

Vegetation Density of Green Open Spaces as a Key Determinant of Outdoor Thermal Comfort on the Universitas Palangka Raya Campus

Kerapatan Vegetasi Ruang Terbuka Hijau sebagai Penentu Kenyamanan Termal Luar Ruangan di Kampus Universitas Palangka Raya

Waluyo Nuswantoro^{1*}, Yetrie Ludang¹, Herwin Sutrisno¹, Subrata Aditama Kittie Aidon Uda¹

¹Universitas Palangka Raya, Indonesia,

*surel: waluyonuswantoro01@gmail.com

ABSTRACT

Outdoor thermal comfort plays a crucial role in supporting daily academic activities, particularly in humid tropical regions characterized by high air temperature and relative humidity. Air temperature and relative humidity were measured at 30 observation points representing different land-cover conditions across the campus area. Outdoor thermal comfort was evaluated using the Thermal Humidity Index (THI), while vegetation density was assessed using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) derived from Landsat 8 imagery. Statistical analysis was applied to examine the relationship between NDVI and THI. The results indicate a consistent negative relationship between vegetation density and THI. Areas with higher NDVI values tend to exhibit lower THI levels, reflecting more comfortable thermal conditions. In contrast, locations dominated by built-up surfaces and sparse vegetation show higher THI values and experience greater thermal discomfort, particularly during daytime periods. Although the overall proportion of green open space on the campus meets regulatory requirements, the spatial distribution and density of vegetation vary considerably across activity zones. These findings highlight that vegetation density is a key factor in improving outdoor thermal comfort in tropical university campuses. Strategic enhancement of vegetation density, especially in high-activity areas, is essential to support a more thermally comfortable and sustainable campus environment.

Keywords:

Outdoor Thermal Comfort,
Vegetation Density,
NDVI,
THI,
Tropical Campus

Received: December 21st 2025

Reviewed: February 3rd 2026

Published: February 28th 2026

ABSTRAK

Kenyamanan termal luar ruang merupakan aspek penting dalam mendukung aktivitas sivitas akademika, khususnya di wilayah tropis lembap yang dicirikan oleh suhu udara dan kelembapan relatif tinggi. Pengukuran suhu udara dan kelembapan relatif dilakukan pada 30 titik pengamatan yang mewakili variasi tutupan lahan kampus. Kenyamanan termal dianalisis menggunakan *Thermal Humidity Index* (THI), sedangkan kerapatan vegetasi dihitung melalui *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) berbasis citra Landsat 8. Analisis statistik digunakan untuk menilai hubungan antara NDVI dan THI. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan negatif yang konsisten antara NDVI dan THI, di mana area dengan kerapatan vegetasi lebih tinggi cenderung memiliki tingkat kenyamanan termal yang lebih baik. Sebaliknya, area dengan vegetasi jarang dan dominasi permukaan terbangun menunjukkan nilai THI lebih tinggi dan mendekati atau melampaui ambang ketidaknyamanan termal pada iklim tropis lembap. Temuan ini menegaskan bahwa kerapatan vegetasi merupakan faktor kunci dalam pengendalian kenyamanan termal luar ruang di lingkungan kampus tropis dan perlu menjadi pertimbangan utama dalam pengelolaan ruang terbuka hijau kampus.

Kata Kunci:

