

Pengaruh Urban Geometri, Material, dan Vegetasi Terhadap Kenyamanan Termal Jalan Pangeran Diponegoro Yogyakarta Berbasis Simulasi

Hendratmo Cesma Mulya¹, Nedyomukti Imam Syafii²

Universitas Gajah Mada. +6281907165307.

Email: hces52@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Abstract: Yogyakarta city government plans to increase the number of tourists and make Pangeran Diponegoro street as a center for tourism and cultural development in the city of Yogyakarta. One way to realize these expectations is by increasing thermal comfort in the corridor space. However, the landuse on the south part of corridor has changed, so that it affect the changes in physical spatial condition which will have an impact on decreasing the quality of the thermal comfort on Pangeran Diponegoro street. The purpose of this research is to determine the physical factors in the corridor that have the most influence on thermal comfort and to find a development guidelines that can reduce the impact of Urban Heat Island at Pangeran Diponegoro Street Yogyakarta. The research method uses direct observation, then simulated modifies the physical condition of the corridor (building height, pavement material, and vegetation) using ENVI- met 3.1. The results showed that corridor existing had not yet reached a thermal comfort. The results of the geometry modification show that height modification have an impact on decreasing the thermal comfort of the corridor, while the albedo pavement material changes to 0.7 and the addition of vegetation as much as 75% succeeds in making the corridor more comfortable.

Keywords: Thermal comfort, urban geometry, materials, vegetation, and ENVI-met 3.1

Abstrak: Pemerintah kota Yogyakarta berencana meningkatkan jumlah wisatawan kota dan menjadikan jalan Pangeran Diponegoro sebagai pusat pengembangan pariwisata dan budaya di kota Yogyakarta. Salah satu cara yang dapat dilakukan agar keinginan tersebut dapat terwujud yaitu dengan meningkatkan kenyamanan termal pada ruang koridor. Namun akibat adanya peraturan tersebut, fungsi penggunaan lahan pada bagian selatan jalan Pangeran Diponegoro menjadi berubah, sehingga hal tersebut akan mempengaruhi kondisi pengembangan fisik kawasan yang akan berdampak pada penurunan kualitas kenyamanan termal koridor. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui faktor fisik pada koridor yang paling berpengaruh terhadap kenyamanan termal dan memberikan arahan desain yang dapat mengurangi peristiwa *Urban Heat Island* di jalan Pangeran Diponegoro Yogyakarta. Metode penelitian menggunakan pengamatan langsung, kemudian melakukan modifikasi terkait kondisi fisik kawasan (ketinggian bangunan, vegetasi, dan material perkerasan) dengan bantuan *software* ENVI-met 3.1. Hasil penelitian menunjukkan, kondisi eksisting koridor belum mencapai termal yang nyaman. Hasil simulasi modifikasi rasio H/W menunjukkan bahwa modifikasi ketinggian bangunan pada sisi utara koridor menyebabkan kenyamanan termal koridor menurun, sedangkan penggantian material perkerasan albedo menjadi 0.7 dan penambahan vegetasi sebanyak 75% berhasil meningkatkan kenyamanan termal koridor.

Kata Kunci: Kenyamanan termal, urban geometry, material, vegetasi, dan ENVI-met 3.1

Article history:

Received; 2022-05-09

Revised; 2022-09-14

Accepted; 2020-09-19

PENDAHULUAN

Tingginya proses urbanisasi pada wilayah kota berdampak negatif terhadap munculnya fenomena Urban Heat Island (UHI) (Sejati et al., 2019). UHI menyebabkan suhu di kawasan perkotaan memiliki konduktivitas termal yang lebih tinggi dibandingkan dengan lingkungan disekitarnya (Wichyani et al., 2014). Salah satu kota yang terdampak akibat adanya fenomena tersebut yaitu kota Yogyakarta. Identitas Kota Yogyakarta sebagai salah satu pusat pendidikan dan pariwisata di negara Indonesia menyebabkan kota tersebut memiliki daya tarik yang kuat terhadap meningkatnya urbanisasi (Fawzi & M, 2013). Berdasarkan hasil pengukuran suhu permukaan rata – rata di tahun 1997, 2000, dan 2017 ditemukan pada wilayah Yogyakarta mengalami peningkatan suhu, dengan suhu tertinggi terdapat pada wilayah pusat kota yang kemudian menurun ke arah pinggiran kota dengan selisih $\pm 1-4^{\circ}\text{C}$ (Ismah et al., 2018). Salah satu cara urban planner dalam mengurangi peristiwa UHI yaitu melakukan perubahan geometri pada area urban street canyon (Abdollahzadeh & Biloria, 2021). Urban street canyon merupakan konfigurasi geometris dimana suatu koridor diapit oleh fasad bangunan yang saling berhadapan di kedua sisinya (Muniz-Gaal et al., 2020). Peningkatan suhu area permukaan pada urban street canyon sangat dipengaruhi oleh luasan area terbangun (rasio lebar (L) dan panjang rata – rata jarak antar bangunan (W), tinggi bangunan (H) dan fungsi lahan (Chew & Norford, 2019; Gaber et al., 2020). Semakin rapat dan tinggi area bangunan yang terbangun, maka potensi UHI akan semakin meningkat. Bayangan yang terdapat pada ruang antar bangunan dan vegetasi dapat berfungsi sebagai pelindung dari panas matahari sekaligus menurunkan temperature udara, sehingga mampu memberikan kenyamanan termal bagi penggunaanya (Husna et al., 2018). Namun tingginya persentase luasan lahan terbangun dibandingkan dengan persentase kerapatan persebaran vegetasi pada area urban street canyon mengakibatkan fenomena UHI semakin meningkat pada wilayah kota (Gaber et al., 2020; Morakinyo et al., 2020).

