

Identifikasi Karakteristik *Thermoscape* Taman Kota Menggunakan *Thermal Drone* (Studi Kasus: Alun-alun dan Taman Heulang di Kota Bogor)

Neviera Khairunnisaa Pratiwi^{1*}, Bambang Sulistyantara¹, Prita Indah Pratiwi¹

1. Departemen Arsitektur Lanskap, Fakultas Pertanian, IPB University, Indonesia

*E-mail: kpneviera@apps.ipb.ac.id

Abstract

Identification of Thermoscape Characteristics of Urban Parks Using Drone (Case Study: Alun-alun Kota Bogor and Taman Heulang). The existence of urban green open space is very important for the creation of a public space that can support various public activities of urban residents and become an ecological space for the creation of an adequate quality urban environment. Bogor City is one of the cities that is currently developing green open space in the form of an urban park to meet the needs of public space as a means of gathering and recreation. Thermal comfort is very important and must be considered in a green space. To obtain the thermal conditions of a landscape, this research uses a thermal drone. This study aims to identify the thermoscape characteristics of landscape elements and its percentage of cover. The analysis used Agisoft Metashape, ArcMap 10.5, Google Earth Pro, Adobe Photoshop CS6, Microsoft Office 2019, and Image Color Summarizer online tool. The thermoscape results in the two urban parks are different due to differences in weather. However, the thermal conditions of each landscape elements are almost the same in both parks. Hardscapes in both parks can have a temperature of $>40^{\circ}\text{C}$, while vegetation, especially trees, can have a temperature of $<20^{\circ}\text{C}$. According to respondents, both parks are still considered warm based on their thermal sensation. Hot urban park areas can be modified by presenting a wider green space with good distribution and proportion to make it comfortable for the users.

Keywords: *landscape elements, ratio of isothermal area, surface temperature, thermal comfort, thermal sensation*

1. Pendahuluan

Taman kota menyediakan banyak jasa ekosistem, seperti meningkatkan kualitas hidup manusia, menciptakan iklim mikro yang teduh, memperbaiki kualitas ekosistem kota, dan meningkatkan kenyamanan termal (Chan dan Chau, 2021; Gachkar *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2017; Zhao *et al.*, 2018). Tanpa keberadaan taman di perkotaan, manusia yang tinggal di dalamnya akan mengalami ketegangan mental atau *stress*, terutama saat pandemi *COVID-19* terjadi (Yang *et al.*, 2021). Kenyamanan termal taman kota sangat penting dan harus diperhatikan serta dapat tercapai dengan mengoptimalkan fungsi taman kota (Fadhilah, 2019). Studi tentang kenyamanan termal sebagian besar dilakukan di lingkungan perkotaan, yaitu tempat dengan peningkatan temperatur dan kerusakan lingkungan kota yang tinggi akibat urbanisasi, untuk memperbaiki lingkungan perkotaan agar dapat meningkatkan kualitas hidup perkotaan serta makhluk hidup di dalamnya (Feng *et al.*, 2020; Gachkar *et al.*, 2021; Kong *et al.*, 2021).

Keadaan termal suatu taman dapat diketahui dan dilihat dengan melakukan identifikasi dan analisis *thermoscape*. *Thermoscape* dapat diartikan lanskap termal, lanskap panas, atau keadaan panas suatu lanskap. Istilah *thermoscape* ini pertama kali dikenalkan oleh Yoritaka Tashiro dan Bambang Sulistyantara dengan melakukan penelitian di Jepang pada tahun 1991 hingga 1996. Penelitian tersebut dilakukan untuk menganalisis efek termal suatu lanskap sehingga dapat menilai kenyamanan termal lanskap tersebut. *Thermoscape* berupa citra atau gambaran termal akan menunjukkan informasi berupa distribusi perbedaan suhu permukaan pada elemen lanskap (Tashiro dan Sulistyantara, 1994). Setiap material elemen lanskap memiliki kontribusi terhadap keadaan termal yang berbeda-beda (Setyawan dan Nurhasan, 2020).

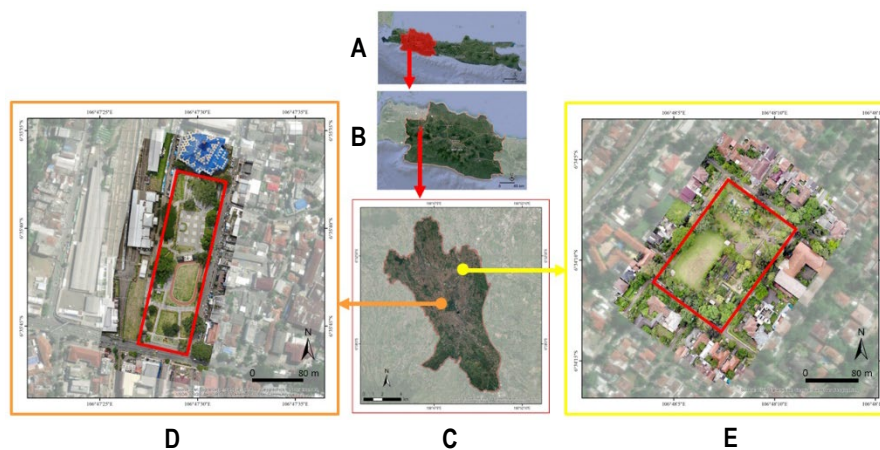
Survei udara merupakan cara praktis untuk mendapatkan kondisi termal suatu keadaan atau lanskap dari tampak atas. Peneliti sebelumnya menggunakan *thermal imaging camera* atau *infrared (IR) termovision camera* dengan mengambil *view* lanskap dari atas gedung untuk mendapatkan kondisi termal suatu lanskap

