

Distribusi Suhu Permukaan Melalui Kerapatan Vegetasi Dan Pertumbuhan Bangunan Di Kota Makassar

*Surface Temperature Distribution Through Vegetation Density and Building
growth in Makassar City*

Andrew Stefano¹, Sri Endayani^{2*}

¹Program Studi Teknologi Geomatika, Jurusan Teknik dan Informatika, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Indonesia.

² Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda, Indonesia.

*Corresponding Author: nd4.70des@gmail.com

Abstrak

Fenomena suhu tinggi ialah salah satu peristiwa dimana suhu yang ada di wilayah kota lebih panas di bandingkan wilayah sekitarnya. Indonesia terletak di iklim tropis menjadikan beberapa kota berpotensi terjadinya kenaikan suhu pada musim kemarau. Kota Makassar merupakan salah satu kota dengan tingkat urbanisasi yang tinggi dengan antusias warga untuk mencari pekerjaan di kota membuat lahan di sekitar kota dijadikan lahan terbangun, kondisi seperti ini menjadikan keberadaan ruang terbuka hijau tidak merata. Tujuan dari penelitian ini memberikan distribusi terjadinya fenomena suhu tinggi melalui pendekatan spasial dengan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografi. Penelitian ini menggunakan citra Landsat untuk tahun 2022 dengan metode *Land Surface Temperature (LST)*, *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* dan *Normalized Difference Built-up Index (NDBI)*. Hasil dari penelitian menjelaskan Banyaknya bangunan yang ada membuat terjadinya kenaikan suhu di perkotaan dengan suhu awal 29,93°C menjadi 39,51°C. Kenaikan suhu terjadi sepanjang tahun dengan puncak terpanas suhu mencapai 37°C pada 15 April 2022. Kondisi kerapatan vegetasi terjadi penurunan sebesar 0,05 mulai dari 0,66 di tahun 2012 menjadi 0,61 di tahun 2022, hal ini sejalan dengan peningkatan luas bangunan menjadi 15.368 Ha di tahun 2022. Kondisi ini menjadikan Kota Makassar sebagai salah satu kota terpanas yang ada di Indonesia dengan kebutuhan lahan terbangun semakin tinggi serta tingginya mobilitas berpotensi mempercepat perubahan kenaikan suhu sehingga diperlukan ketersediaan ruang terbuka hijau di wilayah padat bangunan dengan membuat ruang terbuka publik dan ruang terbuka privat.

Kata kunci: Kota Makassar, suhu tinggi, urbanisasi

Abstract

The high temperature phenomenon is an event where the temperature in the city area is hotter than the surrounding area. Indonesia is located in a tropical climate, so several cities have the potential for temperatures to rise during the dry season. The city of Makassar is one of the cities with a high level of urbanization. With residents' enthusiasm for looking for work in the city, the land around the city has been converted into built-up land. Conditions like this make the existence of green open space uneven. This research aims to determine the distribution of high-temperature phenomena through a spatial approach using remote sensing technology and geographic information systems. This research uses Landsat imagery for 2022 with the Land Surface Temperature (LST), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), and Normalized Difference Built-up Index (NDBI) methods. The results of the research explain that the large number of existing buildings has caused an increase in urban temperatures, from an initial temperature of 29.93 °C to 39.51 °C. The increase in temperature occurs throughout the year, with the hottest peak temperature reaching 37 °C on April 15, 2022. The condition of vegetation density decreased by 0.05, starting from 0.66 in 2012 to 0.61 in 2022; this is in line with the increase in building area to 15,368 ha in 2022. This condition makes Makassar City one of the hottest cities in Indonesia. With an increasingly high need for built-up land and high mobility, it has the potential to accelerate temperature changes, so it is necessary to provide green open space in densely built areas by creating public open spaces. open private.

Keywords: High Temperature, Makassar City, Urbanization

I. PENDAHULUAN

Pesatnya pembangunan menimbulkan terjadinya dampak negatif yaitu penurunan kualitas lingkungan dan meningkatnya suhu

udara dengan berbagai aktivitas perkotaan mulai dari konversi lahan, padat penduduk yang tidak terkendali menjadi pemicu terjadinya peningkatan temperatur suhu udara di wilayah kota dan sekitarnya (Alden *et al.*, 2019; Bauch *et al.*, 2021;