Jika peristiwa UHI semakin meningkat pada area urban street canyon hal tersebut akan mengakibatkan turunnya kualitas kenyamanan termal pada ruang kota yang akan berdampak pada menurunnya aktifitas masyarakat di area koridor (Abdollahzadeh & Biloria, 2021; Ismah et al., 2018). Berdasarkan hasil Perda Kota Yogyakarta Nomor 2 Tahun 2021 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Yogyakarta Tahun 2021 – 2041, pemerintah kota Yogyakarta ingin meningkatkan jumlah wisatawan kota dengan menjadikan jalan Pangeran Diponegoro sebagai pusat pengembangan pariwisata dan budaya di kota Yogyakarta. Agar tujuan dari peraturan tersebut dapat terwujud dengan baik, maka salah satu cara yang dapat ditempuh yaitu dengan meningkatkan kenyamanan termal pada ruang koridor. Namun akibat adanya peraturan tersebut, fungsi penggunaan lahan pada bagian selatan jalan Pangeran Diponegoro menjadi berubah, sehingga hal tersebut akan mempengaruhi kondisi pengembangan fisik kawasan yang akan berdampak kepada menurunnya kualitas kenyamanan termal kawasan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan pengamatan langsung, kemudian melakukan modifikasi yang bersifat eksperimental-simulatif terkait kondisi fisik kawasan (ketinggian bangunan, vegetasi, dan material perkerasan) dengan bantuan *software* ENVI-met 3.1. Penelitian ini dilakukan secara tiga tahap. Pertama, tahap persiapan, merupakan survei tahap pertama yang bertujuan untuk mengenali kondisi lokus amatan, memperkuat latar belakang permasalahan dalam penelitian, dan menentukan variabel yang kontekstual terhadap lokasi amatan dengan rincian tahapan, yaitu : membuat peta dasar kawasan, melakukan survei langsung dan mendokumentasikan kondisi fisik eksisting menggunakan kamera. Kedua, tahap pelaksanaan, merupakan respon lanjutan dari hasil survey pertama yang digunakan untuk melengkapi data yang sudah diperoleh. Data tambahan yang digunakan dalam

penelitian bersumber dari hasil temuan penelitian terdahulu, website dari internet dan pengukuran atau survey lanjutan. Adapun cara memperoleh data yang akan diamati pada penelitian ini terdapat pada tabel 2.1. Ketiga, tahap analisis, data yang telah diperoleh kemudian diolah dan dianalisis melalui tiga proses, yaitu identifikasi kenyamanan termal eksisting, modifikasi geometri *urban street canyon*, dan optimalisasi kenyamanan termal. Adapun rincian tahapan analisis terdapat pada tabel 2.2.

Tabel 1. Cara memperoleh data

Sumber: Peneliti (2022)

Parameter	Variabel	Satuan	Cara memperoleh data
Aspek Fisik			
Urban street canyon	Ketinggian bangunan	Meter	Observasi, foto amatan, dan pengukuran
Material perkerasan	Nilai Albedo	0 > 1	Observasi, foto amatan, dan pengukuran
Vegetasi	Tinggi dan lebar Tajuk	Meter	Observasi, foto amatan, dan pengukuran
Aspek Subjektif			
Pakaian	<i>Clothing Value (CLO)</i>	M/A	Penelitian sebelumnya
Aktifitas	<i>Metabolic rate (Met)</i>	>1	Penelitian sebelumnya
Aspek klimatis			
Lokasi	Garis Lintang & Garis Bujur	0°-90° / 0°-180°	
Temperatur udara	<i>Slightly cool</i> <i>Comfortable</i> <i>Slightly warm</i>	°C	https://en.climate-data.org/asia/indonesia/special-region-of-yogyakarta-1824
Kelembaban relatif	Sejuk Nyaman Hampir Nyaman Nyaman Optimal	%	https://weather.com/weather/today
Kecepatan udara	Light Air Light Breeze Gentle Breeze	m/s	https://www.windfinder.com/#16/-7.7833/110.3788
PMV	<i>Hot</i> <i>Warm</i> <i>Slightly warm</i> <i>Neutral</i> <i>Slightly cool</i> <i>Cool</i> <i>Cold</i>	(-3) - 3	https://comfort.cbe.berkeley.edu/

Tabel 2. Tahap analisis

Sumber: Peneliti (2022)

	Tujuan	proses	output
1. Identifikasi Kenyamanan termal eksisting	Mengetahui kondisi termal eksisting	<ol style="list-style-type: none"> Data yang diperoleh kemudian disimulasikan dengan bantuan <i>software</i> ENVI-MET 3,1 : <ul style="list-style-type: none"> Input data Envi-met Configuration Editor Running Simulasi Evaluasi keadaan termal eksisting berdasarkan temperatur udara, kelembaban relatif, kecepatan udara, dan PMV 	Hasil temperature udara, kelembaban relatif, kecepatan udara, dan PMV dari waktu awal dan akhir amatan

2. Modifikasi Geometri Urban Street Canyon

Menentukan arahan desain yang dapat mengurangi peristiwa *Urban Heat Island*

1. Melakukan skenario perubahan geometri ruang berdasarkan 3 skema :
 - Perubahan ketinggian bangunan
 - Perubahan ketinggian bangunan - material perkerasan (albedo)
 - Perubahan ketinggian bangunan – vegetasi
2. Menjelaskan pengaruh geometri ruang koridor terhadap faktor klimatis kenyamanan termal yaitu temperatur udara , kecepatan udara, kelembaban relatif, dan mengevaluasi indeks PMV pada setiap skenario yang telah dilakukan

Mencari rata – rata temperature udara dan PMV terendah pada titik terpanas kawasan. Dipilih satu skenario terbaik dari tiap skema yang telah ditentukan.

