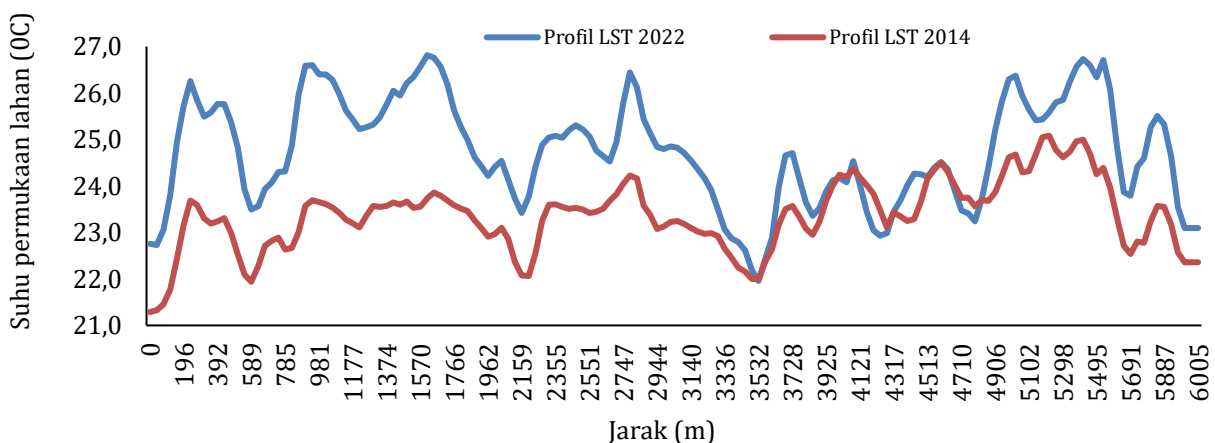
Lain halnya dengan suhu permukaan lahan di Distrik Heram. Suhu permukaan lahan terbangun di wilayah tersebut tidak menunjukkan perubahan yang

signifikan antara tahun 2014 dengan tahun 2022 seperti yang terlihat pada gambar 6. Berdasarkan gambar 6 dapat dilihat bahwa suhu permukaan lahan terbangun dan penggunaan lahan sepanjang 3,971 km di Distrik Heram pada tahun 2014 tidak berbeda jauh dengan suhu permukaan lahan pada tahun 2022. Hal tersebut terlihat pada profil suhu permukaan lahan tahun 2014 dan tahun 2022 yang hampir berimpit. Secara statistik, peningkatan suhu permukaan lahan terbangun selama delapan tahun di Distrik Heram hanya sebesar 0,5 °C.

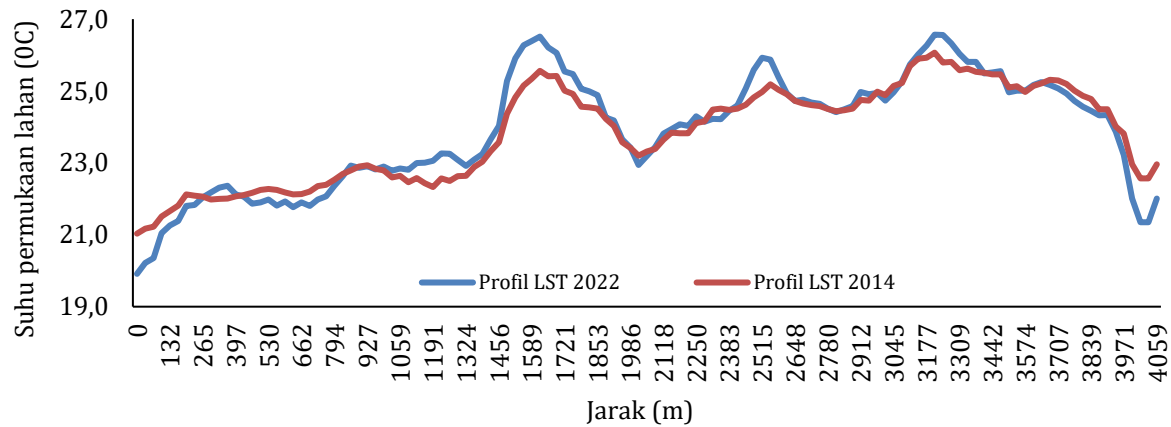
Suhu permukaan lahan terbangun pada tahun 2014 berkisar antara 21,0 °C hingga 26,1 °C sedangkan pada tahun 2022 sebesar 19,9 °C hingga 26,6 °C. Ada sedikit perbedaan suhu permukaan lahan minimum pada tahun 2014 dan 2022. Suhu permukaan lahan minimum pada tahun 2022 agak rendah dibandingkan dengan tahun 2014. Kondisi demikian disebabkan oleh perubahan tingkat kehijauan lahan kebun masyarakat pada masa tanam dan masa panen. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Saska et al., (2017) yang mengungkapkan bahwa lahan pertanian atau perkebunan akan memiliki suhu tinggi setelah panen.

