

Pengaruh *Setting* kawasan Tamansari terhadap *Temperature Humidity Index*

Adindra Maharsi Kusuma Astuti¹, Henry Feriadi²

1, 2. Program Studi Magister Arsitektur, Fakultas Arsitektur dan Desain, Universitas Kristen Duta Wacana
Jl. dr. Wahidin Sudirohusodo No. 5-25, Yogyakarta

Email: adindra.mka22@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL	ABSTRAK
<p>Diterima 16-04-2024 Disetujui 05-08-2024 Tersedia <i>online</i> 01-12-2024</p>	<p>Bentuk geometri, jenis tutupan lahan dan kepadatan memberikan dampak bagi peningkatan suhu global serta kenyamanan iklim mikro. Tamansari pada mulanya adalah sebuah taman, kebun, dan pemandian untuk Raja dan keluarga raja. Kini Tamansari adalah kawasan wisata <i>heritage</i> dikelilingi pemukiman padat di tengah Kota Yogyakarta. Penelitian bertujuan mengetahui bagaimana <i>setting</i> kawasan Tamansari mempengaruhi perubahan suhu dan <i>relative humidity</i> yang berdampak pada perubahan <i>Temperature Humidity Index</i> (THI) dalam skala mikro kawasan Tamansari. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dan analisis perhitungan menggunakan persamaan THI. Hasil dari penelitian menunjukkan nilai THI pada kawasan Tamansari adalah tidak nyaman, dengan nilai THI 27,77-32,52°C. <i>Building coverage ratio</i>, populasi, dan aktivitas manusia berdampak pada nilai THI. Nilai THI juga dapat berubah karena faktor cuaca yang mempengaruhi kondisi fisik kawasan, terutama pada area terbuka.</p>
<p>Kata kunci: Kelembaban, suhu, Tamansari, <i>Temperature Humidity Index</i>.</p>	<p>ABSTRACT</p> <p>Title: <i>The Effect of Environmental Setting of Tamansari on Temperature Humidity Index</i></p> <p><i>Geometric shape, land cover type, and density impact increasing global temperature and microclimate comfort. Tamansari was originally a park, garden, and bathhouse for the King and his family. Today, Tamansari is a heritage tourism area surrounded by dense residential areas in the middle of Yogyakarta City. This study aims to determine how the setting of the Tamansari area affects changes in temperature and relative humidity, which impact changes in the Temperature Humidity Index (THI) on the micro-scale of the Tamansari area. The method used is descriptive quantitative analysis, and calculation analysis was performed using the (THI) equation. The study results showed that the THI value in the Tamansari area was uncomfortable, with a THI value of 27.77-32.52°C. Building coverage ratio, population, and human activities affect the THI value. The THI value can also change due to weather factors that affect the physical condition of the area, especially in open areas.</i></p>

Pendahuluan

Bentuk geometri, jenis tutupan lahan, dan kepadatan di perkotaan memberi dampak bagi peningkatan suhu global, serta memengaruhi kenyamanan termal iklim mikro sekitar (Andani et al., 2018). Aktivitas dan mobilitas manusia tinggi juga mengakibatkan peningkatan emisi berdampak pada peningkatan suhu permukaan. Kenyamanan termal merupakan kebutuhan yang harus dipenuhi manusia dan dapat dirasakan dengan melibatkan proses psikologis dan proses fisik, dengan kondisi pikir seseorang dapat mengekspresikan kepuasan diri dengan lingkungan termalnya. Dengan demikian, manusia memiliki kemampuan beradaptasi dan merespon lingkungan binaan dalam memenuhi kenyamanan termal di dalam maupun di ruang luar bangunan. Namun, jika terjadi anomali cuaca dan peningkatan suhu tidak wajar dapat menimbulkan *thermal stress* yang mengganggu produktivitas dan aktivitas manusia, contoh berkurangnya kewaspadaan dan memengaruhi daya tahan tubuh.

Menurut Wilson & Crandall (2011), *thermal stress* dibagi menjadi 2, yakni: *heat stress* dan *cold stress*. Dampak yang ditimbulkan *heat stress* pada kesehatan adalah peningkatan aktivitas kinerja jantung, sedangkan *cold stress* tidak banyak memengaruhi kinerja jantung namun berakibat pada penurunan daya tahan tubuh atau kondisi fisik. *Thermal stress* tidak hanya digunakan di bidang kesehatan, namun dapat dimanfaatkan juga dalam perancangan sebuah kota dan perlindungan konstruksi bangunan, serta keberlanjutan sebuah situs dan lingkungan. Menurut McGregor & Nieuwolt (1998), *thermal stress* dapat dinilai menggunakan persamaan rumus

empiris *Temperature Humidity Index* (THI).

Indonesia merupakan negara tropis lembab dengan suhu nyaman antara 27-28°C, kelembaban yang nyaman untuk aktivitas manusia adalah 40-75%, dengan nilai THI antara 21-27°C. Berdasarkan data iklim, provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) mencapai suhu rata-rata bulanan terendah tahun 2022 pada 23,06°C, dan suhu rata-rata bulanan terendah tahun 2023 pada 22,80°C. Sementara suhu rata-rata tertinggi tahun 2022 adalah 30,50°C dan suhu rata-rata tertinggi tahun 2023 adalah 28,90°C (<https://id.weatherspark.com/m/121494/12/Cuaca-Rata-rata-pada-bulan-Desember-in-DI-Yogyakarta-Indonesia#Figures-Temperature>, diakses September 2023). Data kelembaban rata-rata bulanan pada tahun 2022 di DIY adalah 83,30%, dan kelembaban rata-rata bulanan tahun 2023 di DIY adalah 81,25%. Dengan demikian muncul dugaan bahwa provinsi DIY memiliki nilai THI relatif beragam.

Beberapa penelitian terdahulu mengenai THI di Indonesia sudah pernah dilakukan pada beberapa kota, seperti Kartika et al. (2021) yang membahas keterkaitan jumlah penduduk terhadap THI di pulau Jawa sejak 1081 hingga 2019 (Tabel 1) dan Gusti et al. (2019) yang membahas tentang kebutuhan ruang terbuka berdasarkan THI di Kabupaten Sidoharjo. Beberapa penelitian terkait THI dengan skala yang lebih kecil yang berkaitan dengan tata ruang dan arsitektur seperti pada penelitian Alfian et al. (2018).