Penelitian ini berlokasi di Jalan Pangeran Diponegoro, Jetis, Yogyakarta. Batas lokus penelitian terbagi menjadi dua, sebelah timur berbatasan dengan simpang 4 Tugu (Jalan Mangkubumi) dan sebelah barat berbatasan dengan simpang 4 Pingit (Jalan Magelang dan Jalan Tentara Pelajar). Secara geografis koridor ini terletak pada longitude -7,78 (Selatan) dan latitude 110,38 (Timur) dengan panjang jalan sejauh 687 m. Waktu amatan ditentukan pada tanggal 15 Januari 2022. Berdasarkan laporan catatan dari dinas Pariwisata Yogyakarta tentang Kajian Jumlah Kunjungan Kota Yogyakarta Tahun 2020, Bulan Januari merupakan bulan dengan Jumlah wisatawan yang berkunjung ke Yogyakarta, total ssebanyak 23% pengunjung berdatangan pada bulan ini. Selain itu, jika dilihat dari weatherspark.com tanggal 15 merupakan waktu terpanas pada bulan Januari di kota Yogyakarta. Lama waktu durasi amatan yaitu dari pukul 09:00 WIB – 18:00 WIB. Pukul 09:00 WIB merupakan waktu optimal beroprasinya aktifitas ekonomi pada area perdagangan dan wisata di Indonesia (Lestari et al., 2017). Selain itu, berdasarkan aspek kenyamanan termal pada ruang koridor di daerah tropis, pukul 9 pagi merupakan titik awal temperatur udara panas mulai meningkat, hal inilah yang memperkuat alasan waktu awal amatan dilakukan pada jam tersebut (Muniz-Gäal et al., 2020). Berdasarkan kondisi temperatur udara dan nyaman termal pada ruang koridor setelah pukul 18.00 memiliki grafik yang stabil, sehingga lama durasi amatan yang dilakukan dibatasi selama 9 jam (Acero et al., 2022).



Gambar 1. Lokasi penelitian

Sumber: <https://earth.google.com/web/>

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3. Hasil perubahan temperatur udara (ΔT_a) dan kelembaban relatif (ΔR_h) eksisting dengan modifikasi rasio H/W, material, dan vegetasi pada kondisi eksisting pukul 09:00 – 18:00 WIB

Sumber: Peneliti (2022)

Modifikasi koridor		09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
A (Eksisting)	Ta (°C)	26.8	29.5	32.0	33.9	34.5	34.9	34.0	33.2	32.2	30.8
	Vair (m/s)	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
	Rh (%)	53.2	44.3	38.4	34.3	34.3	30.8	30.8	30.8	31.8	33.4
	PMV	-0.2	0.3	0.7	1.0	1.1	1.2	1.0	0.8	0.7	0.4

	: 2 - 3	Hot		: 50 - 60%	(Sejuk Nyaman)		: 0 m/s - 1.55 m/s	(Light Air)
	: 1 - 2	Warm		: 60%- 70%	(Hampir Nyaman)		: 1.55 m/s - 3.35 m/s	(Light Breeze)
	: 0.5 - 1	Slightly Warm		: 70%- 80%	(Nyaman Optimal)		: 3.35 m/s - 5.45 m/s	(Gentle Breeze)
	: (-0.5) - 0.5	Neutral		: 19°C – 25°C	(Slightly cool)			
	: (-0.5) - (-1)	Slightly Cool		: 25°C – 30°C	(Comfortable)			
	: (-1) - (-2)	Cool		: 30°C – 34°C	(Slightly warm)			
	: (-2) - (-3)	Cold						