Suhu permukaan lahan di Distrik Heram yang hampir konstan selama delapan tahun mengindikasikan bahwa wilayah terbangun tidak sepesat dan sepadat dengan lahan terbangun pada ke empat Distrik lainnya di Kota Jayapura. Dengan demikian masih ada ruang terbuka hijau yang dapat menekan laju peningkatan suhu permukaan lahan, Selain itu, sebagian besar wilayah Distrik Heram terdiri dari perbukitan yang masih memiliki vegetasi yang cukup rapat.

Secara keseluruhan, sejak tahun 2014 hingga tahun 2022 suhu permukaan lahan di wilayah Kota Jayapura mengalami peningkatan yang signifikan pada wilayah terbangun atau alih fungsi lahan dari lahan bervegetasi menjadi lahan tidak bervegetasi. Sementara itu, suhu permukaan lahan pada wilayah yang masih bervegetasi rapat cenderung tidak mengalami perubahan yang signifikan, misalnya daerah bukit dan gunung.



Gambar 5. Profil suhu permukaan lahan pada Kawasan terbangun di Distrik Jayapura Utara



**Gambar 6.** Profil suhu permukaan lahan pada Kawasan terbangun di Distrik Heram

Berdasarkan hasil analisis profil suhu permukaan lahan pada lima Distrik di wilayah Kota Jayapura, dapat diketahui bahwa lahan terbangun yang terdiri dari gedung, jejeran jalan aspal atau beton dan lahan terbangun lainnya umumnya memiliki suhu permukaan yang tinggi dibandingkan dengan lahan bervegetasi. Alih fungsi lahan dari lahan bervegetasi menjadi lahan terbangun akan menyebabkan perubahan nilai albedo yaitu perbandingan antara radiasi matahari yang dipantulkan dengan radiasi matahari yang diterima oleh pembukaan penutupan lahan. Albedo memiliki rentang nilai antara 0 sampai dengan 1, semakin tinggi nilai albedo maka radiasi panas akan lebih mudah direfleksikan dan panas yang diradiasikan ke lingkungan akan berkurang. Perbedaan nilai albedo tersebut dapat terjadi karena adanya sifat termal suatu benda dalam merefleksikan, memancarkan dan menyerap energi panas (Sugini, 2014). Nilai Albedo akan berimplikasi terhadap peningkatan suhu permukaan dan suhu udara di atasnya.