Tabel 1. Klasifikasi THI menurut McGregor & Nieuwolt

THI	Deskripsi
-----	-----------

<21	Dingin (<i>Cold</i>)
22-24	Nyaman (<i>Comfortable</i>)
24-26	Cukup Nyaman, sebagian mengalami <i>thermal stress (Enough Comfortable)</i>
>26	Tidak Nyaman (<i>Discomfort</i>)

Sumber: Kartika et al., 2021

Kenyaman populasi manusia di luar ruang dinyatakan dalam derajat Celcius, hal ini berkaitan dengan THI. Rumus persamaan McGregor & Nieuwolt (1998) yang dapat menilai THI dapat dilihat pada Gambar 1.

$THI = 0,8 T + (RH \times T/500)$

Keterangan:
 THI = *Temperature Humidity Index*
 T = Nilai Suhu (°C)
 RH = Kelembaban Udara (%)

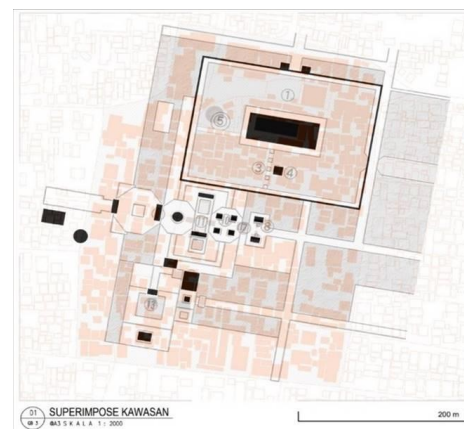
Gambar 1. Rumus persamaan THI

Sumber: McGregor & Nieuwolt, 1998

Temperature Humidity Index (THI) yang memengaruhi *thermal stress* berkaitan dengan populasi dan kepadatan. Tamansari merupakan kawasan wisata *heritage* di tengah Kota Yogyakarta, yang sejak awal berdiri hingga saat ini mengalami perubahan fisik dan fungsi. Pada awalnya Tamansari merupakan, kebun, taman, dan pemandian keluarga kerajaan yang dibangun pada tahun 1758-1765/9. *Setting* kawasan Tamansari pada masa lalu terdapat beberapa bangunan, dan kanal air, serta dibatasi dinding yang mengelilingi kawasan yang berperan sebagai benteng pertahanan Keraton Ngayogyakarta (Noviandri & Sabono, 2020).

Gambar 2 merupakan *superimpose figure ground* Tamansari masa lalu dengan Tamansari masa kini. Perubahan fungsi dan bentuk Tamansari diawali dengan adanya bencana alam gempa tektonik pada 10 Juni 1867 (Hardie & Sumarno, 2022). Pada tahun 1976 area sekitar Tamansari semakin padat dan bertumbuh secara

sporadis karena Tamansari tidak lagi digunakan total oleh kesultanan dan dapat digunakan oleh masyarakat, serta dapat diperjualbelikan. Tamansari dinyatakan sebagai cagar budaya pada tahun 1998-1999. Pada tahun 2000, Tamansari dibuka sebagai destinasi wisata budaya Yogyakarta. Peran penting/esensi taman pada Tamansari antara lain dapat menjaga kestabilan iklim mikro di area sekitarnya, namun seiring berjalannya waktu, mulai mengalami perubahan.



Gambar 2. Superimpose kawasan Tamansari

Sumber: Hasil olahan penulis, 2023

Gambar 3 memperlihatkan perkembangan permukiman di kawasan Tamansari yang semakin padat serta respon aktivitas manusia terhadap kenyamanan termis. Peningkatan suhu dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti hilangnya ruang terbuka hijau, padatnya bangunan, penggunaan material permukaan, dan aktivitas yang berdampak pada populasi. Selain itu, terdapat juga fenomena perbedaan perilaku wisatawan dalam merespon kenyamanan termis lingkungan. Contoh respon perilaku wisatawan terhadap kenyamanan termal di kawasan Tamansari yakni pada saat berada di tempat yang terdapat banyak pepohonan, wisatawan akan cenderung berjalan perlahan atau berhenti untuk berfoto. Berbeda dengan respon

perilaku ketika berada di situs Tamansari yang dikelilingi permukiman dengan material *reflective* seperti pasir dan plester batu candi, wisatawan akan cenderung berjalan lebih cepat dan hanya sedikit yang akan melakukan aktivitas berhenti atau beristirahat sejenak. Perputaran waktu yang berpengaruh pada populasi juga sangat dipengaruhi karakteristik tipologi yang ada di suatu area.



Gambar 3. Kondisi Tamansari masa kini dan respon manusia terhadap kenyamanan termis lingkungannya

Sumber: Dokumentasi penulis, 2023

Berdasarkan latar belakang yang telah ditemukan yakni terjadinya peningkatan suhu rata-rata di Yogyakarta, perubahan bentuk dan fungsi pada kawasan Tamansari Yogyakarta, perbedaan respon perilaku wisatawan terhadap kenyamanan termal, maka penelitian ini bertujuan mengetahui bagaimana pengaruh *setting* kawasan Tamansari terhadap perubahan suhu dan kelembaban (*relative humidity*) yang berdampak pada perubahan THI dalam skala mikro kawasan Tamansari.

Metode

Penelitian dilakukan menggunakan pendekatan berpikir deduktif dengan metode analisis deskriptif kuantitatif. Penelitian berlokasi di Tamansari, Kelurahan Patehan, Kecamatan Kraton, Kota Yogyakarta. Terdapat 2 garis pengamatan yakni garis timur (Garis A) dan garis utara (Garis B) di sana terdapat

situs Tamansari yang bersinggungan dengan ruang luar yang mengalami perubahan. Pada Garis A, terdapat situs yang mewakili kondisi awal Tamansari yang merupakan kebun dan pemandian dengan permukiman padat di sekelilingnya. Garis B mewakili perubahan *setting* atau *layout* Tamansari dari area kanal yang berubah menjadi permukiman padat. Gedhong Temanten (titik amatan 2) menjadi pusat pada kawasan ini, yang saat ini berfungsi sebagai tempat penjualan tiket sekaligus merupakan kantor area wisata Tamansari. Dalam radius ± 120 m dari Gedhong Temanten terdapat situs lainnya yang langsung bersinggungan dengan ruang luar seperti Pulo Kenanga, Gapura Agung, dan Gedong Blawong. Rute wisata yang biasa digunakan adalah Garis A-D (timur-barat) dan Garis B-C (utara). Penelitian terbagi menjadi 2 zona, Pertama adalah Zona I Timur (area sekitar Garis A) dan Zona II Utara. Seperti yang tertera pada Gambar 4, terdapat 3 titik amatan dan pengukuran pada penelitian ini, yaitu:

1. Area parkir dan komersial pada Zona I (Titik amatan 1)
Titik amatan 1 memiliki fungsi penunjang yang penting dalam kegiatan wisata di Tamansari, yakni area parkir dan komersial.
2. Gedhong Temanten (loket) pada Zona I (Titik amatan 2)
Titik amatan 2 merupakan pusat (titik tengah) kawasan Tamansari yang masih merepresentasikan kondisi awal Tamansari
3. Permukiman (sebelah selatan Pasar Ngasem) pada Zona I (Titik amatan 3)
Titik amatan 3 pada awalnya adalah kanal air, kini berubah menjadi permukiman padat, serta terdapat Pasar Ngasem di sisi utara.