Kenyamanan Termal,
Kerapatan Vegetasi,
NDVI,
THI,
Kampus Tropis

Diterima: 21 Desember 2025

Direview: 3 Februari 2026

Dipublikasi: 28 Februari 2026

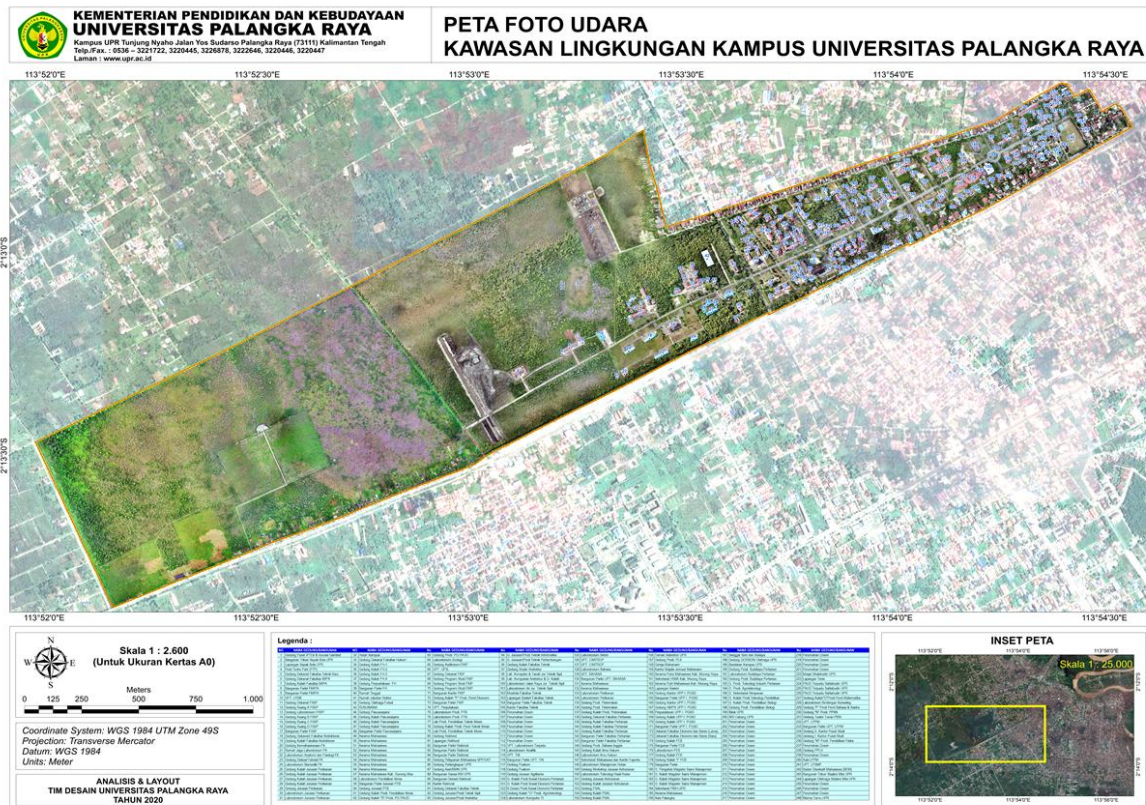


PENDAHULUAN

Ruang luar kampus memiliki peran penting sebagai ruang aktivitas pendukung kegiatan akademik, seperti pergerakan pejalan kaki, interaksi sosial, dan aktivitas kemahasiswaan. Di wilayah tropis lembap, kenyamanan aktivitas luar ruang sangat dipengaruhi oleh kondisi termal, terutama akibat kombinasi suhu udara tinggi dan kelembapan relatif yang besar yang dapat meningkatkan stres panas pada manusia [1], [2]. Kampus perguruan tinggi umumnya memiliki ruang terbuka hijau yang lebih luas dibanding kawasan perkotaan padat. Namun, perkembangan infrastruktur, penambahan bangunan, dan perluasan area parkir berpotensi mengubah struktur tutupan lahan dan menciptakan kantong panas lokal yang memengaruhi kenyamanan termal pengguna [2], [3]. Dampak perubahan ini umumnya lebih terasa pada skala mikro, khususnya pada jalur pejalan kaki dan area dengan intensitas aktivitas tinggi [4]. Vegetasi berperan penting dalam mengatur iklim mikro melalui mekanisme peneduhan dan evapotranspirasi. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kerapatan vegetasi berkorelasi dengan penurunan suhu udara dan perbaikan kondisi termal lingkungan luar ruang [1], [5] – [6]. Namun demikian, kajian kenyamanan termal sering kali masih menitikberatkan pada suhu permukaan, padahal persepsi kenyamanan manusia lebih dipengaruhi oleh suhu udara dan kelembapan relatif, terutama pada iklim tropis lembap [4] – [6]. *Thermal Humidity Index* (THI) merupakan indikator yang menggabungkan suhu udara dan kelembapan relatif sehingga lebih representatif dalam menggambarkan kenyamanan termal manusia di lingkungan tropis [3] – [4]. Penggunaan THI memungkinkan evaluasi kondisi termal yang lebih relevan terhadap pengalaman pengguna ruang luar dibandingkan indikator berbasis suhu permukaan [5], [7]. Penelitian ini dilakukan di Kampus Universitas Palangka Raya, sebuah kampus tropis dengan dominasi vegetasi yang masih kuat namun terus mengalami dinamika pembangunan. Penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan antara kerapatan vegetasi yang direpresentasikan oleh NDVI dan kenyamanan termal luar ruang yang direpresentasikan oleh THI, sebagai dasar ilmiah pengelolaan ruang terbuka hijau kampus yang berorientasi pada kenyamanan pengguna [8] – [9].

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan integrasi pengukuran mikroklimat lapangan dan analisis penginderaan jauh, sebagaimana lazim digunakan dalam studi kenyamanan termal luar ruang di wilayah tropis [4], [8]. Lokasi penelitian berada di Kampus Universitas Palangka Raya yang memiliki variasi tutupan lahan berupa kawasan berhutan, zona transisi, dan area terbangun terlihat pada [Gambar 1](#).



