



# Meningkatkan Kenyamanan Termal Luar Ruangan melalui Strategi Lanskap Pohon Tabebuia: Evaluasi Model Iklim Mikro Envi-met

Patric Chrisna Yuansha Putra  
Frengky B. Ola 

Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Indonesia

## Abstrak

Kondisi perubahan iklim sangat mempengaruhi kenyamanan seseorang dalam beraktivitas selama tinggal di perkotaan. Dari segi strategi kenyamanan termal, pohon tabebuia memiliki jenis kanopi daun menyebar. Pada beberapa penelitian, kanopi daun menyebar merupakan jenis kanopi pohon yang paling baik dalam meredam perolehan panas matahari dibandingkan dengan jenis lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi termal pada iklim mikro perkotaan menggunakan parameter kenyamanan termal luar ruangan dengan metode eksperimental menggunakan software ENVI-met system. Pengolahan analisis data akan dilakukan menggunakan simulasi ENVI-met untuk memahami bagaimana kondisi kawasan ruang terbuka eksisting berdampak pada kondisi termal lokasi. Hasil pengukuran iklim mikro menunjukkan bahwa kondisi termal faktor lingkungan pada Predicted Mean Vote (PMV) belum mencapai parameter yang ditentukan. Oleh karena itu, optimalisasi kenyamanan termal luar ruangan melalui penataan lanskap vegetasi pada area terbuka sangat diperlukan. Penelitian menemukan bahwa desain tata letak vegetasi (pohon Tabebuia) dapat mengurangi masuknya panas matahari ke dalam lahan dengan memanfaatkan daun kanopi pohon dan meningkatkan kecepatan angin. Namun, lebih banyak tata letak Pohon Tabebuia dapat memperoleh kelembapan relatif, yang akan menyebabkan perkiraan rata-rata suara menjadi tidak stabil. Dengan demikian, strategi tata letak Pohon Tabebuia yang terbaik dapat memperbaiki kondisi termal di lanskap Gereja Santa Maria Fatima Magelang Utara.

**Keywords:** PMV, ruang luar, tabebuia

## Article history:

Received July 25, 2024  
Received in revised form August 20, 2024  
Accepted Nov. 13, 2024  
Available online April 01, 2025

## Correspondence address:

Frengky Ola  
Departemen Arsitektur,  
Fakultas Teknik, Universitas  
Atma Jaya Yogyakarta,  
Jl. Babarsari 44 – Janti -  
Sleman, Yogyakarta,  
Indonesia  
Email:  
frengky.ola@uajy.ac.id



## Pendahuluan

Santa Maria Fatima Magelang Utara merupakan salah satu gereja Katolik yang terletak di Indonesia, iklim makro wilayahnya meliputi iklim tropis lembab dengan ciri mendapat paparan sinar matahari terus menerus dan curah hujan yang tinggi (Satwiko, 2004).

Gereja Santa Maria Fatima difungsikan sebagai tempat kegiatan dan ibadah tercatat 2.142 umat yang tersebar di 7 wilayah. Kegiatan yang dilakukan dalam satu lingkup (Gereja) hampir setiap hari dalam sebulan berupa 3 jenis Misa (Harian, Jumat Pertama, Mingguan). Waktu kegiatan pembangunan dilakukan pada pagi hari (05.30 hingga 09.30) dan sore hari (18.30). Kondisi desain eksisting pada area lansekap gereja hanya menggunakan tanaman perdu untuk vegetasi. Beberapa riset menemukan bahwa faktor desain tutupan lahan mempengaruhi kenyamanan termal Kawasan dan iklim mikro perkotaan (Georgi & Zafiriadis, 2006; Lindberg et al., 2016; Yeo et al., 2021; X. Zhao et al., 2016). Jika kenyamanan termal di luar ruangan semakin buruk, studi kelayakan hidup perkotaan juga akan menurun akibat perubahan iklim dan urbanisasi (Fong et al., 2019).