Gambar 4. Area dan titik amatan
Sumber: Hasil olahan penulis, 2023

Tahap Survei Lapangan

Survei pengambilan data lapangan dilakukan pada hari libur atau *weekend* dan pada hari kerja. Pengambilan data dilakukan sesuai area dan titik pengamatan pada Gambar 4. Pengukuran dan pengambilan data iklim dilakukan untuk mengumpulkan data berupa suhu udara dan kelembaban, menggunakan alat *data logger* Extech RHT20, yang dapat merekam data iklim temperatur dan kelembaban. Akurasi 3% untuk kelembaban dan 1°C untuk suhu 0-40°C (Gambar 5).



Gambar 5. Data logger Extech RHT20
Sumber: Dokumentasi penulis, 2023

Pengambilan data dilakukan pada pukul 09:00-15:00 WIB, sesuai jam operasional objek wisata pada 3 waktu

berbeda. Waktu pengambilan data ditentukan pada hari Sabtu 16 Desember 2023, Selasa 16 Januari 2024, dan Sabtu 16 Maret 2024, dengan rentang waktu 6 jam, sehingga interval setiap 5 menit dinilai cukup dan dapat melihat serta mengamati perubahan suhu dan kelembaban. Selain itu, terdapat data harian untuk melihat kecenderungan nilai THI. Data harian selama 7 hari diambil pada 16-22 Januari 2024 dalam cuaca hujan dan 7 hari pada 16-22 Maret 2024 dalam cuaca cerah.

Selain pengambilan data iklim, dilakukan juga pengukuran lokasi titik amatan, seperti lebar jalan, ketinggian bangunan, dan keberadaan vegetasi pada radius 10 m dari titik amatan untuk memperlihatkan situasi dan kepadatan. Jenis dan sumber data yang diambil dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis dan sumber data

No.	Data	Jenis Data	Sumber
1.	Suhu	Primer	Data Lapangan
2.	Kelembaban	Primer	Data Lapangan
3.	Ukuran/ dimensi titik pengamatan	Primer dan Sekunder	Data Lapangan dan citra satelit

Sumber: Hasil olahan penulis, 2023

Tahap Perhitungan dan Analisis

Data lapangan terkait kelembaban dan suhu udara akan dianalisis dengan persamaan THI pada setiap titik pengamatan. Data yang diambil adalah data terkait suhu rata-rata setiap jam dan kelembaban rata-rata setiap jam untuk menilai THI di setiap titik amatan.

Data iklim yang merupakan variabel nilai THI dianalisis dengan melihat faktor *building coverage* dan aktivitas di sekitar titik amatan. Selain itu, dilakukan pengamatan THI pada waktu tertentu dan THI harian berdasarkan cuaca (cerah

maupun hujan). Nilai THI akan disandingkan dengan persamaan persepsi kenyamanan termal untuk melihat bagaimana kondisi iklim direspon melalui persepsi kenyamanan termal.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran suhu dan kelembaban digunakan untuk melihat kondisi iklim pada titik amatan dan melihat korelasi nilai THI dengan persepsi kenyamanan termal ruang luar di Tamansari pada waktu yang sama. Persamaan persepsi kenyamanan termal oleh Sangkertadi & Syafriny (2012) digunakan untuk mengetahui hubungan dan pengaruh nilai THI dengan persepsi kenyamanan termal. Hasil pengukuran lapangan yang menghasilkan data primer suhu udara dan kelembaban setiap titik amatan dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4. Bagian yang berwarna kuning menunjukkan angka tertinggi, sedangkan yang berwarna hijau menunjukkan angka terendah.

Tabel 3. Hasil pengukuran suhu

Times		Zona I		Zona II	Average T (°C)
		CP 1	CP 2	CP 3	
16, Desember 2023	10.00	38,70	32,00	37,04	35,91
	11.00	40,42	33,00	37,41	36,94
	12.00	37,80	32,80	36,69	35,76
	13.00	36,70	33,30	37,10	35,70
	14.00	35,40	33,40	36,82	35,21
	15.00	34,10	37,40	35,98	35,83
Maximal (°C)		40,42	37,40	37,41	36,94
Minimal (°C)		34,10	32,00	35,98	35,21
Average (°C)		37,19	33,65	36,84	–
ΔT (°C)		6,32	5,40	1,43	1,74
Times		Zona I		Zona II	Average T (°C)
		CP 1	CP 2	CP 3	
16, Januari 2024	10.00	33,70	34,90	29,80	32,80
	11.00	35,20	36,50	30,20	33,97
	12.00	35,8	37,20	30,90	34,05
	13.00	35,8	37,30	31,10	34,20

	14.00	34,60	35,20	30,50	33,43
	15.00	32,60	32,00	28,70	31,10
Maximal (°C)		35,20	37,30	31,10	34,20
Minimal (°C)		32,60	32,00	28,70	31,10
Average (°C)		34,03	35,52	30,20	–
ΔT (°C)		2,60	5,30	2,40	3,10
Times		Zona I		Zona II	Average T (°C)
		CP 1	CP 2	CP 3	
16, Maret 2024	10.00	37,10	34,20	33,40	34,90
	11.00	37,50	35,20	34,10	35,60
	12.00	37,00	34,50	34,20	35,23
	13.00	35,30	32,20	33,80	33,77
	14.00	34,60	31,90	33,60	33,37
	15.00	33,90	31,20	32,90	32,67
Maximal (°C)		37,50	35,20	34,20	35,60
Minimal (°C)		33,90	31,20	32,90	32,67
Average (°C)		35,90	33,20	33,67	–
ΔT (°C)		3,60	4,00	1,30	2,93

Sumber: Hasil analisis penulis, 2024

Tabel 4. Hasil pengukuran kelembaban
Kelembaban rata-rata per jam, RH (%)