Sumber: Dok. Master Plan UPR 2018-2034 (2018)

Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Universitas Palangka Raya Kampus Tunjung Nyaho, Kota Palangka Raya

Pengukuran suhu udara dan kelembapan relatif dilakukan pada 30 titik pengamatan yang dipilih secara purposive untuk mewakili perbedaan karakter tutupan lahan. Pengukuran dilakukan pada pagi, siang, dan sore hari dalam kondisi cuaca cerah, mengikuti pendekatan yang digunakan dalam penelitian mikroklimat luar ruang sebelumnya [7], [10]. Nilai rata-rata suhu udara dan kelembapan relatif digunakan untuk menghitung Thermal Humidity Index (THI) menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Nieuwolt [3]. Rumus tersebut dinyatakan sebagai berikut:

$$THI = 0,8 \times T + \frac{(RH \times T)}{500} \quad (1)$$

Keterangan:

THI adalah *Temperature Humidity Index* (°C),

T adalah temperatur udara (°C), dan

RH adalah kelembapan relatif (%).

Perhitungan ini menghasilkan suatu indeks standar yang berfungsi untuk menggambarkan tingkat kenyamanan atau beban panas yang dirasakan manusia berdasarkan kombinasi antara temperatur udara dan kelembapan relatif. Dengan demikian, metode THI memberikan gambaran yang komprehensif tentang kondisi mikroklimat dan dampaknya terhadap kenyamanan termal manusia. Kerapatan vegetasi dihitung menggunakan NDVI yang diperoleh dari citra Landsat 8 OLI/TIRS. Nilai NDVI diekstraksi pada setiap titik pengamatan. Analisis statistik berupa korelasi dan regresi linear digunakan untuk menilai hubungan antara NDVI dan THI serta arah pengaruh kerapatan vegetasi terhadap kenyamanan termal pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Kerapatan Vegetasi

Kelas	Rentang Nilai NDVI	Kelas Kerapatan Vegetasi
1	-1 s/d -0,03	Lahan tidak bervegetasi
2	-0,03 s/d 0,15	Kerapatan sangat rendah
3	0,15 s/d 0,25	Kerapatan rendah
4	0,26 s/d 0,35	Kerapatan sedang
5	0,36 s/d 1	Kerapatan tinggi

Sumber : Kementerian Kehutanan (2012)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dinamika Kerapatan Vegetasi