Gereja Santa Maria Fatima didesain menggunakan penghawaan alami sehingga faktor kenyamanan termal menjadi sangat penting. Dengan demikian, seluruh kalangan masyarakat bisa mendapatkan kenyamanan termal selama menjalankan aktivitas di gedung Gereja. Kenyamanan termal ruang luar sangat mempengaruhi kenyamanan termal ruang dalam pada desain bangunan dengan ventilasi alami (Lamsal et al., 2023), selain itu juga berdampak pada kenyamanan dan produktivitas aktivitas dalam ruangan (Kolková et al., 2019; Liu et al., 2019) Penataan lansekap ruang luar selain memberikan dampak pada kenyamanan ruang luar juga berdampak pada kenyamanan termal ruang dalam (Lin et al., 2023; Taleghani et al., 2019), salah satunya dengan penanaman vegetasi pada ruang urban (Lai et al., 2019).

Kenyamanan termal dalam ruangan dipengaruhi oleh bagaimana kenyamanan termal luar ruangan diatur (Imran, 2013). Salah satu strategi yang dapat dilakukan adalah dengan menata ruang terbuka hijau melalui konfigurasi pohon. Tanaman tabebuia dipilih karena menjadi salah satu ikon magelang sebagai kota sejuta bunga. Beberapa riset juga mendukung penggunaan tanaman perkotaan untuk perbaikan kenyamanan thermal dan iklim mikro (de Abreu-Harbich et al., 2015; Feng et al., 2023; Meili et al., 2021). Fokus penelitian ini adalah melihat pengaruh ketertutupan lahan dari vegetasi berjenis tabebuia pada kenyamanan thermal pengguna ruang luar khususnya melihat pada nilai *Predicted Mean Vote* (PMV).

## Metode

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dan simulasi dengan menggunakan aplikasi komputer. Pertama, pengukuran empiris untuk mengetahui kondisi iklim mikro dan analisis iklim mikro yang ada yang dilakukan dengan menggunakan data yang diukur di lokasi dengan menggunakan alat pengumpul data iklim. Kedua, dilakukan simulasi

menggunakan sistem ENVI-met untuk mengetahui pengaruh penataan ruang yang ada terhadap kondisi termal.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan bantuan simulasi komputer yaitu Envi-MET yang merupakan model iklim mikro tiga dimensi yang dirancang untuk mensimulasikan jenis permukaan bidang, tumbuhan dan interaksi udara di lingkungan perkotaan dengan resolusi tipikal 0,5-10 m. Penataan tanaman menggunakan model grid dan ditata pada ruang luar Kawasan gereja. Penataan menggunakan 3 model ketertutupan lahan, yaitu 40%, 60% dan 80%. Tingkat kepadatan daun menggunakan tanaman dewasa berumur 5 tahun. Pengamatan dilakukan pada jam penggunaan gereja yaitu pada pagi hari jam 05:00 sampai 10:00 sebagai representasi kegiatan ibadah pagi hari, dan pada pukul 17:00 sampai 19:00 sebagai representasi kegiatan ibadah sore hari. Studi juga dilakukan terhadap kondisi desain eksisting yaitu tanpa tanaman besar (ketertutupan lahan 0%) pada desain lansekap.

Metode analisis hasil dengan melihat perubahan nilai *Predicted Mean Vote* (PMV) pada keempat kondisi ketertutupan lahan pada setiap jam amatan. Nilai PMV akan dibandingkan pada setiap kondisi ketertutupan lahan setiap jam amatan. Kesimpulan diambil dengan melihat nilai PMV terbaik untuk setiap jam amatan, sebagai representasi ketertutupan lahan terbaik untuk diterapkan dalam desain.

## Hasil dan Pembahasan

### Kenyamanan termal kondisi eksisting

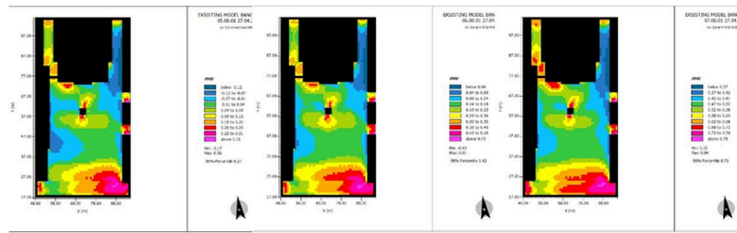
Dilakukan penyesuaian model simulasi untuk mensimulasikan kondisi eksisting pada area outdoor Gereja Santa Maria Fatima berdasarkan konfigurasi vegetasi eksisting. Data dikumpulkan untuk menjadi input pada software Envi-MET. Data yang dimasukkan ke dalam Envi-MET meliputi jalan raya, trotoar pejalan kaki, ruang terbuka gereja, dan bahan bangunan sebagai variabel tetap. Variabel vegetasi terdiri dari beberapa komponen pohon Tabebuia yang disesuaikan dengan kondisi alamnya.