Times		Zona I		Zona II	Average RH (%)
		CP 1	CP 2	CP 3	
16, Desember 2023	10.00	42,50	55,50	45,90	47,97
	11.00	40,01	54,70	46,78	47,16
	12.00	44,70	55,30	48,48	49,49
	13.00	46,46	52,20	47,11	48,59
	14.00	47,98	52,10	46,32	48,80
	15.00	52,40	45,90	49,46	49,25
Maximal (%)		52,40	55,50	49,46	49,49
Minimal (%)		40,01	45,90	45,90	47,16
Average (%)		45,68	52,62	47,34	–
ΔRH (%)		12,39	9,60	3,56	2,33
Times		Zona I		Zona II	Average RH (%)
		CP 1	CP 2	CP 3	
16, Januari 2024	10.00	59,20	54,80	61,20	58,40
	11.00	55,90	51,70	58,50	55,37
	12.00	54,40	50,70	58,10	54,40
	13.00	54,40	50,60	56,90	53,97
	14.00	57,40	55,10	59,60	57,37
	15.00	63,90	64,00	64,60	64,17
Maximal (%)		63,90	64,00	64,60	64,17
Minimal (%)		54,40	50,60	56,90	53,97
Average (%)		57,53	54,48	59,82	–

Δ RH (%)		9,50	13,40	7,70	10,20
Times	Zona I		Zona II		Average RH (%)
	CP 1	CP 2	CP 3		
16. Maret 2024	10.00	48,70	52,80	58,00	53,17
	11.00	48,40	52,20	57,20	52,60
	12.00	50,30	53,10	57,90	53,77
	13.00	53,20	55,30	59,50	56,00
	14.00	51,70	52,60	56,70	53,67
	15.00	55,30	55,70	59,70	56,90
Maximal (%)		55,30	55,70	59,70	56,90
Minimal (%)		48,40	52,20	56,70	52,60
Average (%)		51,27	53,62	58,17	-
Δ RH (%)		6,90	3,50	3,00	4,30

Sumber: Hasil analisis penulis, 2024

Pemasangan alat dilakukan bersama pihak pengelola Pariwisata Tamansari dengan menentukan titik yang telah dipilih. Namun tempat pemasangan ditentukan oleh pihak pengelola Pariwisata Tamansari untuk menjaga keamanan alat ukur. Kemudian dilakukan pengolahan data dengan mencari data tertinggi, data terendah, selisih data dan rata-rata data per jam setiap titik amatan.

Data suhu hasil pengukuran pada Tabel 3 dilakukan pada jam yang sama di tanggal 16 Desember 2023 dengan cuaca cerah, tanggal 16 Januari 2024 dengan cuaca hujan dan berawan, dan tanggal 16 Maret 2024 dengan cuaca cerah berawan. Berdasarkan hasil pengukuran, suhu tertinggi terjadi pada 16 Desember 2023 dan suhu terendah pada 16 Januari 2024. Berdasarkan ketiga waktu pengambilan data iklim menunjukkan perbedaan cuaca yang memberikan pengaruh signifikan pada suhu dan kelembaban. Selisih suhu rata-rata maksimal pada cuaca cerah dengan cuaca hujan adalah 1,4-2,74°C. Sementara kelembaban di kawasan Tamansari masih 47,16-64,17% dalam keadaan optimal untuk kenyamanan termal ruang luar dalam konteks

kenyamanan termal berdasarkan ASHRAE (2013).

Suhu tertinggi terjadi pada pukul 11:00-13:00, dan suhu mulai turun pada pukul 14:00. Hasil pengukuran sesuai dengan sifat hubungan suhu dan kelembaban, yakni memiliki nilai berbanding terbalik. Berdasarkan hasil pengukuran, titik amatan yang memiliki suhu tertinggi adalah Titik amatan 1 di Zona I pada cuaca cerah. Berbeda dengan saat cuaca hujan, suhu tertinggi berada di Titik amatan 2 Zona I. Titik amatan 2 memiliki suhu paling rendah pada saat cuaca cerah. Hal ini disebabkan terjadinya perpindahan udara hangat dari tanah yang naik melalui proses konveksi termal pada saat hujan turun. Selain itu, panas dapat terperangkap oleh awan tebal yang mengakibatkan peningkatan suhu permukaan (Wang et al., 2023). Titik amatan 2 juga memiliki data iklim yang fluktuatif, terlihat dari Δ T (°C) yang relatif besar.

Building Coverage

Building coverage area Tamansari mengalami peningkatan pada tahun 1765-1867 dan tahun 2024. Lebih detail terlihat pada Tabel 5, edangkan Gambar 6 memperlihatkan kepadatan dan kondisi eksisting disekitar titik amatan pada 2 zona (Zona I timur dan Zona II utara).

Tabel 5. Building coverage

Building Coverage Ratio (BCR) dalam m ²	Luas Zona (m ²)	Tahun	
		1765-1867	2024
Zona I	20.000	Building coverage	895,93 8723,84
		Building Coverage Ratio (BCR)	4,48% 43,62%
Zona II	20.000	Building coverage	857,78 13324,51
		Building Coverage Ratio (BCR)	3,43% 53,30%

Sumber: Hasil analisis penulis, 2024



Gambar 6. Building coverage
 Sumber: Hasil olahan penulis, 2024

Tabel 5 dan Gambar 6 memperlihatkan peningkatan *building coverage ratio* kawasan Tamansari pada Zona I (timur) dan Zona II (utara). Nilai *building coverage ratio* Zona I adalah 43,62%, sedangkan nilai BCR pada Zona II lebih besar yaitu 53,3%. Jika dibandingkan dengan *setting* awal Tamansari, persentase peningkatan BCR kawasan Tamansari mencapai >85%. Kepadatan

suatu kawasan berpengaruh terhadap peningkatan suhu kawasan. Material permukaan merupakan bagian dari *building coverage*.