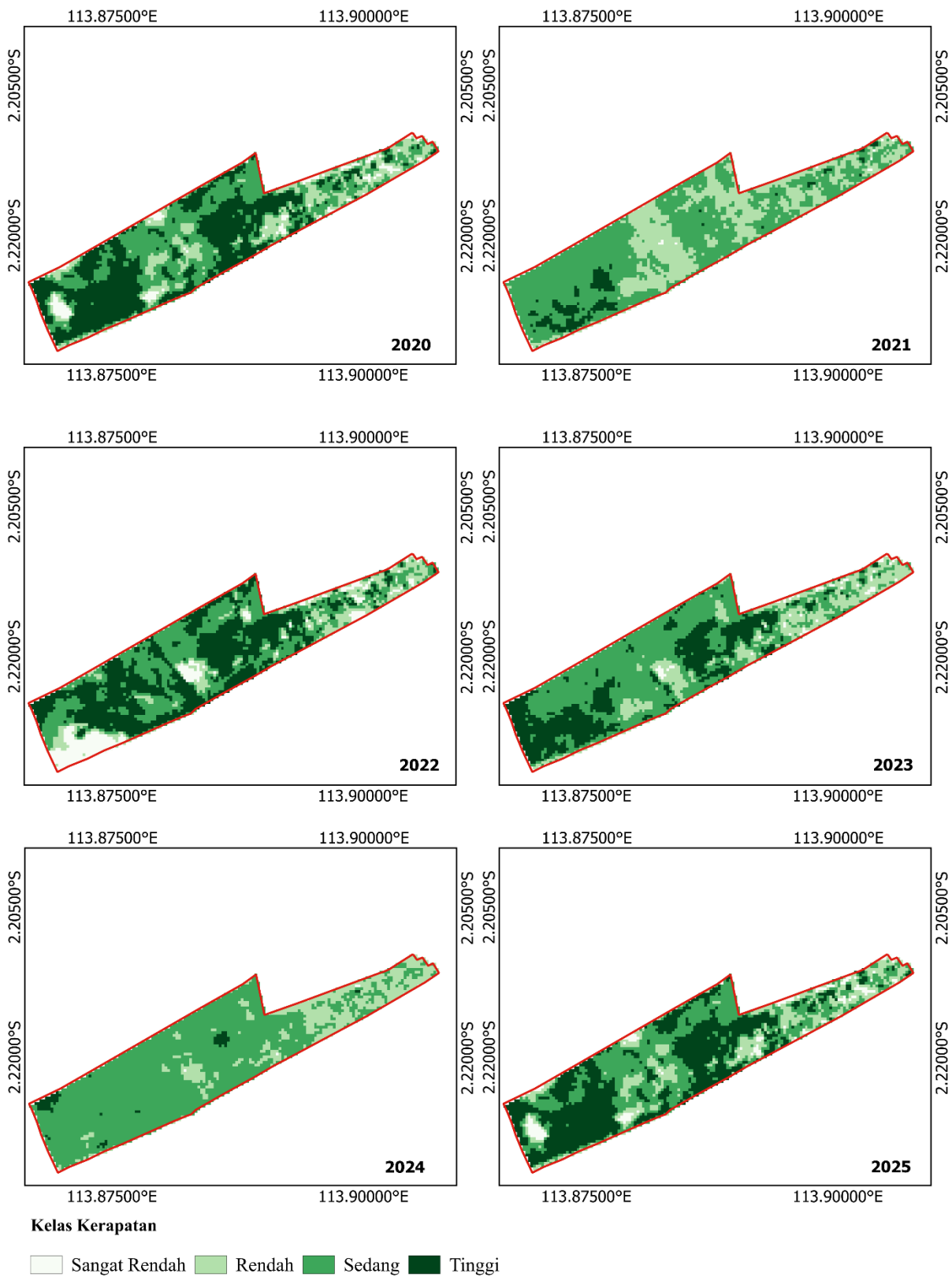
Berdasarkan analisis NDVI multitemporal tahun 2020–2025 pada [Gambar 2](#), kondisi vegetasi Kampus Universitas Palangka Raya menunjukkan dinamika yang fluktuatif namun secara umum masih didominasi oleh kelas kerapatan sedang hingga tinggi. Nilai NDVI_{mean} berkisar antara 0,2886 hingga 0,4289 tertera pada [Tabel 2](#), yang mengindikasikan bahwa vegetasi kampus berada pada kondisi cukup baik secara ekologis, meskipun mengalami tekanan akibat aktivitas pembangunan [9] – [10].

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan NDVI_{mean} Tahun 2020-2025

No.	TAHUN	NDVI _{mean}
1	2020	0,3284
2	2021	0,2886
3	2022	0,4230
4	2023	0,3837
5	2024	0,2887
6	2025	0,4289

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Fluktuasi NDVI antar tahun mencerminkan karakter vegetasi tropis sekunder yang responsif terhadap variasi iklim tahunan dan gangguan antropogenik. Pola ini sejalan dengan karakter ekosistem tropis yang memiliki kemampuan regenerasi vegetasi yang relatif tinggi setelah gangguan lingkungan [3], [6].