Berdasarkan data sekunder, data iklim mikro seperti arah kecepatan angin, kelembaban udara, dan suhu udara diperoleh dari website stasioner iklim terkini. Kondisi termal tidak nyaman terjadi berdasarkan data suhu udara yang tinggi selama satu tahun. Data iklim mikro pada tanggal 28 April 2023 digunakan sebagai tolok ukur usaha peningkatan kenyamanan termal di lanskap Gereja Santa Maria karena merupakan hari dengan tingkat kepuasan kenyamanan terendah dalam setahun.

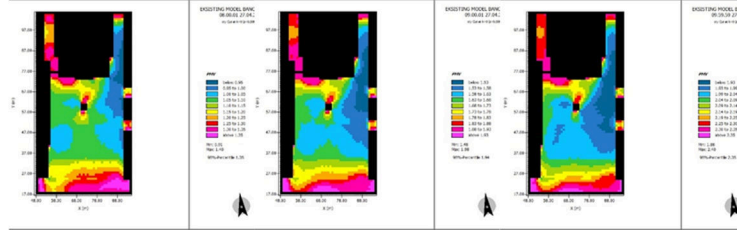
Berdasarkan kenyamanan termal dengan menggunakan indikator *Predicted Mean Vote* (PMV), sebaran PMV rendah hampir optimal pada pukul 05.00 hingga 07.00. Kondisi PMV terus meningkat hingga pukul 10.00 yang mencapai kategori hangat – panas. Berdasarkan peta sebaran PMV, area di bawah pohon memiliki nilai PMV yang rendah.



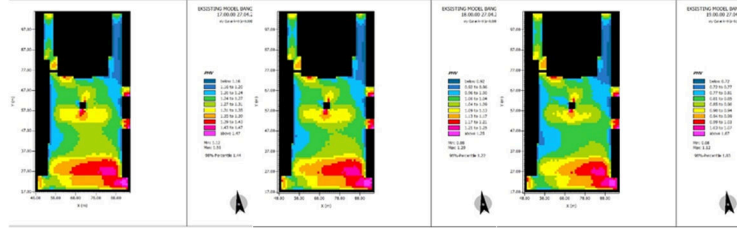
Gambar 1  
 Setting studi kondisi eksisting



Gambar 2  
 Hasil studi kondisi eksisting  
 pukul 05.00 sampai 07.00 (kiri ke kanan)

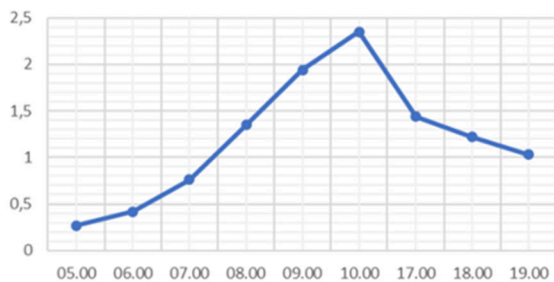


Gambar 3  
 Hasil studi kondisi eksisting  
 pukul 08.00 sampai 10.00 (kiri ke kanan)



Gambar 4  
 Hasil studi kondisi eksisting  
 pukul 17.00 sampai 19.00 (kiri ke kanan)