(Tashiro dan Sulistyantara, 1995). Dalam dekade terakhir, teknologi pesawat nirawak atau dikenal dengan istilah *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* atau drone telah memasuki era baru dalam penelitian. Citra dari survei udara berguna untuk mengetahui citra termal suatu objek atau lokasi, seperti pada kasus kebakaran, distribusi satwa, pertanian, atau simulasi iklim mikro (Fabbri dan Costanzo, 2020; Jiao et al., 2016; Luan et al., 2021; Szajewska, 2017; Tesch et al., 2022; Zhang et al., 2020; Zhou et al., 2021). Namun, masih sedikit penelitian yang menggunakan *thermal drone* yang secara khusus meneliti tentang elemen lanskap taman di perkotaan. Oleh karena itu, penelitian identifikasi karakteristik *thermoscape* dilakukan dengan fokus penggunaan *thermal drone* terhadap elemen lanskap taman kota. Penelitian ini bertujuan mengetahui karakteristik *thermoscape* elemen lanskap taman dan persentase penutupannya, yang secara tidak langsung dapat menjadi acuan penilaian kenyamanan pengunjung taman di kemudian hari. Selain itu, hasil *thermoscape* dapat dijadikan sebagai dasar atau bahan pertimbangan dalam pemilihan elemen lanskap taman saat merencanakan, merancang, dan mengelola taman agar kondisi ruang kota yang nyaman dapat tercapai.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan di Alun-alun Kota Bogor dan Taman Heulang, Kota Bogor, Provinsi Jawa Barat sebagai studi kasus. Kedua taman tersebut merupakan taman kota terpilih yang mendapatkan izin menerbangkan *drone* untuk pengamatan *thermoscape* pada elemen lanskap taman di perkotaan. Alun-alun Kota Bogor berada di tengah kota dan area komersil sedangkan Taman Heulang berada di tengah permukiman. Orientasi tapak dan titik lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Orientasi tapak dan titik lokasi penelitian di Pulau Jawa (A), Provinsi Jawa Barat (B), Kota Bogor (C), yaitu Alun-alun Kota Bogor (D) dan Taman Heulang (E)

Alun-alun Kota Bogor merupakan salah satu ruang terbuka hijau berupa taman yang terletak di tengah kota, tepatnya di Jalan Kapten Muslihat, Pabaton, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor dan diresmikan pada tanggal 17 Desember 2021. Secara administratif, Alun-alun Kota Bogor dibatasi oleh Masjid Agung Bogor di sebelah Utara, Jalan Dewi Sartika dan pertokoan di sebelah Timur, Jalan Kapten Muslihat dan Polresta Kota Bogor di sebelah Selatan, serta Jalan Nyi Raja Permas dan Stasiun Kota Bogor di sebelah Barat. Alun-alun Kota Bogor memiliki luas sekitar 1,70 ha (17.053 m²) dan bentuk tapak memanjang.

Di sisi lain, Taman Heulang merupakan salah satu ruang terbuka hijau berupa taman yang terletak di tengah area permukiman, tepatnya di Jalan Heulang, Tanah Sereal, Kecamatan Tanah Sereal, Kota Bogor. Taman Heulang diresmikan pada bulan Desember 2016 dan merupakan taman yang direvitalisasi dengan bantuan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) melalui Program Pengembangan Kota Hijau (P2KH). Secara administratif, Taman Heulang dibatasi oleh Jalan Heulang dan kompleks perumahan di sebelah Utara, Jalan Kasintu dan SMKN 1 Bogor di sebelah Timur, Jalan Beo dan kompleks perumahan di sebelah Selatan, serta Jalan Bincarung dan SMPN 5 Bogor di sebelah Barat. Taman Heulang memiliki luas sekitar 2,08 ha (20.768 m²) dan bentuk tapak persegi.

2.2 Alat dan Bahan

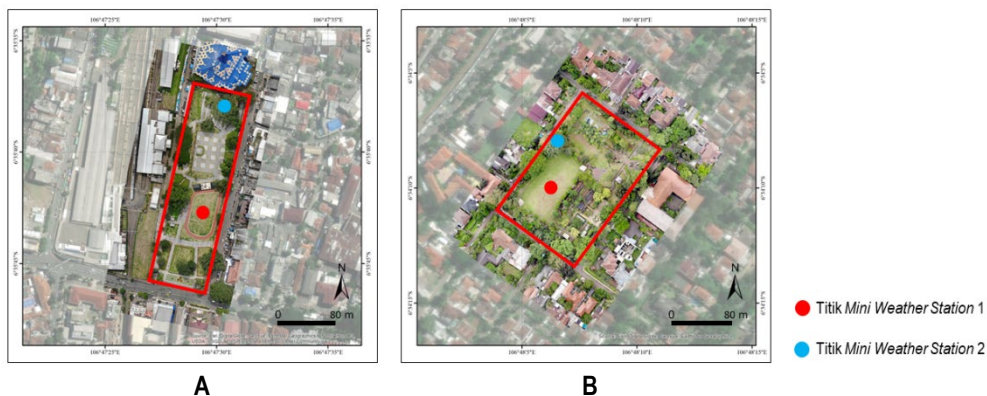
Penelitian ini menggunakan *thermal drone* (DJI Mavic 2 Enterprise Dual Thermal) untuk pengambilan gambar visual dan termal taman serta *mini weather station portable* (Touch Screen Weather Station PCE-FWS 20), *thermohygrometer digital* dan *luxmeter* untuk pengambilan data iklim mikro taman, serta *laptop* untuk mengolah data dengan perangkat lunak (*software*) berupa *Agisoft Metashape*, *ArcMap 10.5*, *Google Earth Pro*, *Adobe Photoshop CS6*, *Microsoft Office 2019*, dan *Image Color Summarizer online tool*. Selain itu, bahan yang digunakan adalah gambar visual taman, gambar termal taman, dan data iklim mikro taman.

2.3 Jenis dan Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari iklim mikro taman, gambar visual taman, dan gambar termal taman. Berikut merupakan uraian dari jenis, parameter, sumber, dan teknik pengambilan data yang dilakukan.