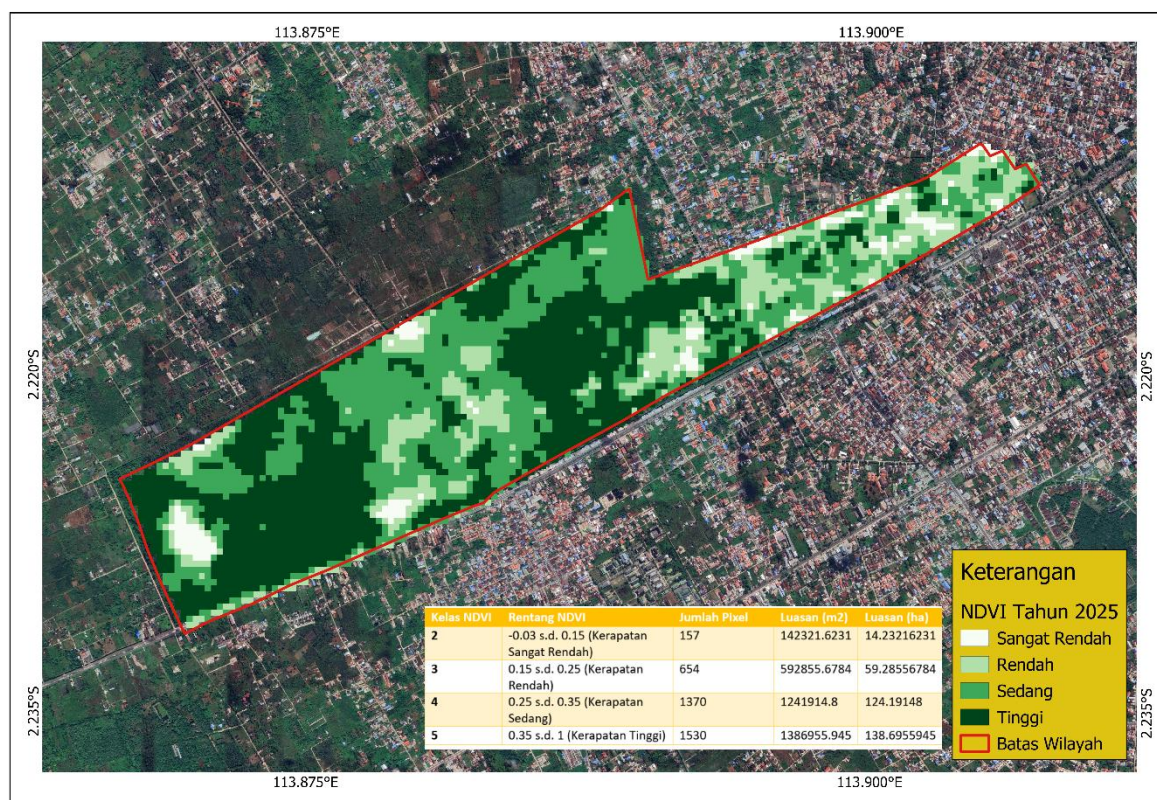
Sumber: Hasil Analisis. 2025

Gambar 2. Dinamika Perubahan Luasan Kelas NDVI Tahun 2020-2025

Fluktuasi NDVI yang terjadi antar tahun mencerminkan karakter vegetasi tropis sekunder yang responsif terhadap variasi iklim tahunan dan aktivitas manusia. Penurunan NDVI pada tahun 2021 dan 2024 sejalan dengan penurunan luas vegetasi rapat, sementara peningkatan NDVI pada tahun 2022 dan 2025 menunjukkan kemampuan regenerasi vegetasi kampus yang relatif cepat. Pola ini konsisten dengan karakter ekosistem tropis Kalimantan yang memiliki siklus pemulihan vegetasi yang tinggi setelah gangguan lingkungan.

Distribusi Spasial NDVI dan Implikasinya terhadap Ruang Aktivitas

Peta NDVI tahun 2025 pada [Gambar 3](#) memperlihatkan bahwa area dengan kerapatan vegetasi tinggi umumnya terkonsentrasi pada zona pinggiran kampus dan kawasan ruang terbuka hijau inti. Sebaliknya, area dengan NDVI rendah hingga sangat rendah cenderung berada pada zona tengah dan timur kampus yang merupakan pusat aktivitas akademik dan kawasan terbangun.



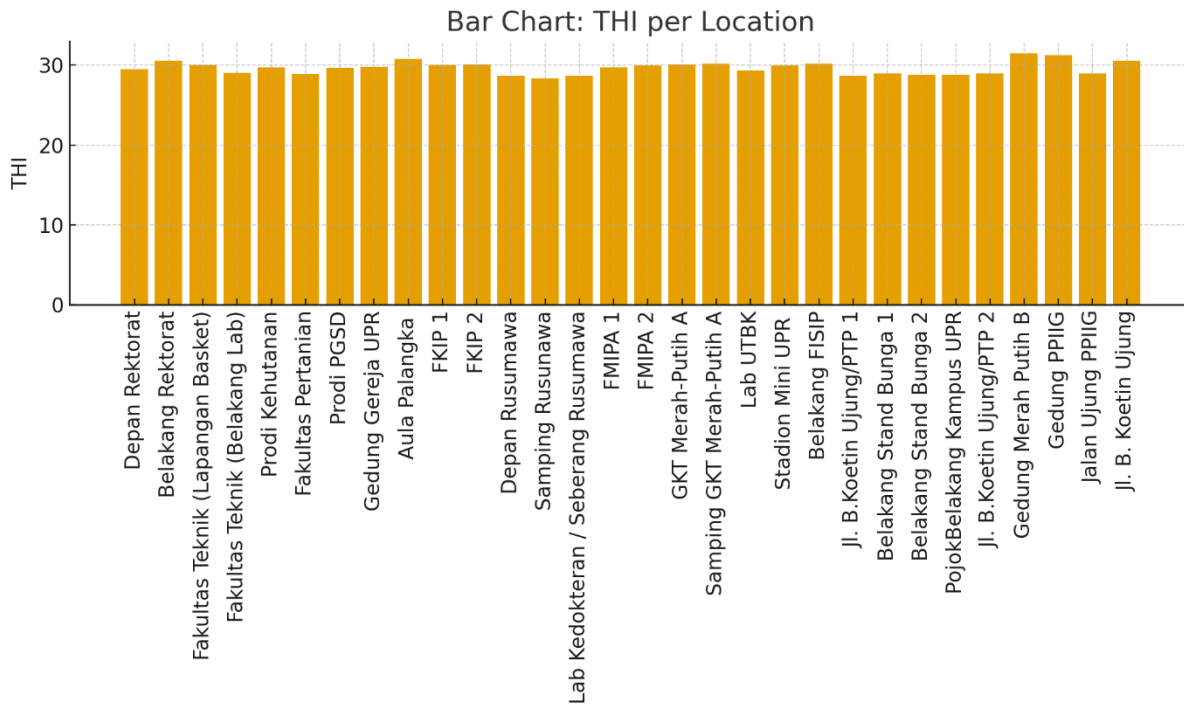
Gambar 3. Peta NDVI Kampus UPR Tahun 2025