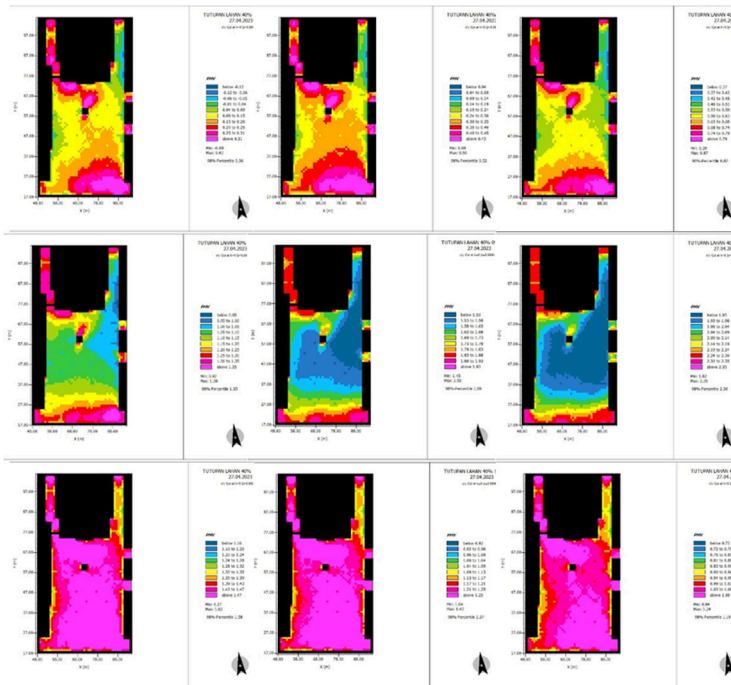
Grafik 1  
 Profil PMV kondisi eksisting  
 (horizontal = jam, vertikal = PMV)



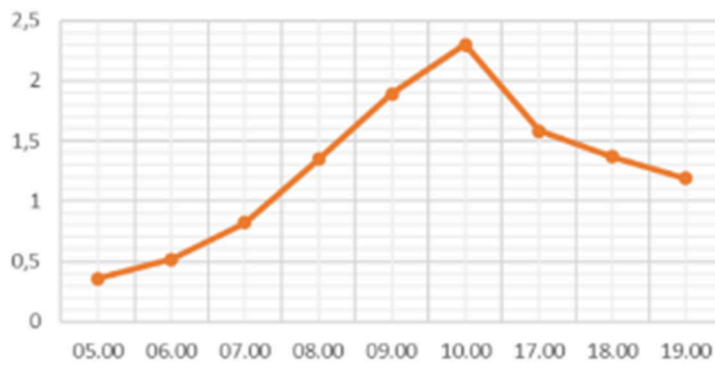
### Optimasi kenyamanan termal dengan Tabebuia

Simulasi optimasi bertujuan untuk mengetahui efektivitas rancangan tata letak vegetasi yang dilakukan dalam meningkatkan kenyamanan termal kawasan. Penataan vegetasi pada simulasi optimasi disesuaikan dengan kondisi eksisting area sampel model, sehingga desain tata letak vegetasi baru berpeluang diterapkan pada kondisi nyata yang diharapkan.

Hasil pengolahan data dan modelnya berupa pemetaan sebaran indeks PMV. Data sebaran yang diambil untuk seluruh skenario tutupan pohon lahan (40% tutupan, 60% tutupan, 80% tutupan) didasarkan pada waktu penggunaan Gereja untuk kegiatan Perayaan Ekaristi (05.00 – 10.00 dan 17.00 – 19.00). Indikasi yang digunakan untuk merujuk pada pengelompokan hasil adalah persentil 98.

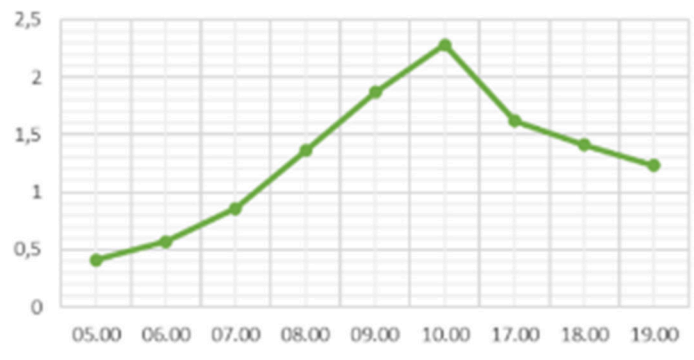


Gambar 5  
Hasil studi ketertutupan lahan 40% jam 05.00 sampai 07.00 (baris 1 kiri ke kanan), jam 08.00 sampai 10.00 (baris 2 kiri ke kanan), jam 17.00 sampai 19.00 (baris 3 kiri ke kanan)