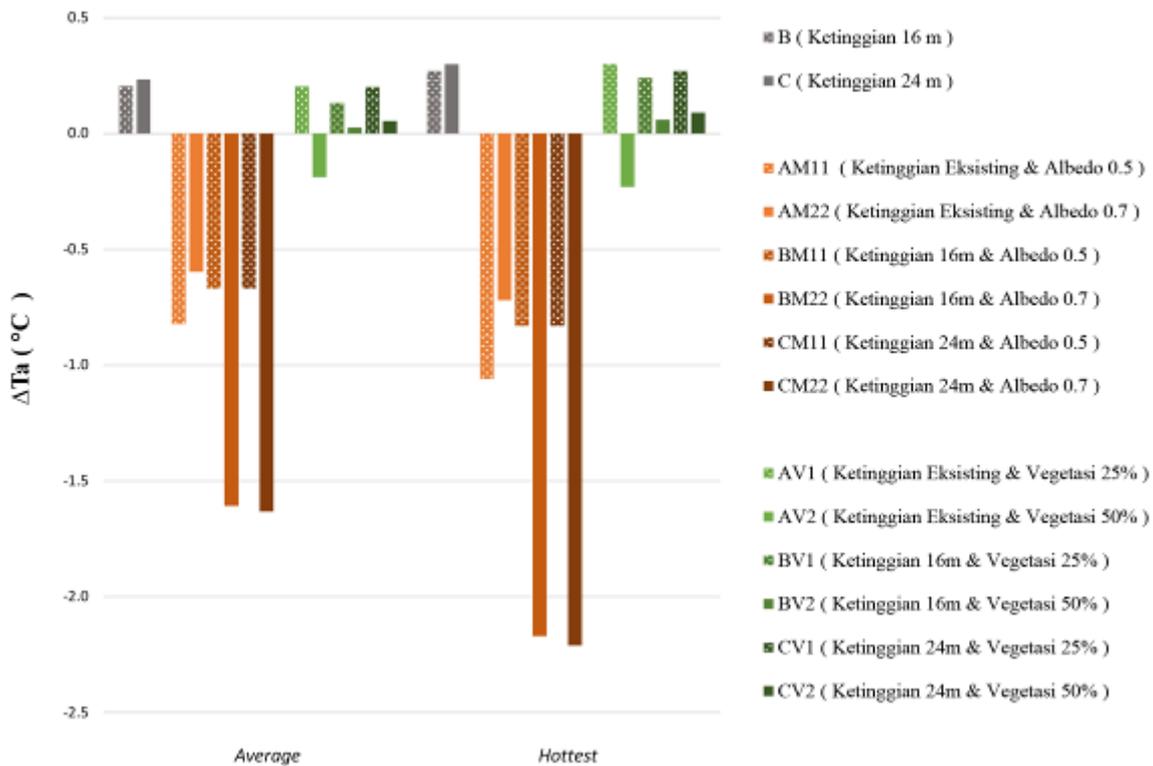
Dari tabel 3 diketahui bahwa, hasil pengukuran menggunakan simulasi ENVI-met 3.1 pada kondisi eksisting pukul 09:00 merupakan titik terpanas kawasan dengan temperatur udara mencapai 26.82 °C, kemudian meningkat perlahan hingga ke titik terpanas yaitu pada pukul 14:00 dengan temperatur udara mencapai 34.91 °C. Area terpanas kawasan berada pada sisi paling timur dan barat sedangkan sisi tengah koridor memiliki persebaran suhu yang cenderung merata. Perbedaan persebaran suhu disebabkan oleh kurang meratanya persebaran vegetasi pada koridor, terutama pada sisi barat dan timur yang cenderung tidak memiliki vegetasi peneduh. Hal ini juga diperkuat oleh penggunaan material perkerasan asphalt dengan nilai albedo yang rendah (0,2), maka kemampuan permukaan benda untuk memantulkan radiasi matahari semakin sedikit sehingga akan berdampak pada semakin meningkatnya suhu udara eksisting (Jandaghian & Akbari, 2021). Setelah pukul 14:00 perkembangan suhu udara mulai menurun tiap jamnya, hingga pukul 18:00 dengan temperatur udara mencapai 30.78 °C. Waktu ternyaman temperatur kawasan berada pada pukul 09 : 00 – 10 : 00, temperatur udara dengan kualitas sedikit hangat (*slightly warm*), sisanya bersifat tidak nyaman yaitu pukul 13:0 – 14:00.

Jika dilihat dari hasil kelembaban relatif, pukul 09:00 merupakan titik tertinggi dengan kelembaban relatif 53.22%. kemudian menurun perlahan hingga pukul 12:00 dengan kelembaban udara mencapai 34.30%, setelah itu kelembaban relatif stabil hingga pukul 13.00. Kelembaban relatif terendah kawasan berada pada sisi paling timur dan barat sedangkan sisi tengah koridor memiliki persebaran kelembaban relatif yang cenderung merata. Sehingga bisa disimpulkan bahwa, ketika kelembaban udara menurun maka temperatur udara pada koridor semakin menurun, temuan ini ditemukan juga pada beberapa

penelitian sebelumnya (Prayoga & Kusumawanto, 2019). Titik terendah kawasan berada pada pukul 14:00 – 15:00 dengan kelembaban relatif sebesar 30.75%, setelah itu mulai meningkat hingga pukul 18:00 dengan kelembaban relatif 53.22%. Waktu sejuk nyaman kawasan hanya berada pada pukul 09 : 00. Jika besaran kelembaban relatif cenderung lebih kecil dari standar kenyamanan yang ada maka akan berdampak pada semakin mudahnya pengguna koridor untuk berkeringat (Acero et al., 2022).

Disisi lain, hasil pengukuran kecepatan angin menunjukkan bahwa, pukul 09:00 – 10.00 memiliki kecepatan angin terendah dengan kecepatan udara mencapai 1.8 m/s, kemudian meningkat dari pukul 11.00 dengan kecepatan udara mencapai 1.9 m/s. Setelah itu, kecepatan udara stabil hingga pukul 18:00. Kecepatan udara tertinggi kawasan berada pada sisi paling barat sedangkan sisi timur memiliki kecepatan udara yang lebih rendah. Menurut (Abdollahzadeh & Biloria, 2021) adanya perbedaan tersebut disebabkan oleh tingkat kerapatan bangunan yang berbeda. Sisi timur kawasan memiliki geometri ruang yang lebih rapat dibandingkan dengan sisi barat, sehingga aliaran udara yang masuk kedalam kawasan terhalang yang menyebabkan koridor timur memiliki kecepatan udara yang lebih kecil dibandingkan dengan koridor sisi barat. Kenyamanan kecepatan udara pada kawasan dari pukul 09:00 – 18:00 bersifat *light breeze*, sehingga aktifitas yang memungkinkan untuk dilakukan dengan nyaman pada koridor ini yaitu duduk, berdiri, dan berjalan.