2.3.1 Iklim Mikro Taman

Pengukuran data iklim mikro dilakukan untuk mengetahui suhu udara, kelembaban relatif udara, dan intensitas cahaya matahari saat pengamatan berlangsung. Data suhu udara, kelembaban relatif udara, dan kecepatan angin diambil dengan menggunakan alat *mini weather station portable*, yaitu *Touch Screen Weather Station PCE-FWS 20* dan *thermohygrometer digital* sedangkan data intensitas cahaya matahari diambil dengan menggunakan alat *luxmeter*. Pengukuran data iklim mikro dilakukan di 2 titik pada masing-masing taman, yaitu titik 1 di area terbuka di atas rumput dan titik 2 di area naungan di bawah pohon (Gambar 3). Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui perbedaan iklim mikro di area tersebut dan dibandingkan dengan warna yang dihasilkan oleh *drone*. Pengambilan data iklim mikro taman dilakukan pada 3 waktu di hari yang sama, yaitu pagi (pukul 09:00), siang (pukul 12:00), dan sore hari (pukul 15:00) sebagai ulangan dan perbandingan. Pengambilan data iklim mikro dilakukan selama 30 menit dengan interval 10 menit sebagai ulangan tiap waktu pada masing-masing taman dan dilakukan bersamaan dengan penerbangan *drone*.



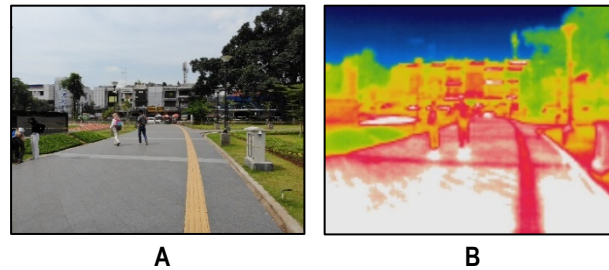
Gambar 2. Titik *mini weather station* di Alun-alun Kota Bogor (A) dan Taman Heulang (B)

2.3.2 Gambar Visual dan Termal Taman

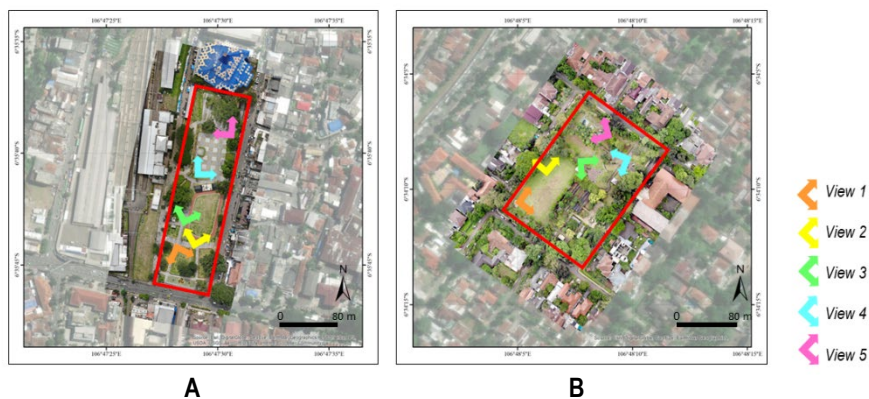
Data gambar visual dan termal taman (Gambar 3) dengan parameter kondisi, warna, suhu, dan elemen lanskap (*pavement*, bangunan, rumput, dan pohon) didapat dari hasil survei lapang dengan menggunakan alat *thermal drone*, yaitu *DJI Mavic 2 Enterprise Dual Thermal*. Pengambilan gambar visual dan termal dilakukan pada 2 skala, yaitu skala tapak untuk mendapatkan foto ruang taman secara vertikal atau tampak atas dan skala pandang manusia untuk mendapatkan foto ruang taman secara horizontal atau ruang yang dapat dilihat dan dirasakan oleh manusia.

Pada skala tapak, *thermal drone* diterbangkan setinggi 60 m di atas taman dengan mode *mission flight* agar semua bagian taman dapat diambil foto tampak atasnya. Pada skala pandang manusia, *thermal drone* diterbangkan atau ditempatkan setinggi ± 150 cm atau sejajar mata manusia dengan mengambil 5 *view* di dalam taman dengan suasana dan elemen lanskap yang berbeda untuk mengetahui perbedaan sensasi termal

yang dirasakan pada ruang *view* tersebut (Gambar 4). Pengambilan gambar visual dan gambar termal taman dilakukan secara bersamaan dengan pengambilan data iklim mikro pada 3 waktu, yaitu pagi (pukul 09:00), siang (pukul 12:00), dan sore hari (pukul 15:00) selama 30 menit tiap waktu pada masing-masing taman.



Gambar 3. Data gambar visual (A) dan gambar termal (B) menggunakan *thermal drone*



Gambar 4. Titik pengambilan 5 *view* di Alun-alun Kota Bogor (A) dan Taman Heulang (B)

2.4 Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini secara garis besar meliputi tahap persiapan, inventarisasi, analisis, dan penyusunan hasil penelitian. Tahap persiapan terdiri dari penentuan topik, tujuan, latar belakang, permasalahan, metode analisis, lokasi, dan perizinan penelitian. Selanjutnya, tahap inventarisasi dilakukan dengan mengumpulkan data dari instansi terkait dan survei lapang. Setelah data terkumpul, terdapat tahap analisis data yang terdiri dari analisis karakteristik *thermoscape* dan persentase penutupannya terhadap elemen lanskap taman. Tahapan terakhir adalah penyusunan hasil dan pembahasan serta membuat simpulan dari penelitian ini.