Bede-Fazekas & Somodi, 2023). Kondisi ini dinamakan *Urban Heat Island* (Buyadi *et al.*, 2013; Chanda *et al.*, 2023; Das *et al.*, 2021). Idealnya, dilihat dengan membandingkan suhu daerah perkotaan dengan wilayah sebelum menjadi kota (Dong, 2023; Ellsäßer *et al.*, 2020; Esmaeilpour *et al.*, 2022). Secara fisik, perkembangan suatu kota dapat terlihat dari penduduknya yang makin bertambah, keberadaan bangunan yang semakin rapat, dan meningkatnya populasi penduduk terutama pemukiman yang cenderung semakin luas, serta semakin lengkapnya fasilitas kota yang mendukung kegiatan sosial dan ekonomi perkotaan (Farooq *et al.*, 2023; Gedik *et al.*, 2023; Gonzales *et al.*, 2020). Kepadatan kota yang lebih tinggi dapat menghasilkan efisiensi keuntungan, tetapi ada interaksi antara yang meningkat risiko efek terjadinya suhu panas perkotaan dan kepadatan yang lebih tinggi, yang perlu dipahami ialah ketika kota ditutupi permukaan dan bahan penyerap panas membuat daerah perkotaan lebih hangat dari pada daerah pedalaman (Guo & Jiang, 2020; Hamed Fahmy *et al.*, 2023; Haynes *et al.*, 2018). Selain pengaruh dari aktivitas manusia juga menghasilkan panas yang akan memberi efek pada peningkatan suhu, yaitu panas antropogenik (He *et al.*, 2020; Huang *et al.*, 2023; Jeong *et al.*, 2023). Panas dari aktivitas manusia lebih banyak terjadi di perkotaan karena umumnya memiliki pemukiman, sarana transportasi, dan kawasan industri yang lebih padat daripada di daerah pedesaan (Jiménez *et al.*, 2020; Karimi *et al.*, 2023; Khoshnoodmotlagh *et al.*, 2021).

Perubahan tatanan perkotaan yang terjadi di suatu daerah merupakan dasar dari pertimbangan dalam suatu perencanaan pembangunan perkotaan (Kim, 2020; Koopmans *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2020). Pesatnya perkembangan dan pemekaran telah merubah lansekap kota dengan ruang terbuka hijau di jadikan sarana dan pra- sarana publik yang berdampak pada perubahan penutupan dan penggunaan lahan (Mahmoudi *et al.*, 2023; Marques da Silva *et al.*, 2015; Menberu *et al.*, 2021). Perubahan penutupan lahan dapat merubah reflektansi radiasi surya permukaan bumi dan menyebabkan pendinginan ataupun pemanasan local (Nasrin *et al.*, 2023; Ngamsiriudom & Tanaka, 2023; Pongsetkul & Benjakul, 2021). Hal ini akan berpengaruh terhadap kondisi kualitas udara, kesehatan, manusia dan juga akan berpengaruh terhadap penggunaan energi yang ada di kota tersebut (Rogan *et al.*, 2013; Sahoo & Panigrahi, 2022; Sattari *et al.*, 2018). Pemerintah Indonesia telah mengambil langkah cepat dalam menanggapi fenomena urban heat island dengan menerbitkan UU No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang

dan Permen PU No.05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan dengan area Ruang Terbuka Hijau (RTH) memanjang dan mengelompok yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam. Selain itu Untuk meningkatkan lingkungan termal di sekitar gedung dan mengurangi UHI, disarankan untuk menggunakan bahan absorptivitas lebih rendah, reflektivitas lebih tinggi, dan konduktivitas termal yang lebih besar (Schatz *et al.*, 2021; Seif & Beck, 2021; Suher-Carthy *et al.*, 2023).

Kajian mengenai fenomena suhu tinggi penting dilakukan, mengingat terus meningkatnya suhu udara di daerah perkotaan serta dapat menciptakan lingkungan yang tidak nyaman bagi masyarakat, disisi lain mitigasi mengenai dampak fenomena tersebut menjadi salah satu isu utama dalam pembangunan kawasan perkotaan berkelanjutan. Kenaikan suhu di Kota Makassar disebabkan berbagai fenomena, yaitu efek pemanasan global, *urban heat island* (UHI), perubahan tata guna penyusutan lahan ruang terbuka hijau, perubahan pola angin, pola cuaca ekstrim dan polusi udara. Tujuan penelitian ini adalah memberikan arahan distribusi UHI melalui teknik pengindraan jauh pada Kota Makassar.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Kota Makassar terletak di 119°24'17'38" Bujur Timur dan 5°8'6'19" Lintang Selatan. Data yang digunakan adalah citra Landsat 8 path 127 dan row 60 perekaman 26 agustus tahun 2022. Data diperoleh tidak berbayar dengan mengunduh melalui situs USGS (*United States Geological Survey*) yaitu www.earthexplorer.usgs.gov. Syarat pemilihan citra menggunakan bulan yang mendekati sama tiap tahunnya dengan tujuan untuk meminimalkan perbedaan musim pada saat perekaman citra serta survei lapangan (Touati *et al.*, 2020; Vilà *et al.*, 2023; M. Zhang *et al.*, 2023). Kemudian metode yang digunakan dalam penelitian yaitu *Land Surface Temperature* digunakan untuk mengetahui suhu permukaan Kota Makassar dengan memanfaatkan kanal band inframerah thermal, kemudian *Normalized Difference Vegetation Index* digunakan untuk memperoleh informasi mengenai kerapatan vegetasi melalui kanal band infra merah dekat dan kanal band merah, sedangkan *Normalized Difference Built up Index* digunakan dalam mengetahui perkembangan lahan terbangun melalui kanal band inframerah pendek dan inframerah dekat. Setelah kondisi suhu permukaan, kerapatan

vegetasi, dan bangunan diketahui lalu menghitung luas bangunan menggunakan *field calculator*. Selanjutnya tingkat kerapatan vegetasi, bangunan, suhu permukaan dilakukan proses *overlay* untuk mendapatkan keberadaan fenomena suhu tinggi, setelah itu melakukan survei dengan pengambilan sampel lokasi fenomena suhu tinggi serta pengamatan terhadap genangan air dan kondisi vegetasi sekitar secara visual (Vilà *et al.*, 2023; M. Zhang *et al.*, 2023; Y. Zhang *et al.*, 2023).