Peningkatan suhu permukaan lahan terbangun pada penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Wibisono, dkk (2023) yang menunjukkan bahwa berkurangnya kerapatan vegetasi akibat bertambah luasnya lahan terbangun memberikan pengaruh sebesar 30,2% terhadap terjadinya perubahan suhu permukaan dengan peningkatan suhu sebesar 4,24 °C. Adapun hasil penelitian Sutriani dan Febriandi (2020) Menunjukkan bahwa ada korelasi positif antara luas kelas tutupan lahan terbangun dengan suhu permukaan. Semakin luas lahan terbangun maka suhu permukaan akan semakin tinggi demikian sebaliknya. Sementara itu, Syahputra dkk (2021) mengungkapkan bahwa terdapat korelasi positif antara kepadatan bangunan dengan suhu permukaan lahan di Kota Medan. Menurut Andani dkk (2018), semakin meningkatnya nilai suhu permukaan lahan dapat berdampak pada meluasnya pembentukan urban heat island.

### 3.2 Identifikasi pulau panas perkotaan

Pulau panas perkotaan merupakan fenomena suatu wilayah yang memiliki suhu lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitarnya. Pada

umumnya fenomena tersebut terjadi di daerah perkotaan yang memiliki bangunan atau gedung-gedung dan jaringan jalan yang rapat atau daerah industri yang padat yang dikelilingi pinggiran kota atau lahan bervegetasi. Suhu di tengah perkotaan cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan suhu di pinggiran kota. Semakin jauh dari pusat kota, maka suhu akan semakin rendah.

Menurut Kong et al (2014), ukuran dan bentuk pulau panas perkotaan bervariasi berdasarkan ruang dan waktu sebagai akibat karakteristik meteorologi dan struktur kota serta aktivitas manusia. Hal ini menunjukkan bahwa formasi pulau panas perkotaan sangat dipengaruhi oleh karakteristik lahan terbangun dan penggunaan lahan masing-masing kota. Ketika terjadi peningkatan suhu permukaan lahan, maka suhu udara yang ada di atasnya juga akan mengalami peningkatan. Hasil penelitian Prasasti, dkk (2015) mendeteksi adanya pembentukan pulau-pulau panas perkotaan pada daerah yang mengalami peningkatan suhu permukaan akibat terjadinya penurunan tingkat kehijauan lahan. Sementara itu hasil penelitian Putra, dkk (2022) menunjukkan adanya peningkatan intensitas pulau panas perkotaan secara temporal di seiring dengan meningkatnya kebutuhan lahan terbangun yang mengakibatkan peningkatan suhu.

Terbentuknya pulau panas perkotaan akan menimbulkan dampak negatif diantaranya dapat mempengaruhi flora perkotaan, konsentrasi polutan, kualitas udara, kesehatan manusia, dampak lingkungan dan ekonomi, penggunaan energi (Tursilowati dkk, 2012) dan kenyamanan termal hingga pemanasan global. Selain itu, dapat juga berdampak pada perubahan kondisi cuaca dan iklim, misalnya perubahan pola angin lokal, memacu perkembangan awan dan kabut, meningkatkan jumlah peristiwa petir, meningkatkan curah hujan dan suhu udara.

Hasil penelitian Aditya dkk (2012) menunjukkan bahwa pulau panas perkotaan sangat berpengaruh terhadap distribusi temperatur udara di atasnya. Apabila salah satu unsur iklim mengalami perubahan, maka unsur iklim lainnya juga berpeluang mengalami perubahan. Iklim di Kota Jayapura akhir-akhir ini



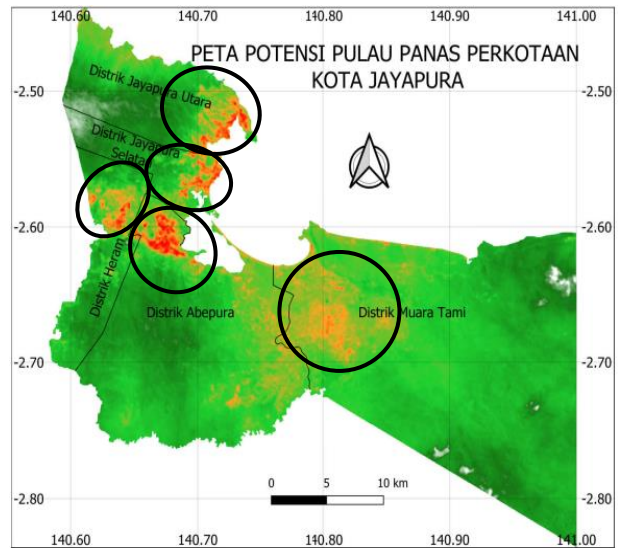
ditengarai telah mengalami perubahan, misalnya suhu udara yang dirasakan semakin panas dan intensitas curah hujan yang semakin tinggi yang ditandai dengan seringnya terjadi bencana hidrometeorologi. Kondisi demikian dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya ditengarai terkait dengan perubahan tutupan lahan dan meningkatnya suhu permukaan.