Sedangkan hasil perhitungan PMV menggunakan bantuan website <https://comfort.cbe.berkeley.edu/> menunjukkan pukul 09:00 memiliki PMV terkecil dengan indeks mencapai -0.19, kemudian meningkat hingga titik tertinggi yaitu pukul 14:00 dengan indeks PMV mencapai 1.16. Setelah itu indeks PMV mengalami penurunan hingga pukul 18:00 dengan indeks PMV mencapai 0.42. Sehingga kenyamanan termal eksisting pada pukul 09:00 bersifat dingin (*cool*), pukul 10:00 – 11:00 dan 15:00 – 18:00 bersifat hangat, serta pukul 12:00 – 14:00 bersifat panas. Sehingga bisa dikatakan bahwa kualitas kenyamanan termal eksisting semakin menurun dari pukul 09:00 – 18:00. Selain disebabkan oleh rendahnya nilai albedo material perkerasan, persebaran vegetasi yang tidak merata, dan kerapatan antar bangunan yang berbeda – beda, menurunnya kualitas kenyamanan termal eksisting dipengaruhi juga oleh persebaran ketinggian bangunan yang didominasi oleh bangunan rendah dengan ketinggian 4m dan 8m (masing – masing 31% dan 47% total dari seluruh bangunan eksisting). Menurut (Muniz-Gaal et al., 2020) semakin tingginya ketinggian bangunan yang terdapat pada suatu koridor, maka akan berdampak pada semakin meningkatnya pembahayangan pada koridor hal ini serupa atau sama baiknya dengan menggunakan nilai albedo yang tinggi dalam penurunan panas radiasi matahari. Sehingga ketinggian juga dapat mempengaruhi kondisi kenyamanan termal eksisting. Berdasarkan hasil tabel 3. titik terekstrim pada kawasan yaitu berada pada pukul 14:00 dengan temperature udara mencapai 34.91 °C, kelembaban relative mencapai 30.75%, kecepatan udara mencapai 1.9 m/s, dan indeks PMV mencapai 1.16. Dari data tersebut maka pukul 14:00 ditentukan sebagai waktu krusial yang akan digunakan untuk membandingkan perkembangan kenyamanan pada modifikasi geometri *urban street canyon*.



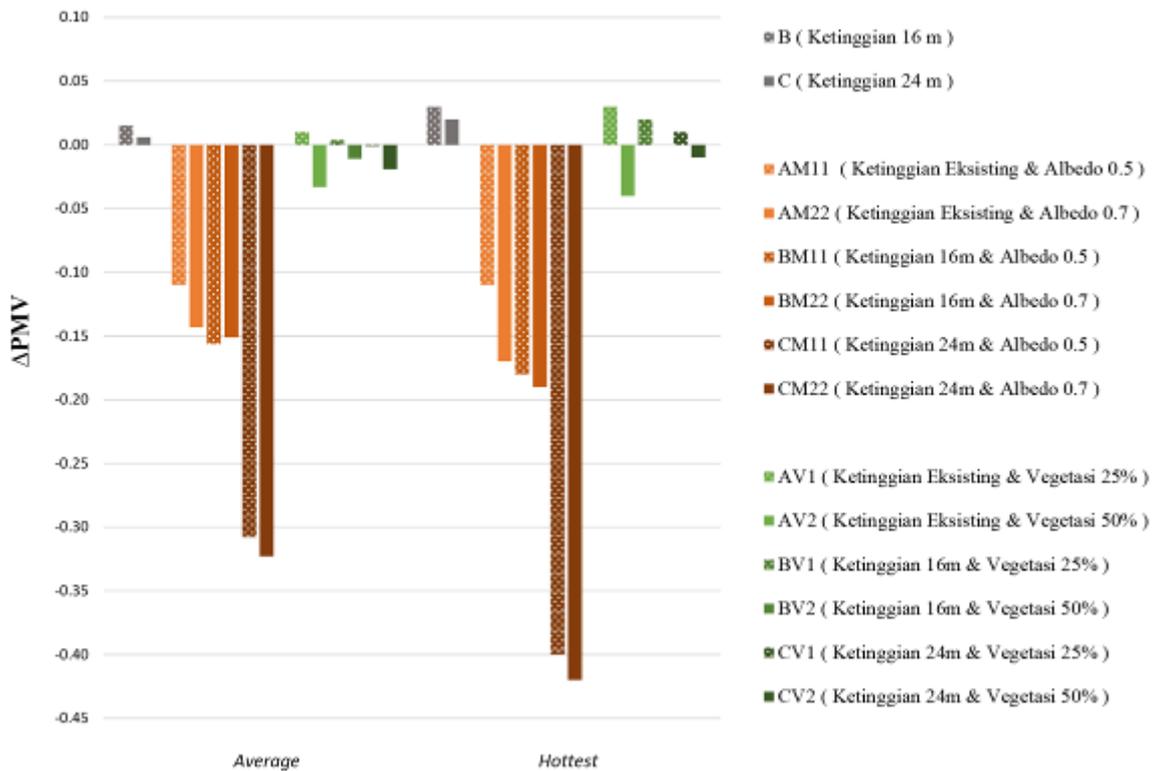
Gambar 2. Selisih hasil perubahan temperatur udara eksisting dengan modifikasi geometri urban street canyon pada pukul 14:00
Sumber: Peneliti (2022)