Suhu Permukaan

Prinsip dasar yang dikembangkan dalam deteksi suhu udara mengacu kepada prinsip fisika cahaya pada *black body temperature* (Seif & Beck, 2021; Suher-Carthy *et al.*, 2023; Touati *et al.*, 2020). Pada dasarnya setiap panjang gelombang akan sensitif terhadap response suhu permukaan yang mempengaruhi nilai pantul objek. Dalam ekstraksi citra Landsat 5 & 7 umumnya menggunakan kanal band 6 (inframerah termal) untuk mendeteksi suhu permukaan darat. Dimana suhu permukaan diperoleh dengan cara mengonversi nilai digital kanal 6 (inframerah termal) ke dalam spektral radian menggunakan formula (Sahoo & Panigrahi, 2022; Sattari *et al.*, 2018; Schatz *et al.*, 2021):

$$L_y = L_{min} + \left\{ \left(\frac{L_{max} - L_{min}}{255} \right) / DN \right\} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- L_y = spektral radian ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-2}$)
- L_{min} = spektral radian maksimal untuk kanal 6 ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-2}$).
- L_{min} kanal 6 Low = 0 $Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-2}$ L_{min} kanal 6 High = 3.200 $Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-2}$
- L_{max} = spektral radian maksimum untuk kanal 6 ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-2}$)
- L_{max} kanal 6 Low = 17.04 $Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-2}$
- L_{max} kanal 6 High = 12.650 $Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-2}$
- (Ket: L_{min} dan L_{max} diperoleh dari file MTLLS-5_TM)
- DN = nilai digital (0 – 255)

Asumsi emisivitas permukaan adalah satu, maka formula yang digunakan untuk menghitung suhu permukaan adalah (Ngamsiriudom & Tanaka, 2023; Pongsetkul & Benjakul, 2021; Rogan *et al.*, 2013):

$$T = \frac{K_2}{\ln \left(\frac{K_1}{CVR_2} + 1 \right)} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- T_s = suhu permukaan (Kelvin)
- K_1 = konstanta kalibrasi 1 = 666.09 ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-2}$)
- K_2 = konstanta kalibrasi 2 = 1282.71 9 (Kelvin)
- L_y = spektral radian ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-2}$)
Untuk mengonversi nilai suhu permukaan ke dalam °C, nilai yang diperoleh dikurangi 273

Sedangkan untuk Landsat 8 inframerah thermal terdapat pada band 10 dan band 11, namun band 10 memiliki panjang gelombang 10,60–11,19 μm sedangkan band 11 memiliki panjang gelombang 11,50–12,51 μm . Umumnya band 10 biasa digunakan untuk mengekstrak pengolahan suhu permukaan darat dengan resolusi spasial 30 meter. DN to Spektral Radian (Marques da Silva *et al.*, 2015; Menberu *et al.*, 2021; Nasrin *et al.*, 2023).

$$L\lambda = ML \times Q_{cal} + AL \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- ML = faktor skala
- AL = faktor penambah
- Q_{cal} = Digital Number (DN)

Kemudian setelah digital number tadi dikalkulasikan menjadi radian, selanjutnya nilai spektral radian di konversi ke suhu kecerahan yang suhu efektif dilihat oleh satelit dengan asumsi emisivitas persatuan (Koopmans *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2020; Mahmoudi *et al.*, 2023).

$$T = \frac{K_2}{\ln \left(\frac{K_1}{CVR_2} + 1 \right)} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- T = Suhu (Kelvin)
- CVR = Nilai Radian Pada Band Thermal
- K_1 & K_2 = Ketetapan

Selanjutnya setelah menghitung nilai suhu pada satuan Kelvin, kami melakukan proses konversi dari Kelvin menjadi Celcius (Karimi *et al.*, 2023; Khoshnoodmotlagh *et al.*, 2021; Kim, 2020).

$$C = K - 272.15 \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

- C = Celcius
- K = Kelvin

Kerapatan Vegetasi

Menganalisis tingkat kehijauan vegetasi menggunakan suatu nilai yang memiliki interval tertentu dimana nilai tersebut mempresentasikan tingkatan kerapatan tumbuhan yang dipengaruhi oleh kondisi klorofil terkandung di dalam tumbuhan tersebut (Huang *et al.*, 2023; Jeong *et al.*, 2023; Jiménez *et al.*, 2020). Sedangkan fenomena penyerapan cahaya merah oleh klorofil dan pemantulan cahaya inframerah dekat (NIR) oleh jaringan mesofil yang terdapat pada daun akan membuat nilai kecerahan yang diterima sensor satelit pada kedua band tersebut akan berbeda (Hamed Fahmy *et al.*, 2023; Haynes *et al.*, 2018; He *et al.*, 2020). Hasil yang diperoleh dari indeks kerapatan vegetasi berada pada -1 hingga 1, saat nilai mendekati -1 menjelaskan tingkat kerapatan vegetasi berupa kawasan tidak bervegetasi kemudian jika nilai kati -1 menjelaskan tingkat kerapatan vegetasi berupa

kawasan tidak bervegetasi kemudian jika nilai indeks kerapatan vegetasi mendekati 1 menandakan kondisi tersebut memiliki tingkat kerapatan yang sangat rapat. Formula yang digunakan untuk menghitung kerapatan vegetasi adalah (Gedik *et al.*, 2023; Gonzales *et al.*, 2020; Guo & Jiang, 2020):