2.5 Analisis Data

2.5.1 Analisis Karakteristik *Thermoscape* terhadap Elemen Lanskap Taman

Gambar visual dan termal diolah terlebih dahulu menggunakan *software Agisoft Metashape* untuk menggabungkan foto yang didapat dari *thermal drone*. Gambar visual dan termal Alun-alun Kota Bogor diproses dari masing-masing 85 foto tiap waktu sedangkan Taman Heulang diproses dari masing-masing 111 foto tiap waktu. Setelah itu, hasil gabungan gambar diolah menggunakan *software ArcMap 10.5* dan *Adobe Photoshop CS6* untuk *layouting* peta. Selanjutnya, karakteristik *thermoscape* masing-masing taman dianalisis secara spasial dengan melihat perbedaan warna, rentang suhu, dan elemen lanskap taman.

2.5.2 Analisis Persentase Penutupan *Thermoscape* terhadap Elemen Lanskap Taman

Gambar termal taman dianalisis persentase penutupannya menggunakan *Image Color Summarizer online tool* serta dimodifikasi menggunakan *software ArcMap 10.5* dan *Adobe Photoshop CS6* untuk *layouting* peta dan gambar. Persentase penutupan *thermoscape* dilihat dari distribusi daerah isothermalnya atau yang disebut *Ratio of Isothermal Area (RIA)*.

2.5.3 Analisis Deskriptif

Semua hasil dari kondisi umum, data gambar visual, data gambar termal, dan data iklim mikro dianalisis menggunakan analisis statistik deskriptif agar objek dan data penelitian yang telah diamati dapat digambarkan secara rinci. Data yang diperoleh kemudian diolah dan diinterpretasikan dalam bentuk grafik atau tabel.

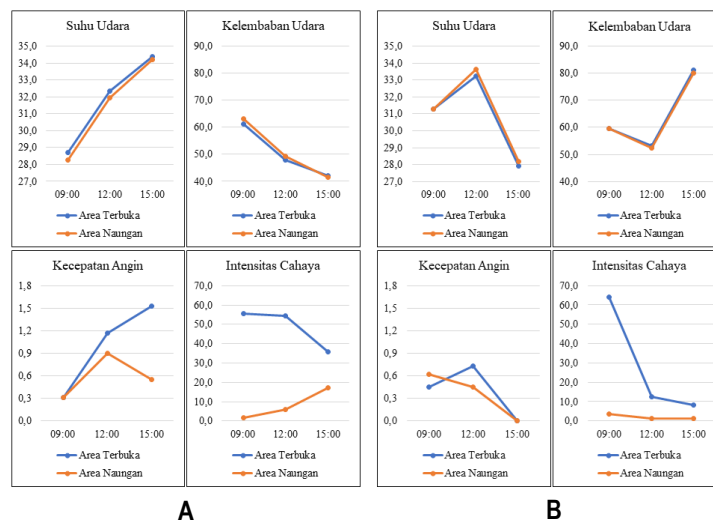
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Iklim Mikro Taman

Iklim mikro di Alun-alun Kota Bogor dan Taman Heulang saat pengamatan dan pengambilan data terdapat perbedaan karena adanya perbedaan kondisi cuaca. Pukul 09:00 di Alun-alun Kota Bogor cerah berawan sedangkan di Taman Heulang cerah. Sebaliknya, pukul 12:00 di Alun-alun Kota Bogor cerah sedangkan di Taman Heulang cerah berawan. Pukul 15:00 di Alun-alun Kota Bogor cerah sedangkan di Taman Heulang mendung. Hasil pengamatan data iklim mikro di Alun-alun Kota Bogor dan Taman Heulang disajikan dalam Gambar 5.

Di Alun-alun Kota Bogor, suhu udara di kedua area pengamatan, yaitu di area terbuka di atas rumput dan area naungan di bawah pohon, selalu mengalami peningkatan sedangkan kelembaban relatif udaranya selalu mengalami penurunan. Di sisi lain, kecepatan angin di area terbuka selalu mengalami peningkatan sedangkan di area naungan mengalami penurunan pada pukul 15:00. Untuk intensitas cahaya, perbedaan nilainya sangat terlihat pada area terbuka dan naungan dengan penurunan nilai untuk area terbuka dan kenaikan nilai untuk area naungan pada pukul 15:00.

Di Taman Heulang, suhu udara di kedua area pengamatan mengalami peningkatan pada pukul 12:00 kemudian mengalami penurunan pada pukul 15:00. Sebaliknya, kelembaban relatif udara di kedua area pengamatan mengalami penurunan pada pukul 12:00 kemudian mengalami kenaikan pada pukul 15:00. Di sisi lain, kecepatan angin di kedua area pengamatan memiliki nilai yang cukup berbeda, namun memiliki nilai terendah yang sama pada pukul 15:00. Untuk intensitas cahaya, perbedaan nilainya sangat terlihat, yaitu nilai tertinggi di area terbuka pada pukul 09:00.

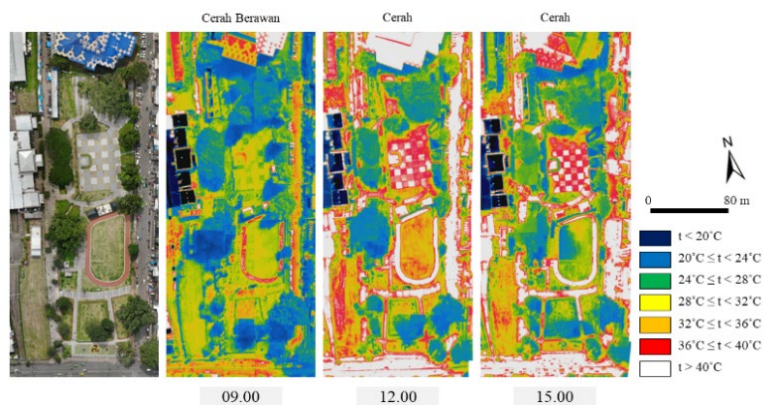


Gambar 5. Iklim mikro di Alun-alun Kota Bogor (A) dan Taman Heulang (B)