Distribusi spasial NDVI menunjukkan bahwa area dengan kerapatan vegetasi tinggi umumnya terkonsentrasi pada zona pinggiran kampus dan kawasan ruang terbuka hijau inti, sedangkan area dengan NDVI rendah cenderung berada pada zona pusat aktivitas akademik dan kawasan terbangun. Pola ini menunjukkan bahwa meskipun secara kuantitatif luasan RTH kampus memenuhi ketentuan regulatif, distribusi dan kerapatan vegetasi secara spasial masih belum merata [5], [7]. Ketidakeimbangan distribusi vegetasi ini berimplikasi langsung terhadap kenyamanan termal pengguna ruang luar, terutama pada koridor pejalan kaki dan area sekitar bangunan utama [8], [11].

Kenyamanan Termal Luar Ruang dan Hubungannya dengan NDVI

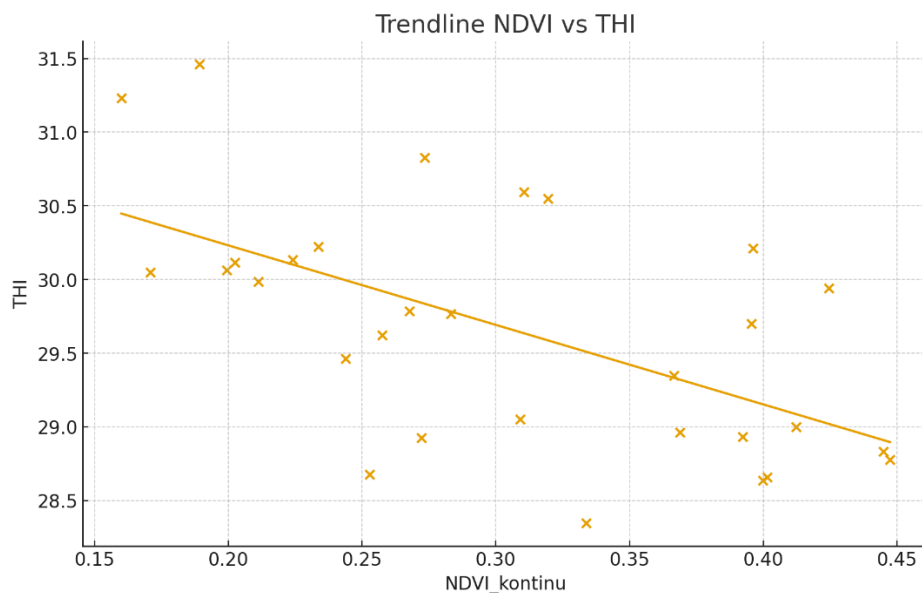
Hasil pengukuran suhu udara dan kelembapan relatif menunjukkan bahwa nilai THI di Kampus Universitas Palangka Raya berada pada kategori cukup nyaman hingga tidak nyaman, terutama pada periode siang hari pada [Gambar 4](#). Lokasi dengan kerapatan vegetasi tinggi

cenderung memiliki nilai THI yang lebih rendah dibandingkan area dengan dominasi permukaan terbangun.



Gambar 4. Bar Chart: Indeks Kenyamanan Termal (THI) per-lokasi Sampel

Hubungan negatif antara NDVI dan THI pada Gambar 5, mengindikasikan bahwa peningkatan kerapatan vegetasi berperan dalam menurunkan tingkat ketidaknyamanan termal. Vegetasi berfungsi sebagai peneduh dan meningkatkan proses evapotranspirasi yang membantu menurunkan suhu udara di lapisan dekat permukaan [1], [6], [9]. Temuan ini memperkuat argumen bahwa pada iklim tropis lembap, kenyamanan termal manusia lebih dipengaruhi oleh kondisi udara dibandingkan oleh suhu permukaan semata [4], [11].