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:
NDVI = Indeks Vegetasi
NIR = Band Near Infrared
R = Band Red

Tabel 1. Tingkat Kerapatan Vegetasi (Alden *et al.*, 2019)

No	Nilai NDVI	Tingkat Kerapatan
1	-1 s/d -0,25	Tidak Bervegetasi
2	-0,32 s/d 0,32	Jarang
3	0,25 s/d 0,42	Cukup Rapat
4	0,42 s/d 0,50	Rapat
5	0,50 s/d 1	Sangat Rapat

Kerapatan Bangunan

Indeks bangunan ini dikembangkan untuk menonjolkan kenampakkan lahan terbangun dibandingkan dengan objek lainnya sehingga mempermudah pemetaan daerah urban (Ellsäßer *et al.*, 2020; Esmaeilpour *et al.*, 2022; Farooq *et al.*, 2023). Biasanya dalam melihat perkembangan lahan terbangun menggunakan multi waktu perekaman citra, sehingga dapat diindikasikan perubahan dan penggunaan lahan di perkotaan (Chanda *et al.*, 2023; Das *et al.*, 2021; Dong, 2023). Nilai yang diperoleh dari indeks kerapatan bangunan berada pada -1 hingga 1, saat nilai mendekati -1 menjelaskan keterangan

dalam pixel tersebut tidak terdapat bangunan jika nilai indeks kerapatan bangunan mendekati 1 menandakan kondisi kenampakkan tersebut berupa bangunan yang sangat rapat. Formula yang digunakan yaitu (Bauch *et al.*, 2021; Bede-Fazekas & Somodi, 2023; Buyadi *et al.*, 2013):

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:
NDBI = Indeks Bangunan
SWIR = Band Short Wave Infrared
NIR = Band Near Infrared

Tabel 2. Tingkat Kerapatan Bangunan (Alden *et al.*, 2019).

No	Nilai NDBI	Tingkat Kerapatan
	<0	Tidak Ada Bangunan
	0 s/d 0,1	Jarang
	0,1 s/d 0,2	Cukup Rapat
	0,2 s/d 0,3	Rapat
	>0,3	Sangat Rapat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kota Makassar mengalami peningkatan suhu yang amat cepat, kondisi persebaran suhu umumnya berlokasi di area padat bangunan dengan tidak ditemukannya vegetasi di sekitar bangunan-bangunan yang ada. Peningkatan suhu yang terjadi memberikan efek terhadap

sekitarnya terutama saat ditemukan adanya genangan air maka air tersebut akan lebih cepat terjadi penguapan dan kering, jika ditemukan sedikit vegetasi mengakibatkan kondisi vegetasi tersebut menjadi layu dan berpotensi kering hingga mati.

Tabel 3. Data Suhu Permukaan, Kerapatan Vegetasi, dan Bangunan

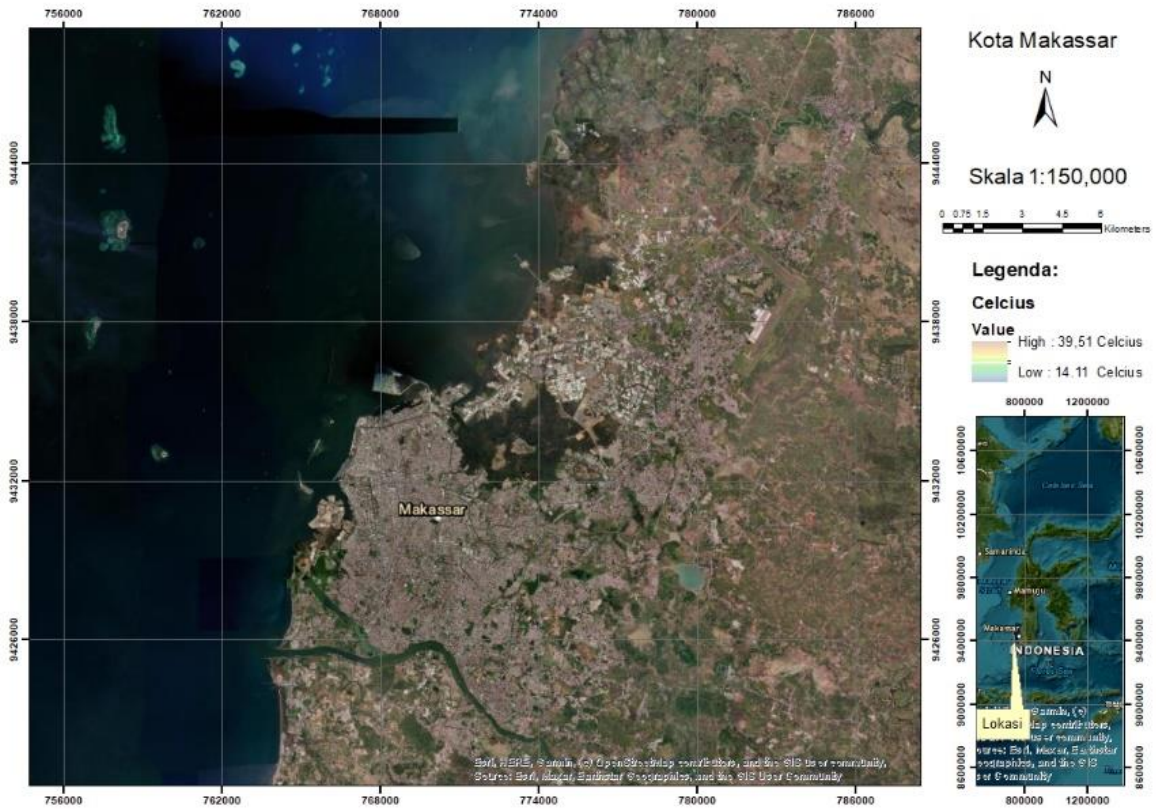
Tahun	Suhu Permukaan	Kerapatan Vegetasi	Bangunan (Ha)
2012	21,64 s/d 29,93 °C	-0,15 s/d 0,66	10.454
2017	20,85 s/d 28,27 °C	-0,18 s/d 0,65	14.551
2022	24,95 s/d 39,51°C	-0,16 s/d 0,61	15.368