Material permukaan jalan pada Titik amatan 1 adalah batu candi, sedangkan material permukaan pada ruang terbuka adalah tanah, plester, dan *paving block*. Material jalan pada Titik amatan 2 adalah batu (jalur setapak) dan rumput pada area terbuka (Octarino & Noviandri, 2021). Titik amatan 1 dan Titik amatan 2 merupakan area yang masih menggambarkan kondisi awal, dengan adanya *layout* situs yang masih sama dan fungsi jalan relatif tidak berubah. Luasan area pengamatan adalah 12.500 m². Titik amatan 1 memiliki *building coverage* seluas 5181,17 m² atau 41,45% dari luas area pengamatan. Sementara Titik amatan 2 memiliki *building coverage* seluas 4.488,42 m² atau 35,9% dari luas area pengamatan. Kedua titik memiliki ruang terbuka >50 % dari luas area amatan. Elemen *softscape* mendominasi ruang terbuka pada Titik amatan 2, sedangkan elemen *hardscape* mendominasi ruang terbuka pada Titik amatan 1. Area pada Titik amatan 3 merupakan area di dekat situs yang mengalami perubahan bentuk dan fungsi. Titik amatan 3 memiliki ruang terbuka didominasi material batu candi (Plaza Ngasem), dan jalan dengan material *paving block*. Titik amatan 3 memiliki *building coverage* seluas 6396,88 m² atau 51,18% dari luas area pengamatan. Luas area terbuka pada Titik amatan 3 kurang dari 50% luas area amatan. Ruang terbuka pada titik amatan 3 didominasi elemen *hardscape*.

Terjadi korelasi dari hasil survei lapangan antara nilai THI dengan *building coverage* yakni kepadatan yang tinggi akan memiliki rata-rata suhu harian. Maka kepadatan berpengaruh pada peningkatan suhu kawasan, dan

peningkatan suhu kawasan dapat memengaruhi nilai THI serta kenyamanan termal ruang luar.

Populasi dan Waktu

Selain *building coverage* yang memengaruhi kepadatan, aktivitas manusia memengaruhi populasi di setiap titik amatan. Untuk melihat populasi berdasarkan aktivitas, dilakukan pembobotan dengan skala seperti pada Tabel 6. Pembobotan ini dibagi berdasarkan lama waktu yang dibutuhkan dalam aktivitas dan jumlah manusia dalam satu tempat. Sesuai persepsi kenyamanan termal ketika aktivitas cenderung diam (statis), maka kenyamanan termal ruang luar akan lebih panas. Pembobotan juga melihat bahwa tipologi ini memiliki kapasitas sesuai dengan aktivitas.

Tabel 6. Pembobotan waktu aktivitas

Skor durasi waktu (setiap titik amatan)			
1	2	3	4
1 menit berjalan	1-3 menit berhenti sejenak	3-10 menit duduk atau istirahat	>10 menit melakukan suatu kegiatan

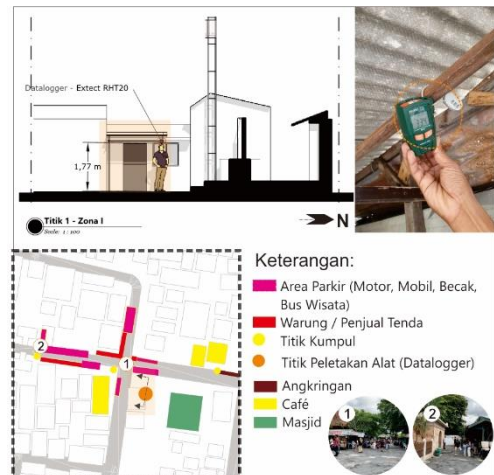
Sumber: Hasil olahan penulis, 2024

Berikut beberapa aktivitas yang dikelompokkan dalam durasi waktu tertentu dengan mempertimbangkan tipologi yang ada pada titik amatan:

1. Waktu 1 menit: berjalan (sambil lalu).
2. Waktu 1-3 menit: pembelian tiket, berfoto, membeli makanan ringan dan minuman.
3. Waktu 3-10 menit: duduk, parkir, mendengarkan pengarahannya dan cerita dari pemandu wisata, membeli cinderamata.
4. Waktu lebih dari 10 menit: makan, menongkrong, *drop-off* dan berkumpul.

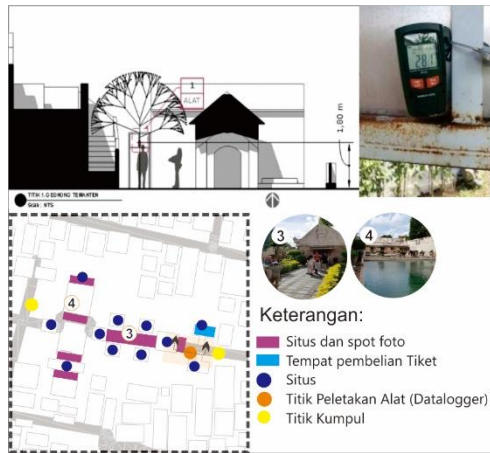
Titik amatan 1 merupakan suatu area yang memiliki tipologi yang beragam,

yaitu *café*, warung, penjual *souvenir*, area parkir, *drop-off*, angkringan, dan masjid, serta menjadi tempat awal untuk titik kumpul wisata, baik dalam kelompok besar maupun kecil. Hal ini menyebabkan Titik amatan 1 memiliki populasi yang tinggi, karena terdapat aktivitas yang memerlukan durasi waktu yang panjang. Titik amatan 1 memiliki bobot waktu aktivitas yaitu 10, karena terdapat aktivitas dengan durasi singkat 1 menit hingga aktivitas dengan durasi lebih dari 10 menit. Titik amatan 1 berlokasi di area parkir dan area komersial, yang merupakan *entrance* atau pintu masuk utama kawasan objek wisata Tamansari (Gambar 7).



Gambar 7. Kondisi eksisting Titik amatan 1
 Sumber: Hasil olahan penulis, 2024

Aktivitas dominan yang ada di Titik amatan 2 adalah menikmati situs Tamansari dalam kegiatan wisata, berfoto, duduk, dan istirahat (Gambar 8). Tidak terlalu banyak tipologi aktivitas, dan pada area ini memiliki durasi waktu kurang dari 10 menit untuk aktivitas dominan. Meskipun merupakan atraksi wisata dan *spot* foto yang menarik, pengunjung tidak terlalu lama tinggal di area ini sebab harus melanjutkan ke lokasi lainnya. Maka Titik amatan 2 memiliki bobot waktu aktivitas yaitu 6.



Gambar 8. Kondisi eksisting Titik amatan 2
 Sumber: Hasil olahan penulis, 2024

Kondisi eksisting dan tipologi pada Titik amatan 3 dapat dilihat pada Gambar 9. Aktivitas yang dominan di kawasan ini adalah kegiatan pasar dan beberapa orang beristirahat atau sekedar duduk di Plaza Ngasem. Aktivitas dominan pada Titik amatan 3 terjadi di area pasar, dengan intensitas tidak terlalu padat. Selain itu, Pasar Ngasem juga tidak selalu berhubungan langsung dengan kegiatan mayoritas wisatawan di Tamansari. Maka pembobotan waktu di Titik amatan 3 adalah 7, dengan durasi 3 menit hingga lebih dari 10 menit.