Iklim perkotaan merupakan hasil interaksi berbagai faktor alami dan antropogenik. Polusi udara, material permukaan perkotaan, emisi panas antropogenik, merupakan satu kesatuan faktor alam yang menyebabkan perbedaan iklim antara kota dan area non perkotaan. Iklim suatu kota dikendalikan oleh banyak faktor alam, baik pada skala makro maupun pada skala meso. Pada kota yang tumbuh dan berkembang, faktor-faktor baru dapat mengubah iklim lokal kota. Jenis penutupan lahan, jumlah penduduk, aktivitas industri dan transportasi, serta ukuran dan struktur kota merupakan faktor-faktor yang terus berkembang dan mempengaruhi iklim perkotaan. Kombinasi antara beberapa faktor menjadi pemicu terbentuknya pulau panas perkotaan

Hasil analisis suhu permukaan lahan di wilayah Kota Jayapura pada tahun 2022 menunjukkan bahwa ada lima titik wilayah yang berpotensi menjadi sumber pulau panas perkotaan seperti yang terlihat pada gambar 7. Berdasarkan gambar 7 dapat diketahui bahwa wilayah yang berpotensi menjadi sumber terbentuknya pulau panas perkotaan tersebar pada lima Distrik yaitu Distrik Jayapura utara bagian timur, Distrik Jayapura selatan bagian timur, Distrik Abepura bagian utara, Distrik Heram bagian utara, distrik Muara Tami bagian barat.

Secara spasial, kelima wilayah tersebut saling berdekatan atau terhubung satu dengan yang lain. Suhu permukaan lahan terbangun pada kelima distrik di wilayah Kota Jayapura rata-rata  $\geq 27\text{ }^{\circ}\text{C}$  sedangkan suhu permukaan di sekitarnya mengalami penurunan secara bertahap dengan rata-rata selisih  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Hasil penelitian ini sejalan penelitian Aditya, dkk (2012).

Mengingat Kota Jayapura memiliki luas wilayah yang sempit yang tidak seimbang dengan pertambahan jumlah penduduk, maka lahan terbangun dan penggunaan lahan diperkirakan akan semakin meningkat setiap tahun. Kondisi demikian akan berdampak pada meningkatnya suhu permukaan lahan dan suhu udara di Kota Jayapura sehingga berpotensi besar membentuk pulau panas perkotaan. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Nurwanda et al (2018) yang menyatakan bahwa suhu permukaan lahan berkorelasi positif dengan pembangunan untuk perluasan kota. Akibat perluasan kota, suhu dapat meningkat hingga  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Liaqut et al., 2019). Senada dengan itu, Grover & Singh (2015) memaparkan bahwa validasi suhu panas di daerah urban bisa dilakukan dengan menggunakan pola nilai indeks kehijauan vegetasi. Oleh karena itu diperlukan kebijakan dalam penataan ruang terbangun dan menyediakan hutan kota atau lahan terbuka hijau.