3.2 Analisis Karakteristik Thermoscape terhadap Elemen Lanskap Taman

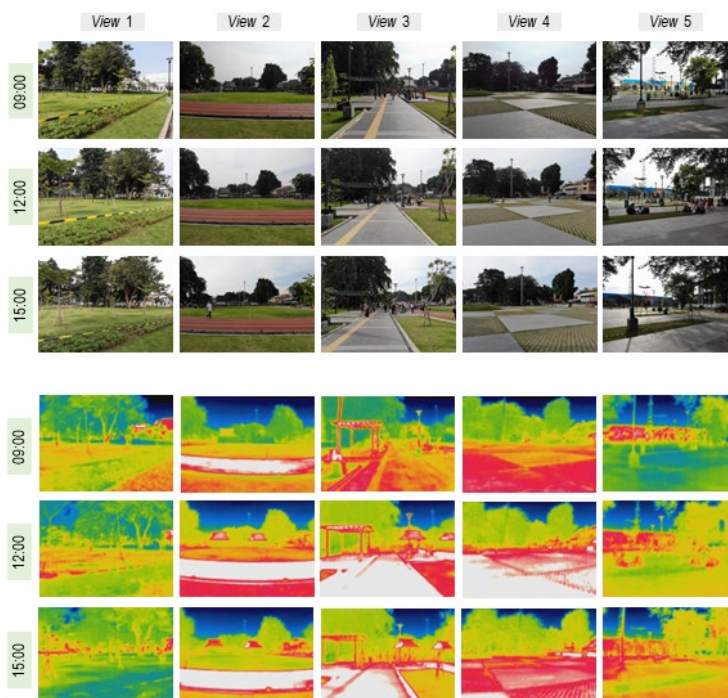
Hasil *thermoscape* skala tapak Alun-alun Kota Bogor ditunjukkan pada Gambar 6. Warna hitam merupakan atap gedung stasiun dengan ventilasi air conditioner di bagian atasnya sehingga terlihat dengan suhu 20°C. Warna biru merupakan pohon, semak, rumput, dan jalan yang terkena naungan atau bayangan dengan suhu 20°C – 24°C . Warna hijau merupakan pohon, semak, dan rumput dengan suhu 24°C – 28°C . Warna kuning dan oranye merupakan rumput, jalan, dan atap bangunan dengan suhu 28°C – 36°C . Warna merah dan putih merupakan atap bangunan dan *pavement*, seperti jalan yang terbuat dari aspal dan *concrete*, *jogging*

track yang terbuat dari *rubber mat*, dan plaza yang terbuat dari *grass block* dengan suhu 36°C–40°C bahkan mencapai >40°C.



Gambar 6. Hasil *thermoscape* skala tapak di Alun-alun Kota Bogor pada 3 waktu pengamatan

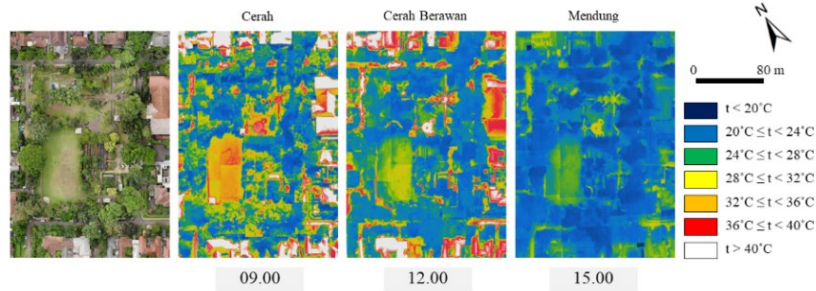
Hasil *thermoscape* skala pandang manusia pada kelima *view* ditunjukkan pada Gambar 7. Pada gambar visual pagi hari pukul 09:00, siang hari pukul 12:00, dan sore hari pukul 15:00, kondisi dan suasana termal tidak terlalu terlihat pada gambar visual kelima *view* yang diamati. Perbedaan terlihat pada *view* 5, yaitu pergerakan bayangan pohon karena *view* ini diambil di bawah pohon. Namun, perbedaan termal dapat terlihat pada gambar termal. Elemen lanskap pohon dan rumput terlihat dominan berwarna biru dan hijau pada pukul 09:00 pada kelima *view* dan pada pukul 15:00 pada *view* 1. Elemen lanskap rumput di area terbuka terlihat dominan berwarna oranye dan merah pada pukul 12:00. Perbedaan terlihat jelas pada *view* 2 dan *view* 5. Elemen lanskap *pavement*, seperti *jogging track*, plaza, dan sirkulasi pejalan kaki terlihat dominan berwarna putih pada pukul 12:00 pada *view* 2, 3, dan 4.



Gambar 7. Hasil *thermoscape* skala pandangan manusia di Alun-alun Kota Bogor pada 3 waktu pengamatan

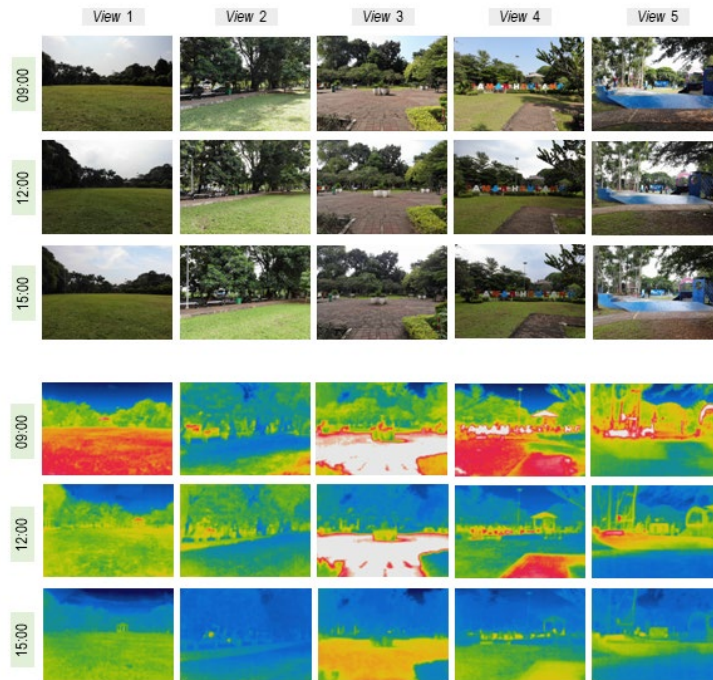
Hasil *thermoscape* skala tapak Taman Heulang ditunjukkan pada Gambar 8. Warna biru merupakan pohon dan semak, rumput, atau jalan yang terkena naungan atau bayangan dengan suhu 20°C–24°C. Warna