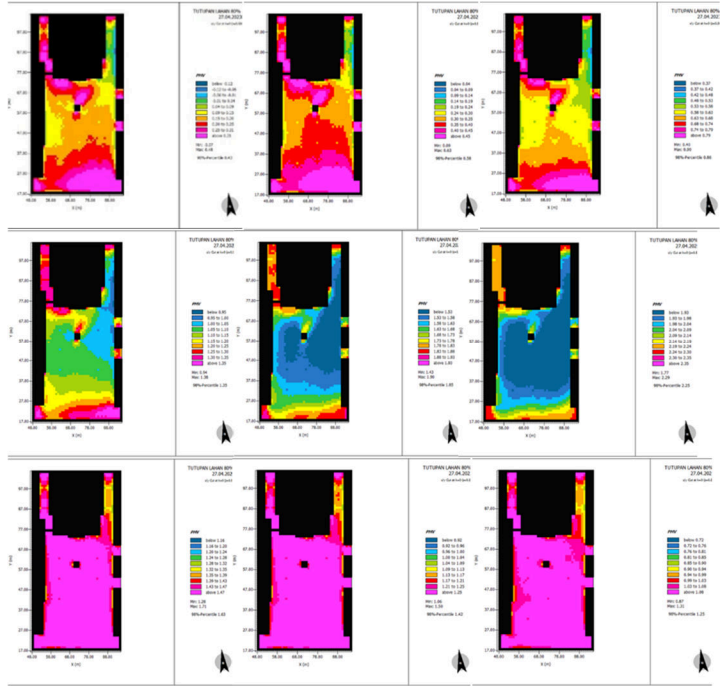


Grafik 2  
Profil PMV ketertutupan lahan 40% (horizontal = jam, vertikal = PMV)

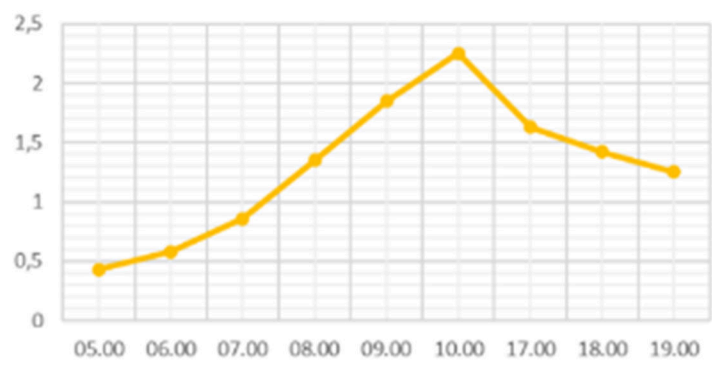
Grafik 3  
 Profil PMV ketertutupan lahan  
 60%  
 (horizontal = jam, vertikal =  
 PMV)



Gambar 6  
 Hasil studi ketertutupan lahan  
 80%



Grafik 4  
 Profil PMV ketertutupan lahan  
 80%  
 (horizontal = jam, vertikal =  
 PMV)



### Studi komparasi

Terdapat perubahan nilai indeks PMV pada setiap hasil. Perubahan nilai indeks terjadi pada wilayah yang disediakan vegetasi pohon. Pada model skenario eksisting, tutupan 40%, tutupan 60% dan tutupan 80% menghasilkan 3 kondisi, 3 kali pada kondisi netral – sedikit hangat (nilai 0 – 1) terjadi pada kondisi pagi hari yaitu pada pukul 05.00, 06.00, dan 07.00, 5 waktu pada kondisi agak hangat – panas (nilai 2 – 3) terjadi pada saat menjelang tengah hari yaitu pada pukul 10.00, dan 1 kali pada kondisi hangat – panas. Agak hangat – hangat (nilai 1 – 2) terjadi pada kondisi pagi menjelang siang dan sore hari pada pukul 08.00, 09.00, 17.00, 18.00 dan 19.00. Berdasarkan indikator kenyamanan termal indeks PMV, hasil sebaran vegetasi yang baik terdapat pada kondisi model eksisting pada pagi hari (06.00 – 07.00) dan sore hari (17.00 – 19.00). Hasil sebaran yang baik pada pagi hari menjelang siang (08.00 – 10.00) berada pada model skenario tutupan lahan 80%.