Gambar 9. Kondisi eksisting Titik amatan 3
 Sumber: Hasil olahan penulis, 2024

Temperature Humidity Index (THI)
 Tabel 7 di bawah ini menunjukkan nilai *Temperature Humidity Index* yang

diambil dari pengukuran lapangan pada jam 10:00-15:00.

Tabel 7. Nilai THI 10:00-15:00

16, Desember 2023			
Data	Zona I		Zona II
	CP 1	CP 2	CP 3
Maximal T (°C)	40,42	37,40	37,41
Average T (°C)	37,19	33,65	36,84
Maximal RH (%)	40,42	37,40	37,41
Average RH (%)	37,19	33,65	36,84
THI dengan suhu tertinggi	35,34	32,44	32,68
THI dengan kelembaban tertinggi	32,76	29,44	32,23
THI	32,52	29,18	32,19
16, Januari 2024			
Data	Zona I		Zona II
	CP 1	CP 2	CP 3
Maximal T (°C)	35,20	37,30	31,10
Average T (°C)	34,03	35,52	30,20
Maximal RH (%)	63,90	64,00	64,60
Average RH (%)	57,53	54,48	59,82
THI dengan suhu tertinggi	32,21	33,90	28,60
THI dengan kelembaban tertinggi	31,57	32,96	28,06
THI	31,14	32,28	27,77
16, Maret 2024			
Data	Zona I		Zona II
	CP 1	CP 2	CP 3
Maximal T (°C)	37,50	35,20	34,20
Average T (°C)	35,90	33,20	33,67
Maximal RH (%)	55,30	55,70	59,70
Average RH (%)	51,27	53,62	58,17
THI dengan suhu tertinggi	33,85	31,93	31,34
THI dengan kelembaban tertinggi	32,69	30,26	30,95
THI	32,40	30,12	30,85

Sumber: Hasil analisis penulis, 2024

Peningkatan suhu dan kelembaban menyebabkan peningkatan nilai THI. Nilai THI menggunakan data rata-rata suhu dan rata-rata kelembaban. Berdasarkan hasil perhitungan di atas, faktor suhu lebih memengaruhi nilai THI dibandingkan faktor kelembaban. Jika menggunakan THI dengan nilai suhu tertinggi dan kelembaban rata-rata maka peningkatan dari nilai THI mencapai lebih dari 1°C. Sedangkan jika menggunakan nilai THI dengan nilai kelembaban tertinggi dengan suhu rata-rata, maka peningkatan nilai THI kurang

dari 1°C. Nilai THI pada seluruh kawasan Tamansari adalah 27,77°C hingga 32,52°C dengan deskripsi tidak nyaman.

Nilai THI tertinggi saat cuaca cerah/panas adalah Titik amatan 1, dan nilai THI tertinggi saat cuaca hujan adalah Titik amatan 2. Titik amatan 1 dan 2 berada berdekatan dan masih dalam 1 zona yang sama. Sedangkan nilai THI terendah pada cuaca panas adalah Titik amatan 2, namun pada cuaca hujan adalah Titik amatan 3. Maka urutan lokasi yang memiliki nilai THI tertinggi hingga THI terendah pada cuaca cerah/panas adalah Titik amatan 1, kemudian Titik amatan 3, dan nilai THI terendah adalah Titik amatan 2. Sementara urutan lokasi berdasarkan nilai THI tertinggi pada cuaca hujan adalah Titik amatan 2, kemudian Titik amatan 1, dan nilai THI terendah adalah Titik amatan 3. Hal ini sangat dipengaruhi oleh aktivitas dan kondisi fisik (*building coverage*) pada sekitar titik amatan.

Thermal Humidity Index memengaruhi *thermal stress* manusia, maka THI dapat memengaruhi persepsi kenyamanan termal. Perhitungan persamaan persepsi kenyamanan termal dilakukan menggunakan data THI tertinggi dengan suhu tertinggi pada 16 Desember pukul 11:00. Perhitungan persepsi kenyamanan termal digunakan untuk aktivitas berjalan santai dan duduk atau istirahat (Tabel 8). Variabel iklim yang digunakan dalam persamaan ini adalah suhu dan kelembaban sebagai variabel bebas, dengan standar kenyamanan kecepatan angin sebagai variabel tetap. Menurut World Health Organization (2010), standar kecepatan angin yang nyaman untuk aktivitas di luar ruangan adalah 1,5-5,4 m/s.

Tabel 8. Persepsi kenyamanan termal

Kenyamanan termal berjalan santai (di bawah teduhan) $T_a=T_g$

	v	Ta	Tg	HR	ADU	YJS	PERSEPSI
CP1	1,50	40,4	40,4	42,5	1,7	1,9	Hangat-panas
CP2	1,50	33,0	33,0	54,7		0,9	Nyaman-hangat
CP3	1,50	37,0	37,0	46,8		1,5	Hangat-panas

Kenyamanan termal saat duduk (di bawah teduhan) $T_a=T_g$

	v	Ta	Tg	HR	ADU	YJS	PERSEPSI
CP1	1,50	40,4	40,4	42,5	1,7	2,4	Panas
CP2	1,50	33,0	33,0	54,7		0,8	Nyaman-hangat
CP3	1,50	37,0	37,0	46,8		1,6	Hangat-panas

Kenyamanan termal berjalan santai (tanpa teduhan) $T_a<T_g$

	v	Ta	Tg	HR	ADU	YJS	PERSEPSI
CP1	1,50	40,4	61,6	42,5	1,7	3,6	Sangat panas
CP2	1,50	33,0	54,0	54,7		2,6	
CP3	1,50	37,0	57,7	46,8		3,2	

Kenyamanan termal saat duduk (tanpa teduhan) $T_a<T_g$

	v	Ta	Tg	HR	ADU	YJS	PERSEPSI
CP1	1,50	40,4	61,6	42,5	1,7	5,9	Panas
CP2	1,50	33,0	54,0	54,7		4,3	
CP3	1,50	37,0	57,7	46,8		5,1	

Keterangan:

- v : kecepatan angin sebagai variabel yang diabaikan dalam penghitungan persepsi kenyamanan termal
- Ta : suhu udara
- Tg : suhu radiasi
- HR : kelembaban
- ADU : permukaan kulit manusia
- YJS : persamaan kenyamanan termal saat berjalan santai dan duduk

Sumber: Hasil analisis penulis, 2024

Saat cuaca panas dengan suhu tertinggi, nilai THI berbanding lurus dengan persepsi kenyamanan termal saat berjalan maupun duduk, yakni dengan deskripsi THI tidak nyaman dan persepsi kenyamanan termal panas. Selain itu, hasil persamaan persepsi kenyamanan termal Titik amatan 1 dan 3 adalah panas, sedangkan Titik amatan 2 merupakan titik yang relatif lebih nyaman. Hal ini sejalan dengan nilai THI pada cuaca panas.