Gambar 5. Scatter dan Trendline Indeks Kenyamanan Termal (THI) dan Nilai NDVI

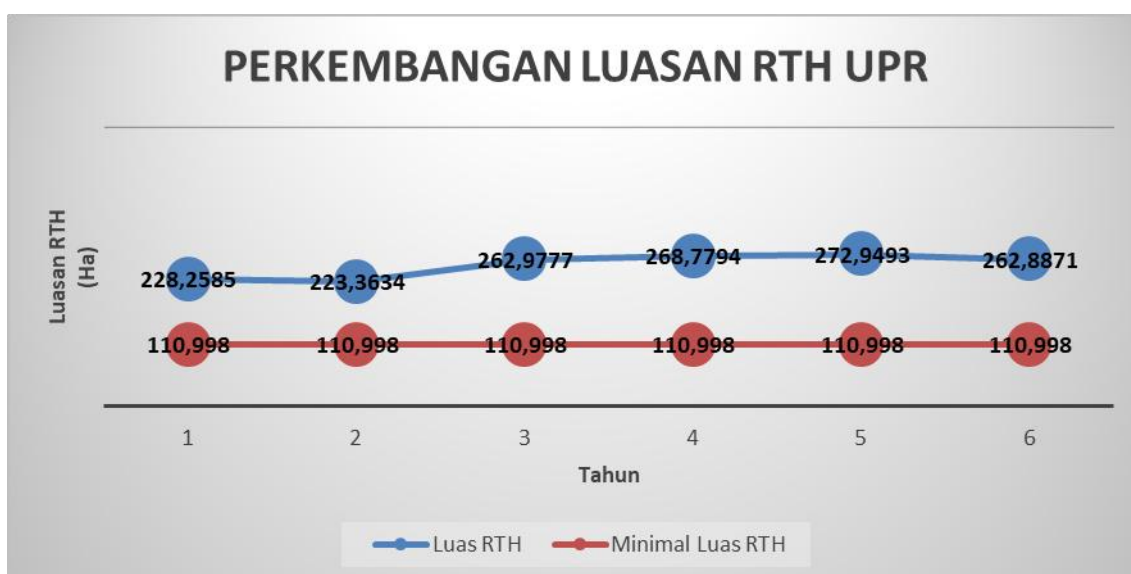
Diskusi dalam Konteks Pengelolaan Kampus

Hasil penelitian ini menegaskan bahwa luasan RTH yang besar belum tentu menjamin kenyamanan termal yang merata jika distribusi dan kerapatan vegetasi tidak seimbang seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Luasan RTH Fungsional Berdasarkan Kelas NDVI

Kelas	Nilai NDVI	Luasan Lahan (Ha)					
		2020	2021	2022	2023	2024	2025
4	0,25 - 0,35	169,7888	203,1483	123,3756	174,5933	266,1505	124,1915
5	0,36 - 1,0	58,46971	20,21511	139,6021	94,18609	6,798804	138,6956
Total Luas RTH		228,2585	223,3634	262,9777	268,7794	272,9493	262,8871

Grafik perkembangan RTH pada Gambar 6 menunjukkan bahwa secara regulatif Kampus Universitas Palangka Raya telah memenuhi bahkan melampaui standar minimum RTH. Namun, dari perspektif kenyamanan termal, masih diperlukan penataan vegetasi yang lebih terarah pada zona aktivitas intensif.



Sumber: Hasil Analisis, 2025

Gambar 6. Grafik Perkembangan RTH Kampus UPR dan Perbandingannya dengan Luas RTH Minimal

Hasil penelitian ini menegaskan bahwa luasan ruang terbuka hijau yang besar belum tentu menjamin kenyamanan termal yang merata apabila distribusi dan kerapatan vegetasi tidak seimbang. Temuan ini konsisten dengan studi sebelumnya yang menekankan pentingnya kualitas dan kontinuitas vegetasi pada zona aktivitas intensif untuk meningkatkan kenyamanan termal luar ruang [7], [10], [12]. Dengan demikian, pendekatan pengelolaan RTH kampus perlu bergeser dari sekadar pemenuhan luasan menuju peningkatan kualitas dan kerapatan vegetasi pada lokasi strategis yang berpengaruh langsung terhadap kenyamanan pengguna.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kerapatan vegetasi yang direpresentasikan oleh nilai NDVI memiliki hubungan negatif yang konsisten dengan indeks kenyamanan termal (THI) di Kampus Universitas Palangka Raya. Area dengan NDVI tinggi cenderung menunjukkan nilai THI yang lebih

rendah, yang mengindikasikan kondisi termal luar ruang yang relatif lebih nyaman dibandingkan area dengan dominasi permukaan terbangun dan vegetasi jarang. Temuan ini menegaskan bahwa pada iklim tropis lembap, kenyamanan termal manusia lebih dipengaruhi oleh interaksi suhu udara dan kelembapan yang dimoderasi oleh vegetasi, dibandingkan oleh suhu permukaan semata.