Gambar 2. merupakan perbandingan seluruh hasil selisih perubahan kenyamanan termal eksisting dengan modifikasi rasio H/W, material, dan vegetasi pada pukul 14:00 WIB. Secara keseluruhan, modifikasi rasio H/W dengan perubahan ketinggian bangunan menjadi 16m di sisi utara koridor merupakan simulasi terburuk dalam meningkatkan kenyamanan termal, temperatur udara rata - rata meningkat sebesar 0.23 °C, kelembaban udara rata - rata menurun sebanyak 0.66 %, kecepatan udara rata - rata meningkat sebesar 0.19 m/s dan PMV rata - rata meningkat sebanyak 0.02. Peningkatan ketinggian bangunan pada sisi utara koridor justru menjadikan temperatur udara kawasan semakin meningkat. Temuan ini berbeda dari temuan – temuan sebelumnya yang menyebutkan bahwa peningkatan rasio H/W semakin meningkatkan kenyamanan termal (Muniz-Gaal et al., 2020). Hal ini disebabkan oleh orientasi jalan yang menghadap timur – barat, sehingga pembayangan bangunan tidak maksimal karena tidak searah dengan orientasi matahari (Qaid & Ossen, 2015). Berdasarkan penelitian tersebut, orientasi jalan pada *street canyon* dengan arah utara – selatan memiliki kenyamanan termal koridor yang lebih baik pada waktu siang hari dibandingkan dengan koridor yang berorientasi dengan arah timur – barat. Koridor dengan orientasi utara selatan memiliki arah yang simetri dengan pergerakan matahari sehingga pembayangan yang dihasilkan oleh tinggi bangunan pada waktu tersebut lebih luas dibandingkan dengan *street canyon* dengan orientasi jalan timur - barat. Selain itu, terjadinya penurunan kenyamanan termal disebabkan oleh akibat material bangunan pada koridor didominasi oleh material bata. Bata merupakan material dengan nilai albedo yang rendah yaitu 0.2 sehingga mengakibatkan meningkatnya heat gain pada area ruang koridor yang menyebabkan suhu termal kawasan semakin meningkat (Iyati et al., 2018). Namun perlu

diketahui, keadaan kenyamanan termal pada interior bangunan bernilai sebaliknya, fasad bangunan dengan orientasi jalan timur barat memiliki kenyamanan termal ruang bangunan yang lebih baik dibandingkan dengan orientasi utara – selatan (Pamungkas & Suryabrata, 2020). Hal ini disebabkan oleh arah pergerakan sinar matahari yang simetri menyebabkan tingkat radiasi matahari yang terpapar pada fasad atau bukaan bangunan semakin meningkat (Rodríguez-Algeciras et al., 2018). Dapat disimpulkan bahwa *street canyon* dengan klasifikasi *symmetrical* rendah ($H/W= 0.1 -0.2$) lebih baik dalam meningkatkan kenyamanan termal dibandingkan dengan *asymmetrical street canyon* dengan ratio medium ataupun tinggi ($\Delta H1/W-H2/W = 0.4 - 1.0$).

Modifikasi rasio H/W dengan ketinggian bangunan 16m dan material perkerasan dengan penggantian material menjadi *white pavement* dengan nilai albedo 0.7 merupakan skenario terbaik dalam menurunkan kenyamanan termal pada proses modifikasi material, temperatur udara rata - rata menurun sebesar 1.63 °C, kelembaban udara rata - rata meningkat sebanyak 2.08 %, kecepatan udara rata - rata meningkat sebesar 0.21 m/s dan PMV rata - rata menurun sebanyak 0.42. Tingginya nilai albedo pada material perkerasan yang digunakan menyebabkan *white pavement* dapat berfungsi sebagai pemantul radiasi panas matahari yang dihasilkan oleh perubahan ketinggian bangunan serta panas dari sinar matahari itu sendiri sehingga kenyamanan termal koridor dapat meningkat (Gachkar et al., 2021). Dapat disimpulkan penggantian material dengan nilai albedo tinggi pada material perkerasan *street canyon* dengan klasifikasi *symmetrical* rendah ($H/W= 0.1 -0.2$) memiliki dampak pada peningkatan kenyamanan termal yang sama dengan *asymmetrical street canyon* dengan ratio medium atau high ($\Delta H1/W-H2/W = 0.4 - 1.0$).

Modifikasi vegetasi dengan penambahan 50% vegetasi merupakan satu – satunya skenario terbaik dalam menurunkan kenyamanan termal pada proses modifikasi vegetasi, temperatur udara rata - rata menurun sebesar 0.19 °C, kelembaban udara rata - rata meningkat sebanyak 0.17 %, kecepatan udara rata - rata menurun sebesar 0.01 m/s dan PMV rata - rata menurun sebanyak 0.02. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya (Mohammad et al., 2021), semakin bertambah dan rapat jumlah vegetasi pada koridor, maka kondisi kenyamanan termal koridor juga semakin meningkat. Namun pada skenario BV2 (16m & Vegetasi 50%) & CV2 (24m & Vegetasi 50%) ditemukan perhitungan berbeda, temperatur udara dan indeks PMV mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh tingginya *heat gain* yang dihasilkan oleh material bangunan, sehingga penambahan vegetasi kurang efektif dalam menurunkan suhu yang dihasilkan oleh panas dari material bangunan.



Gambar 3. Selisih hasil perubahan PMV eksisting dengan modifikasi geometri urban street canyon pada pukul 14:00

Sumber: Peneliti (2022)