Menjelaskan hasil yang ditemukan dari citra satelit keberadaan suhu permukaan kota Makassar mengalami kenaikan mencapai 39,51°C tahun 2022. Hal ini sesuai dengan keterangan nilai kerapatan vegetasi dalam kurun waktu 10 tahun terjadi penurunan kerapatan sebesar 0,05 tahun

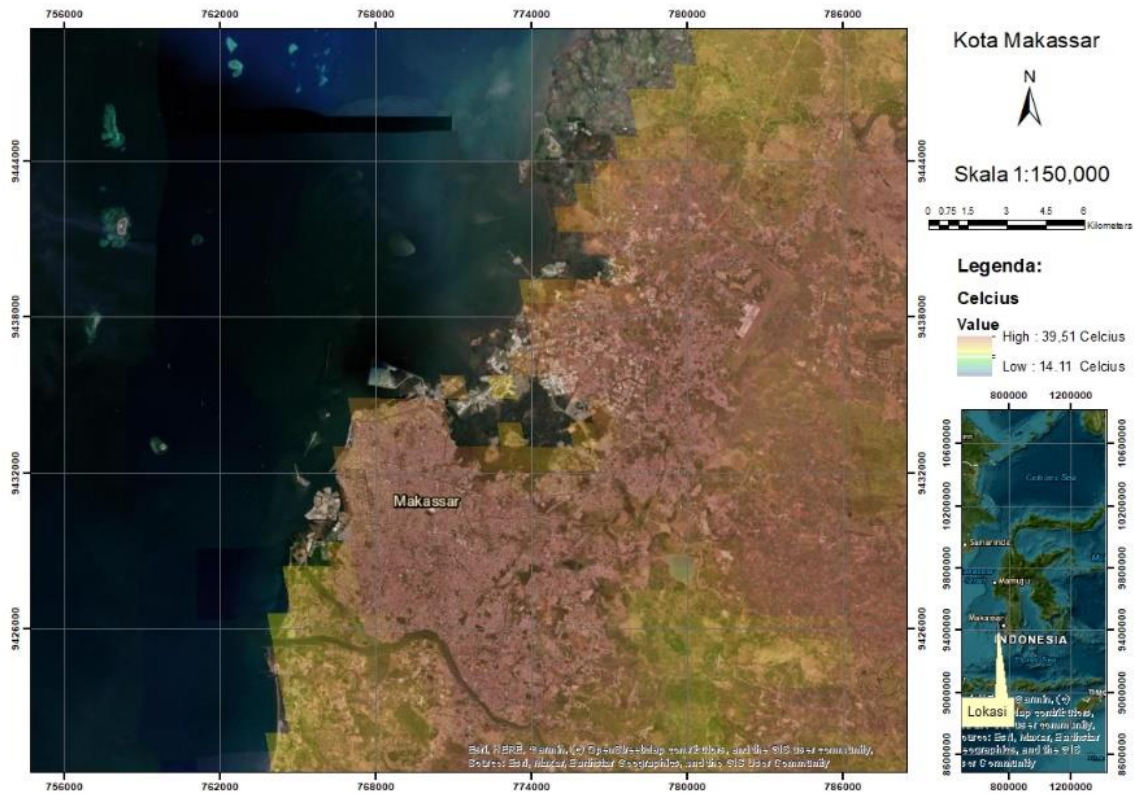
2022. Sedangkan keberadaan bangunan yang tiap tahun semakin meningkat mengakibatkan tinggi tekanan konversi lahan vegetasi menjadi lahan terbangun untuk memenuhi kebutuhan manusia, pertumbuhan luasan bangunan dalam periode 10 tahun mencapai 4.914 Ha membentuk

bangunan perkotaan yang lebih padat. Keterkaitan dari suhu permukaan, kerapatan vegetasi, dan bangunan memberikan dampak terhadap unsur-unsur iklim maupun cuaca yang ada di Kota Makassar, dampak yang paling dirasakan manusia dengan perubahan radiasi dan energi adalah berubahnya temperatur suhu udara.