Kelebihan utama penelitian ini terletak pada integrasi pengukuran mikroklimat lapangan dengan analisis spasial berbasis NDVI, sehingga mampu menggambarkan hubungan antara struktur vegetasi dan kenyamanan termal pada skala kampus secara empiris. Selain itu, penggunaan THI sebagai indikator kenyamanan termal dinilai relevan untuk konteks iklim tropis lembap. Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan, antara lain jumlah titik pengamatan yang relatif terbatas dan belum mempertimbangkan variabel iklim mikro lain seperti kecepatan angin dan radiasi matahari langsung. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas jumlah titik pengamatan, menambahkan variabel iklim mikro lainnya, serta mengembangkan analisis temporal yang lebih panjang guna memperoleh gambaran kenyamanan termal yang lebih komprehensif.

REFERENSI

- [1] M. Santamouris, and K. Vasilakopoulou, "Recent Progress on Urban Heat Mitigation Technologies," *Science Talks*, vol. 5, 2023. Link: <https://doi.org/10.1016/j.sctalk.2022.100105>
- [2] T. R. Oke, *Boundary Layer Climates*, 2nd ed. London, UK: Routledge, 1987, <https://www.routledge.com/Boundary-Layer-climates/Oke/p/book/9780415043199>
- [3] S. Nieuwolt, *Tropical Climatology: An Introduction to the Climates of the Low Latitudes*. Chichester, UK: Wiley, 1977, Link: <https://ia601508.us.archive.org/21/items/in.ernet.dli.2015.120056/2015.120056.Tropical-Climatology.pdf>
- [4] M. Mahmoodzadeh, V. Gretka, K. Hay, C. Steele, and P. Mukhopadhyaya, "Determining Overall Heat Transfer Coefficient (U-Value) Of Wood-Framed Wall Assemblies In Canada Using External Infrared Thermography," *Building and Environment*, vol. 199, pp. 107897, 2021, Link: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107897>
- [5] Kementerian Kehutanan Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Kehutanan No. P.12/Menhut-II/2012 tentang Pedoman Ruang Terbuka Hijau*. Jakarta, 2012, Link: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/133036>
- [6] E. Johansson, and R. Emmanuel, "The Influence of Urban Design on Outdoor Thermal Comfort In the Hot Humid City Of Colombo, Sri Lanka," *International Journal of Biometeorology*, vol. 51, pp. 119-133, 2006, Link: <https://doi.org/10.1002/joc.1240>
- [7] V. Wulfmeyer, and I. Henning-Muller, "The Climate Station of the University of Hohenheim: Analyses of Air Temperature and Precipitation Time Series Since 1878," *International Journal of Climatology*, vol. 26, no. 1, pp. 113-138, 2006, Link: <https://doi.org/10.1002/joc.1240>
- [8] Y. Zhang, H. Chen, and Q. Meng, "Thermal comfort in buildings with split air-conditioners in hot-humid area of China," *Building and Environment*, vol. 64, pp. 213-224, 2013, Link: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.09.009>
- [9] L. Shashua-Bar, D. Pearlmutter, and E. Erell, "The Influence of Trees And Grass on Outdoor Thermal Comfort in a Hot-Arid Environment," *International Journal of Climatology*, vol. 31, no. 10, pp. 1498–1506, 2011, Link: <https://doi.org/10.1002/joc.2177>
- [10] M. Bahrar, Z. I. Djamai, M. E. Mankibi, A. S. Larbi, and M. Salvia, "Numerical and experimental study on the use of microencapsulated phase change materials (PCMs) in textile reinforced

- concrete panels for energy storage,” *Sustainable Cities and Society*, vol. 41, pp. 455–468, 2018, Link:
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.06.014>
- [11] H. Kuivjogi, A. Utar, K. Kuusk, M. Thalfeldt, and J. Kurnitski, “Market based renovation solutions in non-residential buildings – Why commercial buildings are not renovated to NZEB,” *Energy and Buildings*, vol. 248, p. 111169, 2021, Link:
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111169>
- [12] M. Taleghani, “Outdoor thermal comfort by different heat mitigation strategies—A review,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 81, pp. 2011–2018, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.010>