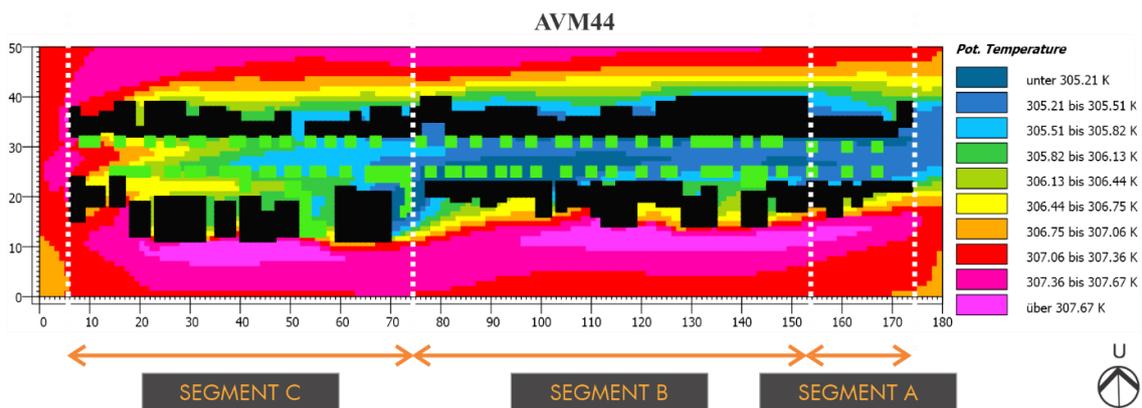
Berdasarkan hasil gambar 3. ditemukan bahwa hasil modifikasi skenario terbaik untuk meningkatkan kenyamanan termal pada waktu terpanas kawasan yaitu penggantian material perkerasan dengan nilai albedo 0.7, setelah itu vegetasi sebanyak 50%, adapun perubahan rasio H/W kurang optimal dalam menurunkan kenyamanan termal koridor. Temuan ini berbeda dengan beberapa penelitian sebelumnya, Menurut (Abdollahzadeh & Biloria, 2021; Estiningtyas, 2013), modifikasi rasio H/W lebih mempengaruhi peningkatan kenyamanan termal dibandingkan dengan modifikasi vegetasi, sedangkan (Mohammad et al., 2021) menyebutkan modifikasi vegetasi jauh lebih berpengaruh kenyamanan termal jika dibandingkan dengan modifikasi material. Terdapat perbedaan hasil skenario ini disebabkan oleh perbedaan orientasi jalan pada penelitian – penelitian tersebut, menurut (Narimani et al., 2022), faktor yang paling mempengaruhi kondisi kenyamanan termal pada suatu koridor yaitu letak geografis dan orientasi jalan, perbedaan posisi matahari dan susunan orientasi jalan akan mempengaruhi pembahayangan serta besarnya *heat gain* yang dihasilkan oleh material bangunan yang digunakan pada sekitar koridor. Sehingga untuk mengurangi peristiwa *Urban Heat Island* pada jalan Pangeran Diponegoro Yogyakarta, pengembangan elemen fisik pada *urban street canyon* yang akan dikembangkan yaitu penggantian material perkerasan menjadi *white pavement* dan penambahan vegetasi sebanyak 50%.

Tabel 4. Temperatur udara (Ta), Kelembaban udara (Rh), Kecepatan udara (Ws), dan PMV pengembangan optimalisasi kenyamanan termal pada pukul 09:00 -18:00

Sumber: Peneliti (2022)

Modifikasi koridor	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
AVM44	25.4	27.5	29.3	30.9	31.8	32.4	32.3	32.0	31.4	30.4
(Ketinggian Eksisting, Vegetasi 50 % , dan Albedo 0.7)	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
	57.0	48.4	42.6	38.2	35.4	33.6	32.7	32.5	32.9	34.0
	0.36	0.09	0.45	0.76	0.89	0.97	0.88	0.77	0.62	0.41

Gambar 4. Hasil visualisasi perkembangan temperatur udara pada optimalisasi kenyamanan termal pukul 09:00 – 13:00



Sumber: Peneliti (2022)