Selain perhitungan THI saat siang hari (jam operasional), dilakukan juga perhitungan THI harian untuk mengetahui kondisi iklim mikro kawasan dalam *Temperature Humidity Index*. Pada titik amatan yang sama dilakukan pengukuran untuk mencari nilai THI harian. Data iklim yang dipakai untuk mengetahui THI harian diambil dua kali yaitu selama 7 hari pada 16-22 Januari 2024 dan selama 7 hari pada 16-22 Maret 2024 (Tabel 9). Interval data iklim yang diambil adalah setiap 5 menit dalam durasi 7 hari. Kemudian data tersebut akan dibuat dalam bentuk data rata-rata harian suhu dan kelembaban (Astuti, 2024).

Tabel 9. Nilai THI harian

THI 16-22 Januari 2024						
Tanggal	Zona I				Zona II	
	TA 1	Ket.	TA 2	Ket.	TA 3	Ket.
16/01/24	28,56	TN	28,28	TN	27,48	TN
17/01/24	27,00	TN	26,72	TN	26,33	TN
18/01/24	25,12	CN	26,72	TN	24,30	CN
19/01/24	25,16	CN	24,76	CN	24,23	CN
20/01/24	26,54	TN	26,49	TN	25,49	TN
21/01/24	26,08	TN	25,74	CN	25,11	CN
22/01/24	27,38	TN	27,10	TN	26,35	TN
Average	26,55	TN	26,54	TN	25,61	TN
THI 16-22 Maret 2024						
Tanggal	Zona I				Zona II	
	TA 1	Ket.	TA 2	Ket.	TA 3	Ket.
16/03/24	27,76	TN	27,26	TN	28,03	TN
17/03/24	27,29	TN	27,26	TN	27,85	TN
18/03/24	28,02	TN	27,79	TN	28,26	TN
19/03/24	28,23	TN	27,94	TN	28,47	TN
20/03/24	28,48	TN	28,05	TN	25,49	TN
21/03/24	27,57	TN	27,52	TN	28,64	TN
22/03/24	27,41	TN	28,98	TN	28,08	TN
Average	27,82	TN	27,83	TN	27,83	TN

Keterangan:

CN : Cukup Nyaman

TN : Tidak Nyaman

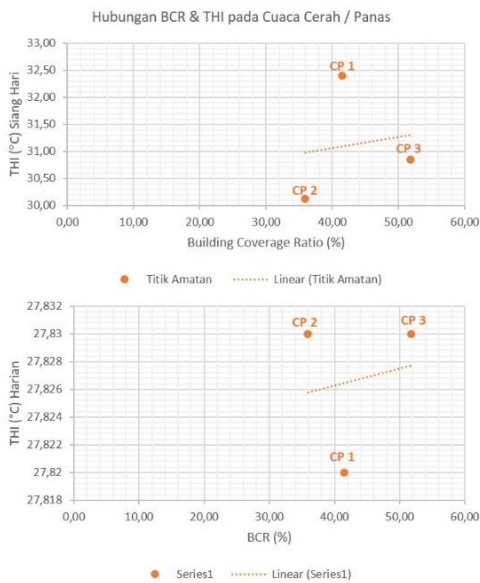
Sumber: Astuti, 2024

Temperature Humidity Index harian memiliki nilai yang berbeda dengan nilai THI sesaat atau pada jam tertentu. Hal ini dipengaruhi oleh suhu dan

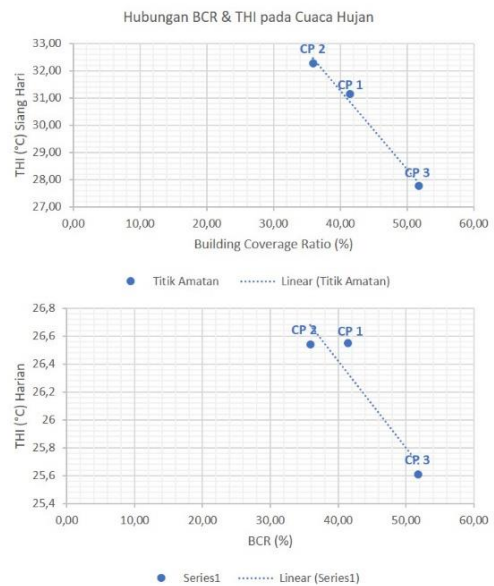
kelembaban pada siang maupun malam hari. Pada malam hari, area atau tempat dengan kepadatan lebih tinggi akan cenderung menyimpan panas, dikarenakan kepadatan dapat mengurangi ventilasi udara, suhu material permukaan, dan kurangnya vegetasi. Sementara pada area terbuka akan memiliki suhu yang relatif lebih rendah. Faktor kondisi fisik seperti *building coverage* dan elemen vegetasi berpengaruh terhadap nilai THI harian suatu kawasan.

Hubungan Setting Kawasan dengan *Temperature Humidity Index*

Setting kawasan yang menjadi faktor THI dalam penelitian ini adalah *building coverage* dan populasi. Populasi yang dimaksud adalah kepadatan (jumlah) manusia berdasarkan tipologi atau aktivitas dengan pembobotan durasi waktu. Hasil nilai THI pada *setting* kawasan Tamansari juga dipengaruhi oleh faktor cuaca atau iklim. Hubungan regresi linear antara *building coverage ratio* dengan nilai THI berbanding lurus seperti pada Gambar 10. Nilai THI pada siang hari di Titik amatan 1 menjadi tinggi juga dipengaruhi oleh banyaknya aktivitas (tipologi) dengan durasi yang bervariasi sehingga mengakibatkan meningkatnya jumlah populasi (kepadatan pengguna). Hal ini berdampak pada peningkatan suhu pada siang hari saat cuaca cerah.