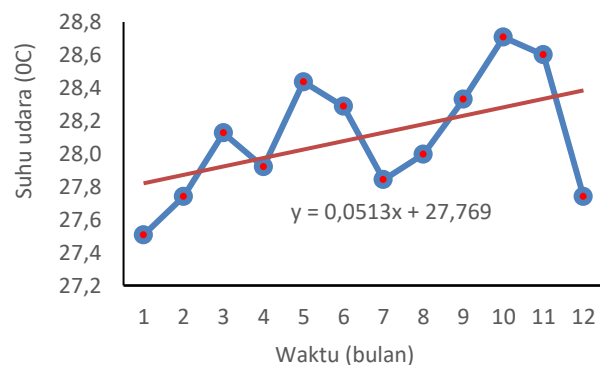


Gambar 7. Peta potensi pulau panas perkotaan

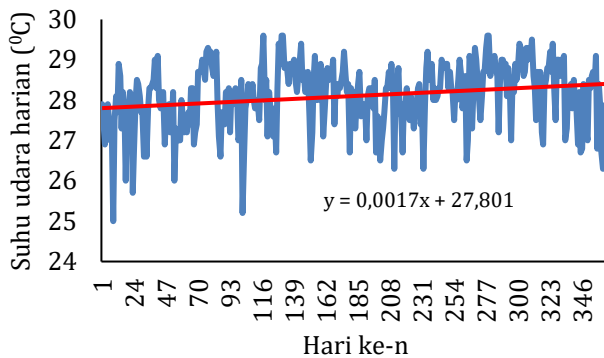
### 3.3 Tren suhu udara Kota Jayapura

Suhu permukaan lahan pada suatu wilayah akan memberikan pengaruh terhadap suhu udara yang ada di atasnya. Semakin tinggi suhu permukaan lahan maka suhu udara juga akan mengalami peningkatan demikian sebaliknya. Keterkaitan antara suhu permukaan lahan dengan suhu udara dapat dianalisis menggunakan suhu diurnal namun karena keterbatasan data suhu minimum dan suhu maksimum maka pada penelitian ini analisis dilakukan menggunakan data suhu udara rata-rata harian dan bulanan selama tahun 2022.

Hasil analisis suhu udara yang telah dilakukan menunjukkan bahwa suhu udara di wilayah Kota Jayapura dalam kurun waktu 12 bulan cenderung mengalami peningkatan, baik suhu udara rata-rata harian maupun suhu rata-rata bulanan seperti pada gambar 8 dan 9. Gambar 8 menunjukkan bahwa suhu udara rata-rata bulanan di wilayah Kota Jayapura sejak bulan Januari hingga bulan Desember 2022 cenderung mengalami peningkatan yang ditunjukkan oleh garis trend dengan persamaan  $y = 0,0513x + 27,769$ . Suhu udara bulanan minimum sebesar  $27,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  sedangkan suhu udara maksimum sebesar  $29,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan suhu udara rata-rata bulanan sebesar  $28,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 8. Tren suhu udara rata-rata bulanan