hijau merupakan pohon, semak, dan rumput dengan suhu 24°C–28°C. Warna kuning dan oranye merupakan rumput, jalan, dan atap bangunan dengan suhu 28°C–36°C. Warna merah dan putih merupakan atap bangunan dan *pavement*, seperti jalan yang terbuat dari aspal dan *concrete* dengan suhu >36°C.



Gambar 8. Hasil *thermoscape* skala tapak di Taman Heulang pada 3 waktu pengamatan

Hasil *thermoscape* skala pandangan manusia pada kelima *view* ditunjukkan pada Gambar 9. Pada pagi hari pukul 09:00, siang hari pukul 12:00, dan sore hari pukul 15:00, kondisi dan suasana termal cukup terlihat pada gambar visual kelima *view* yang diamati. Perbedaan terlihat pada *view* 2, 4, dan 5, yaitu pergerakan bayangan pohon. Selain itu, perbedaan intensitas penyinaran matahari juga terlihat dari gambar. Dari pukul 09:00 hingga 15:00, intensitas penyinaran matahari terlihat menurun karena tingkat kecerahan foto semakin menurun dan terlihat redup. Pengamatan gambar termal pada kelima *view* ini sangat terlihat jelas perbedaannya pada 3 waktu pengamatan. Elemen lanskap pohon dan rumput terlihat dominan berwarna biru dan hijau pada pukul 12:00 dan 15:00 pada kelima *view*. Elemen lanskap rumput di area terbuka terlihat dominan berwarna oranye dan merah pada pukul 09:00. Perbedaan terlihat jelas pada *view* 1 dan *view* 4. Elemen lanskap *pavement*, seperti plaza dan sirkulasi pejalan kaki terlihat dominan berwarna putih pada pukul 09:00 dan 12:00 pada *view* 3, 4, dan 5. Pada pukul 15:00, kelima *view* terlihat dominan berwarna biru dan hijau.

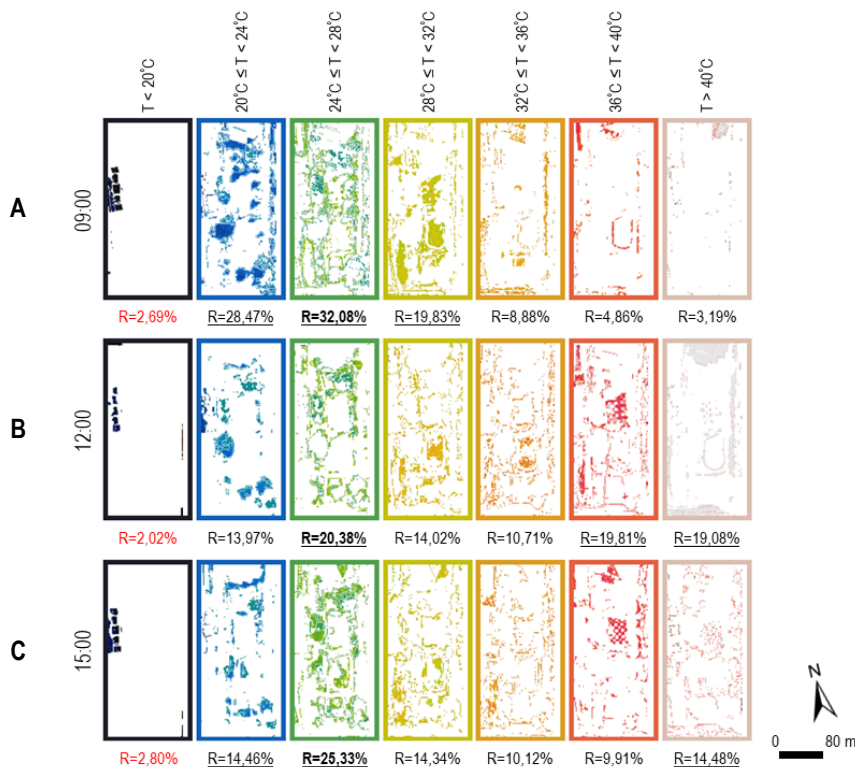


Gambar 9. Hasil *thermoscape* skala pandangan manusia di Taman Heulang pada 3 waktu pengamatan

Hasil *thermoscape* di kedua taman berbeda karena adanya perbedaan cuaca saat pengamatan. Namun, karakteristik *thermoscape* elemen lanskapnya hampir sama. Dominansi elemen *pavement* sangat terlihat di Alun-alun Kota Bogor dan dominansi elemen tanaman terlihat di Taman Heulang. Material elemen lanskap dapat menghantarkan suhu yang berbeda-beda. Oleh karena itu, pemilihan jenis material elemen lanskap akan berpengaruh kepada kondisi termal suatu area atau taman (Erell *et al.*, 2011; Setyawan dan Nurhasan, 2020; Sugini, 2014).