Sedangkan proses konversi lahan dengan perubahan pemanfaatan lahan vegetasi menjadi peruntukan lahan terbangun menyebabkan suhu lebih panas dibandingkan lahan bervegetasi dan sering sekali dicurigai titik *hotspot* saat di musim kemarau datang.



Gambar 1. Citra Kota Makassar tahun 2022



Gambar 2. Peta Zona Suhu Tinggi Kota Makassar 2022



Gambar 3. (a). Kecamatan Ujung Pandang (b). Kecamatan Wajo (c). Kecamatan Tallo

Peta zona keberadaan area suhu tinggi di- buat dengan cara overlay hasil olahan *Land Surface Temperature*, *Normalized Different Vegetaion Index*, dan *Normalized Difference Built-up Index*. Kemudian jika keterangan indeks vegetasi tidak bervegetasi, suhu panas, dan kerapatan bangunan sangat padat menghasilkan informasi keberadaan persebaran zona dengan suhu tertinggi pada tahun 2022. Hasil yang termuat dalam peta menampilkan zona-zona suhu tinggi yang berada paling banyak pada kawasan pusat pemerintahan dan pembelanjaan dimana kerapatan pada zona ini didominasi oleh kerapatan bangunan padat hingga sangat padat, kondisi ini juga berada pada zona yang tersebar diluar dari kawasan pusat tersebut seperti di Kecamatan Tallo, pada wilayah ini lahan terbangun mendominasi kerapatan cukup padat hingga padat sehingga minim ketersediaan vegetasi membuat suhu menjadi tinggi pada suatu

wilayah memberikan penyinaran matahari terasa lebih panas dari pada wilayah yang lain. Temuan dari analisis ini sesuai dengan pendapat. Keadaan geometri perkotaan ini lebih kompleks jika dibandingkan daerah sekitarnya dengan gedung-gedung tinggi di daerah perkotaan menghalangi radiasi panas atmosfer kemudian panas yang tertahan dipancarkan kembali diantara bangunan menjadi simpanan panas dan berpotensi meningkatnya suhu di daerah perkotaan (Bauch *et al.*, 2021; Bede-Fazekas & Somodi, 2023; Buyadi *et al.*, 2013).

Gambar 3 menjelaskan wilayah terjadi suhu tinggi pada perwakilan kecamatan yang ada dengan keberadaan jalan kurang banyak vegetasi tanaman yang menyebar merata, memungkinkan kondisi ini mempercepat sinar matahari sampai ke permukaan bumi. Kondisi struktur bangunan dan jalan terbuat dari beton, semen, aspal dan besi yang kedap akan sinar

matahari menjadikan sekitar wilayah terpusat menghasilkan suhu-suhu tinggi saat di siang hari dan saat musim kemarau datang dengan suhu rata-rata bulanan 27.9^o C. Hal ini sejalan dengan pernyataan suhu harian vegetasi variasinya lebih kecil dari pada bangunan beton, karena pada siang hari vegetasi menyerap sinar matahari dalam jumlah besar (Chanda *et al.*, 2023; Das *et al.*, 2021; Dong, 2023).

IV. KESIMPULAN

Kota Makassar memiliki peluang terjadinya zona-zona potensial suhu tinggi di beberapa tahun yang akan datang, dengan kebutuhan lahan terbangun semakin tinggi serta tingginya mobilitas di perkotaan berpotensi mempercepat perubahan kenaikan suhu tersebut. Peningkatan suhu ini mencapai 39,51 °C dengan ketersediaan vegetasi yang semakin berkurang dilihat dari nilai maksimum kerapatan vegetasi, jika dari hasil kerapatan 10 tahun bangunan tahun 2022 menemukan pertumbuhan luas bangunan awal 10.454 Ha mencapai 15.368 Ha. Banyaknya ditemukan bangunan tanpa ada vegetasi di sekitar membuat terjadinya kenaikan suhu. Namun untuk memperkecil efek fenomena suhu tinggi diperlukan vegetasi untuk mengembalikan fungsi alam di wilayah perkotaan serta penerapan ruang terbuka hijau bangunan beratap hijau agar menjadi solusi yang dapat diambil dalam mengatasi efek pemanasan global pada kawasan padat akan bangunan.

V. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis berterima kasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan telah memberikan dukungan melalui pembiayaan Sertifikasi Dosen (SERDOS) untuk kegiatan penelitian dan pengabdian pada masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Alden, B., Hallman, E. J., Rapetti, D., Burns, J. O., & Datta, A. (2019). The galaxy cluster 'Pypeline' for X-ray temperature maps: ClusterPyXT. *Astronomy and Computing*, 27, 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.ascom.2019.04.001>
- Bauch, K. E., Hiesinger, H., Greenhagen, B. T., & Helbert, J. (2021). Estimation of surface temperatures on Mercury in preparation of the MERTIS experiment onboard BepiColombo. *Icarus*, 354(August 2020). <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2020.114083>
- Bede-Fazekas, Á., & Somodi, I. (2023). Bridging the gap between an applied map and scientific needs: Visualization of the uncertainty of plant hardiness zone maps, with emphasis on climate change impact. *Applied Geography*, 154(February). <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.102938>
- Buyadi, S. N. A., Mohd, W. M. N. W., & Misni, A. (2013). Impact of Land Use Changes on the Surface Temperature Distribution of Area Surrounding the National Botanic Garden, Shah Alam. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 101, 516–525. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.07.25>
- Chanda, M. M., Kharkwal, P., Dhuria, M., Prajapathi, A., Yogisharadhya, R., Shome, B. R., & Shivachandra, S. B. (2023). Quantifying the influence of climate, host and change in land-use patterns on occurrence of Crimean Congo Hemorrhagic Fever (CCHF) and development of spatial risk map for India. *One Health*, 17(April). <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100609>
- Das, N., Mondal, P., Sutradhar, S., & Ghosh, R. (2021). Assessment of variation of land use/land cover and its impact on land surface temperature of Asansol subdivision. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(1), 131–149. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.05.001>
- Dong, L. (2023). Change assessment of the Tonga island surface temperature before and after volcanic eruption based on FY-3D time series dataset. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 26(3), 789–797. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2023.08.001>
- Ellsäßer, F., Röhl, A., Stiegler, C., Hendrayanto, & Hölscher, D. (2020). Introducing QWaterModel, a QGIS plugin for predicting evapotranspiration from land surface temperatures. *Environmental Modelling and Software*, 130. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104739>
- Esmailpour, A., Abedi, H. R., Mirzaei, A., & Habibiyani, A. (2022). Constructing the high temperature efficiency and instability maps of selective laser melted 316L stainless steel through artificial neural network modeling. *Journal of Materials Research and Technology*, 18, 4578–

4589.
<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.04.116>
- Farooq, A. S., Alkaabi, K., & Hdhaiba, S. B. (2023). Exploring radiative sky cooling resource map and the impact of meteorological conditions on radiative emitters. A perspective of GCC countries. *Energy Reports*, *10*, 473–483. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.06.054>
- Gedik, A., Hesse, J., & Kabelac, S. (2023). A characteristic map as an approach for rapid estimating the thermal conductivity of high-temperature oxide ceramics demonstrated on 10Sc1CeSZ. *Ceramics International*, *June*. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2023.09.132>
- Gonzales, J., Suzuki, K., & Sakaue, H. (2020). Temporally and Spatially Resolved Pressure and Temperature Maps in Hypersonic Flow. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, *156*, 119782. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.119782>
- Guo, X., & Jiang, P. (2020). A differential temperature contour map to characterize the detection limit of pulsed thermography of materials. *Infrared Physics and Technology*, *111*, 103555. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2020.103555>
- Hamed Fahmy, A., Amin Abdelfatah, M., & El-Fiky, G. (2023). Investigating land use land cover changes and their effects on land surface temperature and urban heat islands in Sharqiyah Governorate, Egypt. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, *26*(2), 293–306. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2023.04.001>
- Haynes, M. W., Horowitz, F. G., Sambridge, M., Gerner, E. J., & Beardsmore, G. R. (2018). Australian mean land-surface temperature. *Geothermics*, *72*(November 2016), 156–162. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2017.10.008>
- He, X. Y., Zhu, X., Wang, H., Tan, Y., Ding, B., Lv, Y. W., & Liao, Q. (2020). Dynamic behaviors and regime map of a molten blast furnace slag droplet impacting a solid surface. *Fuel*, *279*(May 2019), 118451. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118451>
- Huang, B., Li, Y., Liu, Y., Hu, X., Zhao, W., & Cherubini, F. (2023). A simplified multi-model statistical approach for predicting the effects of forest management on land surface temperature in Fennoscandia. *Agricultural and Forest Meteorology*, *332*(February), 109362. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109362>
- Jeong, H. Y., Park, J., Kim, Y., Shin, S. Y., & Kim, N. (2023). Processing parameters optimization in hot forging of AISI 4340 steel using instability map and reinforcement learning. *Journal of Materials Research and Technology*, *23*, 1995–2009. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.01.106>
- Jiménez, M. A., Grau, A., & Cuxart, J. (2020). Generation of chilling hours maps using surface observations and satellite data. *Atmospheric Research*, *236*(December 2019), 104807. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.104807>
- Karimi, K., Salmenjoki, H., Mulewska, K., Kurpaska, L., Kosińska, A., Alava, M. J., & Papanikolaou, S. (2023). Prediction of steel nanohardness by using graph neural networks on surface polycrystallinity maps. *Scripta Materialia*, *234*(April). <https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2023.115559>
- Khoshnoodmotlagh, S., Daneshi, A., Gharari, S., Verrelst, J., Mirzaei, M., & Omrani, H. (2021). Urban morphology detection and it's linking with land surface temperature: A case study for Tehran Metropolis, Iran. *Sustainable Cities and Society*, *74*(October 2020), 103228. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103228>
- Kim, T. Y. (2020). Theoretical prediction on the global surface temperature map of the Moon. *Acta Astronautica*, *166*(October 2019), 218–226. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2019.10.022>
- Koopmans, S., Heusinkveld, B. G., & Steeneveld, G. J. (2020). A standardized Physical Equivalent Temperature urban heat map at 1-m spatial resolution to facilitate climate stress tests in the Netherlands. *Building and Environment*, *181*(May), 106984. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106984>
- Liu, L., Zhang, L., Yang, D., Zhang, Q., Yu, D., & Chen, L. (2020). Two-phase flow-based numerical investigation of the temperature maps of sodium-cooled exhaust valves in a turbocharged engine. *Applied Thermal Engineering*, *181*(August), 115977.