Gambar 9. Tren Suhu udara rata-rata harian

Demikian halnya dengan suhu udara rata-rata harian juga mengalami tren yang meningkat mengikuti persamaan  $y = 0,0017x + 27,801$  seperti yang disajikan pada gambar 9. Suhu udara harian minimum sebesar 25 °C sedangkan suhu udara harian maksimum sebesar 29,6 °C dengan suhu udara harian rata-rata sebesar 28,1 °C. Tren peningkatan suhu udara di Kota Jayapura diduga berkaitan dengan perubahan tutupan lahan dari lahan bervegetasi menjadi lahan terbangun. Lahan yang tidak bervegetasi atau memiliki tingkat kehijauan rendah akan menyebabkan suhu permukaan lahan meningkat. Ketika terjadi peningkatan suhu permukaan lahan, maka secara umum suhu udara yang ada di wilayah Kota Jayapura juga akan mengalami peningkatan. Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Zahrotunisa, dkk (2019) yang menyimpulkan bahwa suhu permukaan lahan berkorelasi positif dengan peningkatan suhu udara.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa suhu permukaan lahan di wilayah Kota Jayapura semakin meningkat dalam kurun waktu delapan tahun seiring dengan bertambahnya lahan terbangun dan penggunaan lahan. Peningkatan suhu permukaan lahan terbangun dan penggunaan lahan terdistribusi secara spasial pada lima Distrik dengan suhu permukaan rata-rata  $\geq 27^{\circ}$  C. Sesuai dengan peningkatan suhu permukaan lahan tersebut, maka ada lima titik wilayah yang berpeluang besar menjadi sumber pulau panas perkotaan di Kota Jayapura yaitu Distrik Jayapura utara bagian timur, Distrik Jayapura selatan bagian timur, Distrik Abepura bagian utara, Distrik Heram bagian utara, distrik Muara Tami bagian barat. Secara spasial, kelima wilayah tersebut saling berdekatan atau terhubung satu dengan yang lain.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pimpinan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Cenderawasih yang telah memberikan bantuan penelitian melalui dana PNPB DIPA Fakultas.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, H., Lestari, S., Lestiana, H. 2012. Studi Pulau Panas Perkotaan dan Kaitannya dengan Perubahan Parameter Iklim Suhu dan Curah Hujan Menggunakan Citra Satelit Landsat TM Studi Kasus DKI Jakarta dan Sekitarnya. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*. 13(1) 19-24. ISSN 2549-1121.
- Al Mukmin. S.A, Wijaya A.P, Sukmono A 2016. Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Distribusi Suhu Permukaan dan Keterkaitannya dengan Fenomena Urban Heat Island. *Jurnal Geodesi Undip*. 5(1) 224-233. ISSN 2809-9672.
- Andani, N.D., Sasmito, B., Hani'ah. 2018. Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Fenomena Urban Heat Island dan Keterkaitannya Dengan Tingkat Kenyamanan Termal (Temperature Humidity Index) Di Kota Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*. 7 (3) 53-65. ISSN 2337-845X.
- Dede, M., Pramulatsih, G.P., Widiawaty, M.A., Yanuar Rizky Ramadhan, Y.R., Ati. A. 2019. Dinamika Suhu Permukaan dan Kerapatan Vegetasi di Kota Cirebon. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*. Vol. 6 (1):23-30. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3406210>
- Dorigon, L. P., & Amorim, M. C. de C. T. 2019. Spatial modeling of an urban Brazilian heat island in a tropical continental climate. *Urban Climate*, 28, 100461. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100461>
- Fawzi, N.I., Iswari, M.Y. 2019. Hubungan Kategori Tutupan Lahan dan Suhu Permukaan Menggunakan Landsat 8. *Jurnal Spasial*. 1(6) 27-35. ISSN 2541-4380.
- Grover, A., dan Singh, R. B. 2015. Analysis of urban heat island (UHI) in relation to normalized difference vegetation index (NDVI): A comparative study of Delhi and Mumbai. *Environments*. Vol. 2 (2):125-138. <http://dx.doi.org/10.3390/environments2020125>
- Kong, F., Yin, H., James, P., Hutrya, L., & He, H. S. 2014. Effects of Spatial pattern of greenspace on urban cooling in large metropolitan area of eastern China. *Landscape and Urban Planning*, 35 - 47. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.04.018>
- Levermore, G., Parkinson, J., Lee, K., Laycock, P., & Lindley, S. 2016. The increasing trend of the urban heat island intensity. *Urban Climate*. pp. 360–368. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.02.004>
- Liaquat, A., Younes, I., Sadaf, R., & Zafar, H. 2019. Impact of Urbanization Growth on Land Surface Temperature using remote sensing and GIS: A Case Study of Gujranwala City, Punjab, Pakistan. *International Journal of Economic and Environmental Geology*, 3(9), 44–49. Retrieved from <http://www.econ-environ-geol.org/index.php/ojs/article/view/138>
- Nurwanda, A., & Honjo, T. 2018. Analysis of Land Use Change and Expansion of Surface Urban Heat Island in Bogor City by Remote Sensing. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. Vol.7 (5).
- Prasasti, I., Parwati, Sari, N.M., Febrianti, N. 2015. Analisis Perubahan Sebaran Pulau Panas Perkotaan (Urban Heat Island) di Wilayah DKI Jakarta dan Hubungannya dengan Perubahan Lahan, Kondisi Vegetasi dan Perkembangan Kawasan Terbangun Menggunakan Data Penginderaan Jauh. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan 2015*