Namun, berdasarkan hasil visual dari penggabungan skenario terbaik dari tiap perubahan elemen fisik yaitu rasio H/W menyesuaikan ketinggian eksisting, penggantian material perkerasan menjadi *white pavement* dan penambahan vegetasi sebanyak 50% menggunakan aplikasi leonardo menunjukkan peningkatan kenyamanan termal pada jalan Pangeran Diponegoro masih belum meningkat secara optimal. Tabel 4. menunjukkan pada waktu terpanas kawasan suhu permukaan mencapai 32.41°C. Hal ini menunjukkan temperatur udara kawasan masih belum masuk kedalam kategori nyaman, masih perlu adanya penurunan suhu sebanyak 0.41°C agar temperatur udara bersifat *slightly warm* yaitu 32°C. Jika dilihat pada gambar 4. kurang optimalnya peningkatan kenyamanan termal koridor disebabkan oleh penambahan vegetasi sebanyak 50% hanya berfokus pada segmen 1 dan 2 koridor maka kerapatan vegetasi pada segmen 3 koridor masing kurang, hal ini berdampak pada masih adanya titik panas. Sehingga perlu adanya penelitian lebih lanjut, agar kenyamanan termal pada jalan Pangeran Diponegoro Yogyakarta dapat menjadi optimal.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, secara rata - rata kondisi kenyamanan termal eksisting jalan Pangeran Diponegoro Yogyakarta termasuk kedalam kategori hangat (*warm*). Modifikasi rasio H/W dengan perubahan ketinggian bangunan menjadi 16m di sisi utara koridor merupakan simulasi terburuk dalam meningkatkan kenyamanan kenyamanan termal pada proses modifikasi rasio H/W. Modifikasi rasio H/W dengan ketinggian bangunan 16m dan penggantian material menjadi white pavement dengan nilai albedo 0.7 merupakan skenario terbaik dalam menurunkan kenyamanan termal pada proses modifikasi material. Modifikasi vegetasi dengan penambahan 50% vegetasi merupakan satu – satunya skenario terbaik dalam menurunkan kenyamanan termal pada proses modifikasi vegetasi. Proses skenario yang terbaik agar kenyamanan termal jalan Pangeran Diponegoro Yogyakarta dapat bersifat nyaman optimal yaitu rasio H/W dengan tinggi bangunan disesuaikan dengan kondisi eksisting, adanya penggantian seluruh material perkerasan menjadi *white pavement* dengan nilai albedo 0.7, dan penambahan jumlah vegetasi sebanyak 50%. Tingginya *heat gain* yang disebabkan oleh material bangunan dengan orientasi jalan koridor menghadap timur – barat menyebabkan modifikasi fisik dalam penelitian ini belum mampu meningkatkan kenyamanan termal secara signifikan. Menurut (Rodríguez-Algeciras et al., 2018) dalam penelitiannya ditemukan satu cara untuk mengurangi dampak *heat gain* akibat albedo material bangunan adalah dengan penggunaan green wall pada fasad bangunan. Namun perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui luasan dan penempatan *green wall* agar kualitas kenyamanan termal dapat meningkat.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdollahzadeh, N., & Bioria, N. (2021). Outdoor thermal comfort: Analyzing the impact of urban configurations on the thermal performance of street canyons in the humid subtropical climate of Sydney. *Frontiers of Architectural Research*, 10(2), 394–409. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2020.11.006>
- Acero, J. A., Ruefenacht, L. A., Koh, E. J. Y., Tan, Y. S., & Norford, L. K. (2022). Measuring and comparing thermal comfort in outdoor and semi-outdoor spaces in tropical Singapore. *Urban Climate*, 42(October 2021), 101122. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101122>
- Chew, L. W., & Norford, L. K. (2019). Pedestrian-level wind speed enhancement with void decks in three-dimensional urban street canyons. *Building and Environment*, 155(March), 399–407. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.03.058>
- Estiningtyas, S. (2013). *Optimalisasi Kenyamanan Termal Melalui Modifikasi Geometri Urban Street Canyon Studi Kasus Jalan Kliurang Km. 4,5 - 5,8 Yogyakarta*. Universitas Gajah Mada.
- Fawzi, N. I., & M, N. N. (2013). Kajian Urban Heat Island di Kota Yogyakarta - Hubungan antara Tutupan Lahan dan Suhu Permukaan. *Simposium Nasional Sains Geoinformasi ~ III 2013: “Meningkatkan Kualitas Data Geospasial Melalui Analisis Citra Dan Pemodelan Spasial,” September 2013*, 275–280.
- Gaber, N., Ibrahim, A., B. Rashad, A., Wahba, E., El-Sayad, Z., & Bakr, A. F. (2020). Improving pedestrian micro-climate in urban canyons: City Center of Alexandria, Egypt. *Urban Climate*, 34(July), 100670. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100670>
- 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(May), 103309.

- <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103309>
- Husna, V. N., Fawzi, N. I., & Nur, I. A. (2018). Measuring and Mitigating Urban Heat Island in Yogyakarta City Using Remote Sensing. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 7(7), 57–60.
- Ismah, W., H. I. A. R., Ratna, P., Grandis, S., & Susilo, B. (2018). *Kajian Urban Heat Island (UHI) di Kabupaten Sleman , Kota Yogyakarta , dan Kabupaten Bantul* (Issue January).
- Jandaghian, Z., & Akbari, H. (2021). Increasing urban albedo to reduce heat-related mortality in Toronto and Montreal, Canada. *Energy and Buildings*, 237, 110697.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110697>
- Mohammad, P., Aghlmand, S., Fadaei, A., Gachkar, S., Gachkar, D., & Karimi, A. (2021). Evaluating the role of the albedo of material and vegetation scenarios along the urban street canyon for improving pedestrian thermal comfort outdoors. *Urban Climate*, 40(September), 100993. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100993>
- Morakinyo, T. E., Ouyang, W., Lau, K. K. L., Ren, C., & Ng, E. (2020). Right tree, right place (urban canyon): Tree species selection approach for optimum urban heat mitigation - development and evaluation. *Science of the Total Environment*, 719, 137461. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137461>
- Muniz-Gaal, L. P., Pezzuto, C. C., Carvalho, M. F. H. de, & Mota, L. T. M. (2020). Urban geometry and the microclimate of street canyons in tropical climate. *Building and Environment*, 169(July 2019). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106547>
- Narimani, N., Karimi, A., & Brown, R. D. (2022). Ecological Informatics Effects of street orientation and tree species thermal comfort within urban canyons in a hot , dry climate. *Ecological Informatics*, 69(March), 101671.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101671>
- Pamungkas, L. S., & Suryabrata, J. A. (2020). Pengkondisian Termal Pada Bangunan Sekolah Di Indonesia. *Jurnal Arsitektur Dan Perencanaan (JUARA)*, 3(2), 81–96.
<https://doi.org/10.31101/juara.v3i2.1308>
- Prayoga, S. E., & Kusumawanto, A. (2019). Thermal Comfort Simulation on Cik Ditiro Corridor. *DIMENSI (Journal of Architecture and Built Environment)*, 46(1), 67–78.
<https://doi.org/10.9744/dimensi.46.1.67-78>
- Sejati, A. W., Buchori, I., & Rudiarto, I. (2019). The spatio-temporal trends of urban growth and surface urban heat islands over two decades in the Semarang Metropolitan Region. *Sustainable Cities and Society*, 46(January), 101432.
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101432>
- Wichyani, S., Sasongko, S. B., & Izzati, M. (2014). Pulau Bahang Kota (Urban Heat Island) Di Kota Yogyakarta Dan Daerah Sekitarnya Hasil Interpretasi Citra Landsat Olitirs Tahun 2013. *Jurnal Geografi : Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian*, 11(2), 196–204. <https://doi.org/10.15294/jg.v11i2.8027>