Grafik 5  
Komparasi Profil PMV  
ketertutupan lahan  
(horizontal = jam, vertikal =  
PMV)

Beberapa riset menunjukkan korelasi dengan hasil penelitian. Feng et.al menemukan bahwa spesies pohon perkotaan secara signifikan dapat meningkatkan iklim mikro lokal di daerah panas dan lembab dengan mengurangi intensitas radiasi matahari dan meningkatkan kelembapan relative (Feng et al. 2023). Meskipun kelembapan relative mengalami peningkatan, namun penurunan kecepatan angin yang minim tetap membantu pendinginan karena efek penguapan pada permukaan kulit, sehingga PMV tidak meningkat drastis. Penggunaan pohon tabebuia dengan kecenderungan daun berbentuk runcing tidak berdampak signifikan pada perubahan PMV, sejalan dengan temuan Sanusi et.al., pohon dengan daun melebar lebih memberikan dampak signifikan terhadap iklim mikro Kawasan (Sanusi et al., 2017).

### Kesimpulan

Berdasarkan indikator penelitian maka strategi konfigurasi penempatan pohon Tabebuia di Gedung Baru Gereja Santa Maria Fatima Magelang yang akan dipilih adalah skenario tutupan pohon lahan 80% lokasi dengan vegetasi Pohon Tabebuia sebanyak 68 pohon. Vegetasi mempunyai pengaruh yang besar dalam mengurangi sebaran radiasi matahari dan mempunyai pengaruh yang kecil terhadap penurunan nilai kecepatan

angin, serta mempengaruhi beberapa nilai kelembaban relatif dan suhu udara potensial. Skenario lahan tertutup pohon *Tabebuia* dipilih karena dapat menyebarkan PMV dengan nilai mendekati cukup hangat dibandingkan dengan hasil sebaran PMV pada kondisi dengan nilai tertinggi (hangat – panas). Strategi yang digunakan dalam skenario ini akan menjadi acuan dalam mengerjakan konsep desain lanskap Gereja dengan mempertimbangkan: (1) Kenyamanan area sirkulasi kendaraan dan pejalan kaki, (2) Tampilan luar Gereja Santa Maria Fatima Magelang, (3) Peneduh area pada pagi dan sore hari, sehingga sinar matahari dari arah timur dan barat dapat berkurang.

Studi dengan menggunakan tatanan pohon secara berkelompok dapat dilakukan untuk melihat signifikansi dalam perubahan nilai parameter kenyamanan thermal dan PMV, sejalan dengan temuan Zhao et.al., memilih spesies pohon berdaun lebar dan menanamnya secara berkelompok dapat secara efektif mengurangi *urban heat island*, dengan penanaman berkelompok lebih efektif dibandingkan penanaman linier (D. Zhao et al., 2020). Percobaan dengan menggunakan spesies tanaman lain untuk melihat dampaknya pada aspek kenyamanan thermal dan PMV dapat juga dilakukan, seperti spesies *Ficus microcarpa* (beringin cina) sesuai temuan penelitian Feng et.al. yaitu spesies pohon perkotaan dapat secara signifikan meningkatkan iklim mikro lokal di daerah panas dan lembab, dengan *Ficus microcarpa* yang paling efektif dalam mendinginkan dan mengurangi intensitas radiasi matahari (Feng et al., 2023).

## Referensi

- Abreu-Harbach, Loyde Vieira de, Lucila Chebel Labaki, and Andreas Matzarakis. 2015. "Effect of Tree Planting Design and Tree Species on Human Thermal Comfort in the Tropics." *Landscape and Urban Planning* 138 (June):99–109. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.008>.
- Feng, Xianhui, Huan Wen, Mu He, and Yiqiang Xiao. 2023. "Microclimate Effects and Influential Mechanisms of Four Urban Tree Species underneath the Canopy in Hot and Humid Areas." *Frontiers in Environmental Science* 11 (February). <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1108002>.
- Fong, Chng Saun, Nasrin Aghamohammadi, Logaraj Ramakreshnan, Nik Meriam Sulaiman, and Parviz Mohammadi. 2019. "Holistic Recommendations for Future Outdoor Thermal Comfort Assessment in Tropical Southeast Asia: A Critical Appraisal." *Sustainable Cities and Society* 46 (April):101428. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101428>.
- Georgi, N. J., and K. Zafiriadis. 2006. "The Impact of Park Trees on Microclimate in Urban Areas." *Urban Ecosystems* 9 (3): 195–209. <https://doi.org/10.1007/s11252-006-8590-9>.
- Imran, Mohammad. 2013. "Pengaruh Iklim Terhadap Bentuk Dan Bahan Arsitektur Bangunan." *RADIAL – JuRnal PerADaban Salns, ReKayAsa Dan TeknoLogi* 1 (1).