3.3 Analisis Persentase Penutupan Thermoscape terhadap Elemen Lanskap Taman

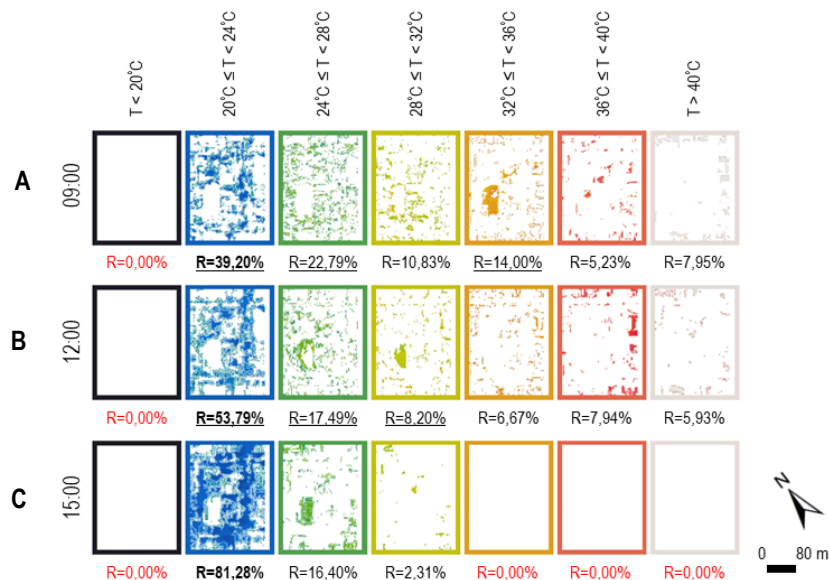
Alun-alun Kota Bogor memiliki area terbuka dengan elemen lanskap *pavement* dan rumput yang lebih dominan dibandingkan dengan elemen pohon sehingga area isothermal warna kuning, oranye, merah, dan putih lebih luas serta memiliki nilai *RIA* yang lebih besar (Gambar 10). Pada pagi hari (pukul 09.00), nilai *RIA* warna hijau merupakan nilai paling tinggi, yaitu sebesar 32,08%, 28,47%, dan 19,83% dengan rentang suhu 20°C–32°C. Pada siang hari (pukul 12.00), nilai *RIA* warna hijau, merah dan putih merupakan nilai paling tinggi secara berurutan, yaitu sebesar 20,38%, 19,81%, dan 19,08%. Nilai *RIA* dengan suhu tinggi, yaitu warna merah dan putih dengan suhu >36°C, lebih luas dibandingkan nilai *RIA* lainnya. Hal tersebut disebabkan oleh elemen lanskap *pavement* (aspal atau *concrete*) dan bangunan yang dapat menyerap energi panas dan menyimpannya lebih lama (Erell *et al.*, 2011). Selanjutnya, pada sore hari (pukul 15.00), nilai *RIA* warna hijau meningkat menjadi 25,33% sedangkan warna merah dan putih menurun menjadi 9,91% dan 14,48%. Sebaliknya, nilai *RIA* warna biru meningkat menjadi 14,46%. Nilai *RIA* pada elemen lanskap tanaman menjadi lebih tinggi dikarenakan cuaca mendung dan intensitas cahaya matahari berkurang. Namun, energi panas pada elemen lanskap *pavement* dan bangunan masih tersimpan sehingga nilai *RIA* warna putih masih cukup tinggi (Gachkar *et al.*, 2021).



Gambar 10. *Ratio of Isothermal Area (RIA)* Alun-alun Kota Bogor pada pagi pukul 09:00 (A), siang pukul 12:00 (B), dan sore hari pukul 15:00 (C)

Taman Heulang memiliki area hijauan dengan elemen lanskap pohon, semak, dan rumput yang dominan dibandingkan dengan elemen *pavement* dan bangunan sehingga warna hijau dan biru dominan pada taman (Gambar 11). Nilai *RIA* warna hitam (<20°C) tidak ada (R=0%) pada ketiga waktu pengamatan. Nilai

RIA warna biru dan hijau mendominasi hasil pengamatan pada ketiga waktu, yaitu sebesar 39,20% dan 22,79% pada pagi hari (pukul 09.00), sebesar 53,79% dan 17,49% pada siang hari (pukul 12.00), dan sebesar 81,28% dan 16,40% pada sore hari (pukul 15.00). Nilai *RIA* warna kuning menjadi urutan ketiga tertinggi pada siang dan sore hari (pukul 12.00 dan 15.00). Nilai *RIA* warna oranye (32°C – 36°C), merah (36°C – 40°C), dan putih ($>40^{\circ}\text{C}$) tidak ada ($R=0\%$) pada sore hari (pukul 15.00) dikarenakan cuaca mendung sehingga suhu dan intensitas cahaya matahari menurun. Berbeda dengan elemen lanskap *pavement*, elemen lanskap tanaman lebih cepat melepas energi panas karena mengandung air sehingga mudah menguap atau melepas panas (Erell *et al.*, 2011).



Gambar 11. *Ratio of Isothermal Area (RIA)* Taman Heulang pada pagi pukul 09:00 (A), siang pukul 12:00 (B), dan sore hari pukul 15:00 (C)

4. Simpulan dan Saran

4.1 Simpulan

Hasil karakteristik *thermoscape* elemen lanskap di taman kota Bogor dengan studi kasus di Alun-alun Kota Bogor dan Taman Heulang hampir sama walaupun terdapat perbedaan cuaca saat pengamatan berlangsung. Pada pengamatan *thermal drone* dengan ketinggian 60 m, elemen lanskap yang terbuat dari aspal, *concrete/pavement/grass block*, dan atap bangunan ditunjukkan dengan warna oranye, merah, dan putih, sedangkan rumput, semak, pohon, dan bayangan pohon atau bangunan ditunjukkan dengan warna kuning, hijau, dan biru. Warna hitam ditemukan hanya pada pengamatan di Alun-alun Kota Bogor, yaitu atap gedung stasiun dengan ventilasi *air conditioner* di dekat atap. Alun-alun memiliki nilai *RIA* biru, hijau, merah, dan putih yang lebih luas, sedangkan Taman Heulang memiliki nilai *RIA* biru dan hijau yang lebih luas terutama saat cuaca mendung. Pada pukul 09:00 dan 15:00, warna biru dan hijau lebih banyak terlihat sedangkan pada warna merah dan putih lebih banyak terlihat pada pukul 12:00 pada kedua taman.