Gambar 10. Grafik regresi BCR dengan THI dalam kondisi cuaca cerah/panas
 Sumber: Hasil analisis penulis, 2024



Gambar 11. Kondisi eksisting Titik amatan 2
 Sumber: Hasil olahan penulis, 2024

Hubungan regresi linear *building coverage ratio* dengan nilai THI saat cuaca hujan adalah berbanding terbalik dengan garis linear regresi hubungan BCR dengan THI pada cuaca cerah/panas seperti pada Gambar 11. Dapat diartikan pada cuaca hujan lokasi yang memiliki nilai BCR paling rendah justru memiliki nilai THI relatif tinggi. Hal ini dipengaruhi oleh tingginya kelembaban di area terbuka yang mengakibatkan udara terasa panas dan suhu tanah akan naik ke udara saat hujan.

Kesimpulan

Nilai THI pada kawasan Tamansari dapat dideskripsikan “tidak nyaman.” Meskipun demikian, nilai THI pada setiap titik amatan menunjukkan hasil berbeda. Hal tersebut dipengaruhi oleh *setting* atau *layout* yang berhubungan dengan kepadatan dan aktivitas yang berhubungan pada populasi masing-masing titik amatan.

Nilai THI pada 3 titik amatan berbanding lurus dengan *building coverage ratio* pada cuaca panas dan berbanding terbalik pada cuaca hujan. Hal ini menjelaskan adanya peningkatan suhu akibat meningkatnya *building coverage* atau material permukaan bangunan dan berkurangnya lahan terbuka. Namun, saat cuaca hujan, suhu tanah akan naik ke udara karena adanya peningkatan kelembaban sehingga suhu panas dapat terperangkap karena adanya awan tebal.

Suhu menjadi faktor dominan yang memengaruhi nilai THI. Adanya peningkatan suhu dari tingginya aktivitas dan populasi manusia dapat meningkatkan nilai THI yang juga memengaruhi persepsi kenyamanan termal seseorang dalam beraktivitas. Nilai THI selaras dengan persepsi kenyamanan termal di lokasi penelitian yakni hangat-panas yang menyebabkan rasa tidak nyaman.

Penelitian memberikan kontribusi serta berfokus pada bagaimana *building coverage* dan aktivitas mempengaruhi kondisi THI di kawasan Tamansari pada setiap titik amatan dengan karakter yang berbeda. Penelitian juga berguna untuk rekomendasi strategi penataan kawasan, terutama dalam pengaliran udara yang mampu merespon kepadatan berdasarkan hasil penelitian. Strategi pengaliran udara dapat melalui penataan vegetasi, penambahan elemen teduhan, pemilihan material, dan konfigurasi bangunan. Studi ini memiliki beberapa keterbatasan, yakni keterbatasan lokasi pengambilan data yang belum mencakup seluruh area kawasan Tamansari, serta belum menganalisis faktor lain, seperti material permukaan dan vegetasi yang dapat mempengaruhi nilai THI serta kenyamanan termal ruang luar kawasan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Bapak Iwan dan Bapak Wanto sebagai pihak pengelola wisata Tamansari yang telah membantu dalam proses pemasangan alat dan pengambilan data, kepada Saudara Teo Regar yang telah membantu dalam survei lapangan dan pengumpulan data, serta kepada semua pihak yang telah membantu sehingga penelitian dapat berjalan dengan baik.

Daftar Pustaka

- Alfian, R., Nuraini, N., & Uran, R. S. (2018). entifikasi Termal Humidity Index (THI) Lanskap Jalan Soekarno Hatta Kota Malang, Jawa Timur (Identification of Thermal Humidity Index (THI) of Soekarno Hatta Street Landscape, Malang City, East Java). *Seminar Nasional Kota Berkelanjutan*. <https://doi.org/10.25105/psnkb.v1i1.2894>
- 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).
- ASHRAE. (2013). *Standard 55-2013 -- Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (ANSI Approved) (Vols. 55–2023)*. ASHRAE. <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/thermal-environmental-conditions-for-human-occupancy>
- Astuti, A. M. K. (2024). *Identifikasi Kenyamanan Termal Ruang Luar Akibat Perubahan Urban Morfologi Kawasan Taman Sari* [Tesis]. Universitas Kristen Duta Wacana.
- Gusti, H. I. K., Hasyim, A. W., & Meidiana, C. (2019). Evaluasi Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Kondisi Temperature Humidity Index di Kabupaten Sidoarjo. *Planning for Urban Region and Environment*, 8(2), 85–96.
- Hardie, C. G. P., & Sumarno. (2022). Perkembangan Alih Fungsi Bangunan Kompleks Taman Sari

- Keraton Yogyakarta Tahun 1972-2000. *AVATARA*, 12(4).
- Kartika, Q. A., Hidayat, R., & Virgianto, R. H. (2021). Perubahan Temperature Humidity Index (THI) di Pulau Jawa sejak 1981 hingga 2019. *Majalah Geografi Indonesia*, 35(2). <https://doi.org/10.22146/mgi.63432>
- McGregor, G. R., & Nieuwolt, S. (1998). *Tropical Climatology: An Introduction to the Climates of the Low Latitudes*. John Wiley & Sons Inc.
- Noviandri, P. P., & Sabono, F. (2020). Kajian Perubahan Ruang dan Soundmark Kawasan Wisata Pusaka Tamansari Yogyakarta. *ATRIUM Jurnal Arsitektur*, 4(1). <https://doi.org/10.21460/atrium.v4i1.27>
- Octarino, C. N., & Noviandri, P. P. (2021). Study of microClimate Characteristic in Tamansari Yogyakarta as a Heritage Tourism Area. *Jurnal Arsitektur Dan Perencanaan (JUARA)*, 4(1), 1–10. <https://doi.org/10.31101/juara.v4i1.1470>
- Sangkertadi, S., & Syafriny, R. (2012). Perumusan Persepsi Kenyamanan Termis Pejalan Kaki di Iklim Tropis Lembab dan Membandingkan dengan Rumus untuk Iklim lainnya. *Forum Geografi*, 26(2). <https://doi.org/10.23917/forgeo.v26i2.5069>
- Wang, M., Su, J., Xu, Y., Han, X., Peng, N., & Ge, J. (2023). Radiative contributions of different cloud types to regional energy budget over the SACOL site. *Climate Dynamics*, 61(3–4). <https://doi.org/10.1007/s00382-022-06651-0>
- Wilson, T. E., & Crandall, C. G. (2011). Effect of thermal stress on cardiac function. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 39(1). <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e318201eed6>
- World Health Organization. (2010). *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants*. World Health Organization.