- Kolková, Zuzana, Peter Hrabovský, and Jozef Matušov. 2019. "Analysis of Thermal Comfort and Microclimatic Conditions in Special Workplaces." In *Proceedings of the 2nd International Conference on Research in Science, Engineering and Technology*. Acavent. <https://doi.org/10.33422/2nd.icrset.2019.11.789>.
- Lai, Dayi, Wenyu Liu, Tingting Gan, Kuixing Liu, and Qingyan Chen. 2019. "A Review of Mitigating Strategies to Improve the Thermal Environment and Thermal Comfort in Urban Outdoor Spaces." *Science of The Total Environment* 661 (April):337–53. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.062>.
- Lamsal, Prativa, Sushil Bahadur Bajracharya, and Hom Bahadur Rijal. 2023. "A Review on Adaptive Thermal Comfort of Office Building for Energy-Saving Building Design." *Energies* 16 (3): 1524. <https://doi.org/10.3390/en16031524>.
- Lin, Yaolin, Tao Huang, Wei Yang, Xiancun Hu, and Chunqing Li. 2023. "A Review on the Impact of Outdoor Environment on Indoor Thermal Environment." *Buildings* 13 (10): 2600. <https://doi.org/10.3390/buildings13102600>.
- Lindberg, Fredrik, Shiho Onomura, and C. S. B. Grimmond. 2016. "Influence of Ground Surface Characteristics on the Mean Radiant Temperature in Urban Areas." *International Journal of Biometeorology* 60 (9): 1439–52. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1135-x>.
- Liu, Binyi, Zefeng Lian, and Robert D. Brown. 2019. "Effect of Landscape Microclimates on Thermal Comfort and Physiological Wellbeing." *Sustainability* 11 (19): 5387. <https://doi.org/10.3390/su11195387>.
- Meili, Naika, Juan Angel Acero, Nadav Peleg, Gabriele Manoli, Paolo Burlando, and Simone Fatichi. 2021. "Vegetation Cover and Plant-Trait Effects on Outdoor Thermal Comfort in a Tropical City." *Building and Environment* 195 (May):107733. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107733>.
- Sanusi, Ruzana, Denise Johnstone, Peter May, and Stephen J. Livesley. 2017. "Microclimate Benefits That Different Street Tree Species Provide to Sidewalk Pedestrians Relate to Differences in Plant Area Index." *Landscape and Urban Planning* 157 (January):502–11. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.08.010>.
- Satwiko, Prasasto. 2004. *Fisika Bangunan 2*. 1st ed. Yogyakarta: Andi.
- Taleghani, Mohammad, Alex Marshall, Richard Fitton, and William Swan. 2019. "Renaturing a Microclimate: The Impact of Greening a Neighbourhood on Indoor Thermal Comfort during a Heatwave in Manchester, UK." *Solar Energy* 182 (April):245–55. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.02.062>.
- Yeo, Lee Bak, Gabriel Hoh Teck Ling, Mou Leong Tan, and Pau Chung Leng. 2021. "Interrelationships between Land Use Land Cover (LULC) and Human Thermal Comfort (HTC): A Comparative Analysis of Different Spatial Settings." *Sustainability* 13 (1): 382. <https://doi.org/10.3390/su13010382>.
- Zhao, Dan, Quanhuan Lei, Yajie Shi, Mengdi Wang, Sibao Chen, Kamran Shah, and Wenli Ji. 2020. "Role of Species and Planting Configuration on Transpiration and Microclimate for Urban Trees." *Forests* 11 (8): 825. <https://doi.org/10.3390/f11080825>.

Zhao, Xiaofeng, Jiahui Liu, Lele Liu, Xiuguang Liu, and Yanchuang Zhao. 2016. "Relationship between Surface Net Radiation and Landcover Pattern in an Urban Area." In 2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 6742–45. IEEE. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2016.7730760>

**Author(s) contribution**

**Patric Chrisna Yuansha Putra** contributed to the research concepts preparation, methodologies, investigations, data analysis, visualization, articles drafting and revisions.

**Frengky B. Ola** contribute to the research concepts preparation and literature reviews, data analysis, of article drafts preparation and validation.