- <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115977>
- Mahmoudi, M., Aboutalebi, M. R., Salehi, M. T., Moshaver, H., Ebrahimi, G. R., & Vafaenezhad, H. (2023). Microstructure evolution, hot deformation behaviour and processing map of Inconel X-750 superalloy in sub-solvus and super-solvus temperature ranges. *Journal of Materials Research and Technology*, 26, 5594–5616.
<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.08.269>
- Marques da Silva, J. R., Damásio, C. V., Sousa, A. M. O., Bugalho, L., Pessanha, L., & Quaresma, P. (2015). Agriculture pest and disease risk maps considering MSG satellite data and land surface temperature. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 38, 40–50.
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.12.016>
- Menberu, Z., Mogesse, B., & Reddythota, D. (2021). Assessment of morphometric changes in Lake Hawassa by using surface and bathymetric maps. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 36(May), 100852.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100852>
- Nasrin, T. A. A., Arfin, M. S., Rahman, M. A., Molla, M. M., Sabuz, A. A., & Matin, M. A. (2023). Influence of novel coconut oil and beeswax edible coating and MAP on postharvest shelf life and quality attributes of lemon at low temperature. *Measurement: Food*, 10(February), 100084.
<https://doi.org/10.1016/j.meaf.2023.100084>
- Ngamsiriudom, T., & Tanaka, T. (2023). World Development Sustainability Making an urban environmental climate map of the Bangkok Metropolitan Region, Thailand: Analysis of air temperature, wind distributions, and spatial environmental factors. *World Development Sustainability*, 3(September), 100105.
<https://doi.org/10.1016/j.wds.2023.100105>
- Pongsetkul, J., & Benjakul, S. (2021). Development of modified atmosphere packaging (MAP) on shelf-life extension of pla-duk-ra (dried fermented catfish) stored at room temperature. *Food Control*, 124(August 2020), 107882.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107882>
- Rogan, J., Ziemer, M., Martin, D., Ratick, S., Cuba, N., & DeLauer, V. (2013). The impact of tree cover loss on land surface temperature: A case study of central Massachusetts using Landsat Thematic Mapper thermal data. *Applied Geography*, 45, 49–57.
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.07.004>
- Sahoo, S. K., & Panigrahi, S. K. (2022). Comparative study on high temperature deformation behavior and processing maps of Mg-4Zn-1RE-0.5Zr alloy with and without in-situ sub-micron sized TiB₂ reinforcement. *Journal of Magnesium and Alloys*, 10(12), 3520–3541.
<https://doi.org/10.1016/j.jma.2021.12.009>
- Sattari, F., Hashim, M., & Pour, A. B. (2018). Thermal sharpening of land surface temperature maps based on the impervious surface index with the TsHARP method to ASTER satellite data: A case study from the metropolitan Kuala Lumpur, Malaysia. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 125(December 2015), 262–278.
<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.04.092>
- Schatz, K., Frieß, F., Schäfer, M., Buchholz, P. C. F., Pleiss, J., Ertl, T., & Krone, M. (2021). Analyzing the similarity of protein domains by clustering Molecular Surface Maps. *Computers and Graphics (Pergamon)*, 99, 114–127.
<https://doi.org/10.1016/j.cag.2021.06.007>
- Seif, M. N., & Beck, M. J. (2021). Surface excess free energies and equilibrium Wulff shapes in variable chemical environments at finite temperatures. *Applied Surface Science*, 540, 148383.
<https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2020.148383>
- Suher-Carthy, M., Lagelouze, T., Hidalgo, J., Schoetter, R., Touati, N., Jouglu, R., & Masson, V. (2023). Urban heat island intensity maps and local weather types description for a 45 French urban agglomerations dataset obtained from atmospheric numerical simulations. *Data in Brief*, 50, 109437.
<https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109437>
- Touati, N., Gardes, T., & Hidalgo, J. (2020). A GIS plugin to model the near surface air temperature from urban meteorological networks. *Urban Climate*, 34(August), 100692.
<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100692>

- Vilà, R., Rincón, L., Medrano, M., & Castell, A. (2023). Potential maps for combined nocturnal radiative cooling and diurnal solar heating applications in Europe. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 59(June). <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103381>
- Zhang, M., Zhou, L., Yang, S., Wei, Z., & Wang, Q. (2023). Analysis of processing map and parameters optimization during hot extrusion of 17 vol.% SiCp/2009Al composite. *Journal of Materials Research and Technology*, 26, 3162–3182. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.08.031>
- Zhang, Y., Fan, Z., Li, Y., Zhong, J., Pang, S., & Nagaumi, H. (2023). Intermediate temperature tensile behavior and processing map of a spray formed 7075 aluminum alloy. *Journal of Materials Research and Technology*, 26, 4534–4550. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.08.162>