- Pravitasari, A. E., Rustiadi, E., Mulya, S. P., Setiawan, Y., Fuadina, L. N., & Murtadho, A. 2018. Identifying the Driving Forces of Urban Expansion and its Environmental Impact in JakartaBandung Mega Urban Region. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 149: 1-10
- Putra, C.D.W., Nucifera, F., Astuti, S.T. 2022. Distribusi Spasial dan Temporal Urban Heat Island dan Penggunaan Lahan di Wilayah Perkotaan Yogyakarta Tahun 1999-2019. Jurnal Geografi, Edukasi dan Lingkungan (JGEL) Vol. 6 (1):1-16. <https://dx.doi.org/10.22236/jgel.v6i1.7785>
- Sasky, P., Sobirin, & Wibowo, A. 2017. Pengaruh Perubahan Penggunaan Tanah Terhadap Suhu Permukaan Daratan Metropolitan Bandung Raya Tahun 2000 – 2016. In Industrial Research Workshop and National Seminar. Vol. 8. Bandung
- Shirani-bidabadi, N., Nasrabadi, T., Faryadi, S., Larijani, A., & Shadman Roodposhti, M. 2019. Evaluating the spatial distribution and the intensity of urban heat island using remote sensing, case study of Isfahan city in Iran. Sustainable Cities and Society, 45, 686–692. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.12.005>
- Sugini. 2014. Kenyamanan Thermal Ruang Konsep dan Penerapan pada Desain. Graha Ilmu. Yogyakarta
- Sutriani, W., Febriandi. 2020. Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Peningkatan Suhu Permukaan Lahan di Kota Jambi. Jurnal Buana. 4(5) 1087-1095. ISSN 2615-2630
- Syahputra, A., Jatmiko, R.H., Hizbaron, D.R., Fariz, T.R. 2021. Perbandingan Indeks Lahan Terbangun NDBI dan Land Surface Temperature Dalam Memetakan Kepadatan Bangunan di Kota Medan. Journal of Science, Technology, and Virtual Science. 1(1) 16-22. ISSN: 2798-8767
- Tulak, N., Bungkang, Y., Huda, H. 2022. Analisis Spektral Data Curah Hujan dan Kejadian Curah Hujan Ekstrim di Wilayah Kota Jayapura. Jurnal Meteorologi dan Geofisika. Vol. 23 (1): 44-51. <http://dx.doi.org/10.31172/jmg.v23i1.653>
- Tursilowati, Laras, Josaphat Tetuko Sri Sumantyo, Hiroaki Kuze, and Erna Sri Adiningsih. 2012. Relationship between Urban Heat Island Phenomenon and Land Use/Land Cover Change in Jakarta-Indonesia. Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences, 3(4), 645-653
- Wibisono, P., Miladan, N., Utomo, R.P. 2023. Hubungan Perubahan Kerapatan Vegetasi dan Bangunan terhadap Suhu Permukaan Lahan: Studi Kasus di Aglomerasi Perkotaan Surakarta. Desa-Kota, Jurnal Perencanaan Wilayah, Kota dan perumahan. Vo. 5 (1): 148-162. <https://doi.org/10.20961/desa-kota.v5i1.63639.148-162>
- Zahrotunisa, S., Jatmiko, R.H., Widyatmanti, W. 2020. Analisis Pengaruh Suhu Permukaan Lahan Terhadap Iklim Mikro di Surakarta Menggunakan Citra Penginderaan jauh Multitemporal. Majalah Ilmiah Globè. 22 (1) 31-40. ISSN. 1411-0512.