4.2 Saran

Pengambilan gambar visual dan termal dapat menggunakan *thermal drone* lain yang menghasilkan foto *R.jpg* agar data suhu permukaan elemen lanskap taman dapat diambil dan dianalisis dengan baik menggunakan *DJI Thermal Analysis Tools* secara otomatis. Titik penempatan *mini weather station* dapat ditambah dan diletakkan di setiap elemen lanskap agar suhu permukaan setiap elemen lanskap dapat dengan pasti diketahui nilainya. Jika kedua hal tersebut dilakukan, data atau informasi terkait titik suhu permukaan maksimum dan minimum tiap elemen lanskap taman dapat diketahui dan diambil pada gambar termal sehingga dapat dianalisis dengan baik.

5. Daftar Pustaka

- Chan, S. Y., & Chau, C. K. (2021). On the study of the effects of microclimate and park and surrounding building configuration on thermal comfort in urban parks. *Sustainable Cities and Society*, 64(August 2020), 102512. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102512>
- Erell, E., Pearlmutter, D., & Williamson, T. (2011). *Urban Microclimate: Designing the Spaces Between Buildings*.
- Fabbri, K., & Costanzo, V. (2020). Drone-assisted infrared thermography for calibration of outdoor microclimate simulation models. *Sustainable Cities and Society*, 52(May 2019), 101855. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101855>
- Fadhilah, A. P. (2019). *Evaluasi Kenyamanan Termal, Persepsi, Dan Preferensi Masyarakat Pada Beberapa Hutan Kota Di Dki Jakarta*. 1–92.
- Feng, L., Zhao, M., Zhou, Y., Zhu, L., & Tian, H. (2020). The seasonal and annual impacts of landscape patterns on the urban thermal comfort using Landsat. *Ecological Indicators*, 110(September 2019), 105798. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105798>
- Gachkar, D., Taghvaei, S. H., & Norouzian-Maleki, S. (2021). Outdoor thermal comfort enhancement using various vegetation species and materials (case study: Delgosha Garden, Iran). *Sustainable Cities and Society*, 75(August), 103309. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103309>
- Jiao, L., Dong, D., Zhao, X., & Han, P. (2016). Compensation method for the influence of angle of view on animal temperature measurement using thermal imaging camera combined with depth image. *Journal of Thermal Biology*, 62, 15–19. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2016.07.021>
- Kong, H., Choi, N., & Park, S. (2021). Thermal environment analysis of landscape parameters of an urban park in summer - A case study in Suwon, Republic of Korea. *Urban Forestry and Urban Greening*, 65, 127377. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127377>
- Li, W., Cao, Q., Lang, K., & Wu, J. (2017). Linking potential heat source and sink to urban heat island: Heterogeneous effects of landscape pattern on land surface temperature. *Science of the Total Environment*, 586, 457–465. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.191>
- Luan, Y., Xu, J., Lv, Y., Liu, X., Wang, H., & Liu, S. (2021). Improving the performance in crop water deficit diagnosis with canopy temperature spatial distribution information measured by thermal imaging. *Agricultural Water Management*, 246(August 2019), 106699. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106699>
- Setyawan, D., & Nurhasan. (2020). Pengaruh Jenis Material Lansekap Terhadap Termal Pada Rth Taman Balekambang. *SIAR - Seminar Ilmiah Arsitektur*, 8686, 226–231.
- Sugini. (2014). *Kenyamanan Termal Ruang (Konsep dan Penerapan pada Desain)* (p. 251). <https://fcep.uii.ac.id/karya-ilmiah/SUGINI/Buku - Kenyamanan Termal Ruang Konsep dan Penerapan pada Desain.pdf>
- Szajewska, A. (2017). Development of the Thermal Imaging Camera (TIC) Technology. *Procedia Engineering*, 172, 1067–1072. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.164>
- Tashiro, Y., & Sulistyantara, B. (1994). A Fundamental Study on the Changing Pattern of Thermoscape at District Scale. *Tech. Bull. Fac. Hort. Chiba Univ*, 57(5), 145–150.
- Tashiro, Y., & Sulistyantara, B. (1995). Study on Characteristics of Green Structure at Urban Area Using the Thermoscape Analysis. In *Bulletin of Faculty of Horticulture, Chiba University, Japan* (pp. 71–82).
- Tesch, K., Rym, M., & Lewandowski, W. M. (2022). Method of reconstructing two-dimensional velocity fields on the basis of temperature field values measured with a thermal imaging camera. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 184, 122264. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.122264>
- Yang, T., Lai, I. K. W., Fan, Z. Bin, & Mo, Q. M. (2021). The impact of a 360° virtual tour on the reduction of psychological stress caused by COVID-19. *Technology in Society*, 64(December 2020), 101514. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101514>
- Zhang, H., Wang, C., Turvey, S. T., Sun, Z., Tan, Z., Yang, Q., Long, W., Wu, X., & Yang, D. (2020). Thermal infrared imaging from drones can detect individuals and nocturnal behavior of the world's rarest primate. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01101. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01101>
- Zhao, Q., Sailor, D. J., & Wentz, E. A. (2018). Impact of tree locations and arrangements on outdoor microclimates and human thermal comfort in an urban residential environment. *Urban Forestry and Urban Greening*, 32, 81–91. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.03.022>
- Zhou, Z., Majeed, Y., Diverres Naranjo, G., & Gambacorta, E. M. T. (2021). Assessment for crop water stress with infrared thermal imagery in precision agriculture: A review and future prospects for deep learning applications. *Computers and Electronics in Agriculture*, 182(November 2020), 106019. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106019>