

KONDISI PANAS DI DALAM HUTAN KOTA: STUDI KASUS DI AREA DANAU UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Riswan Hadi Saputra

¹Akademi Ilmu Pelayaran Nusa Tenggara, Labuhan Haji Lombok Timur

*e-mail: riswanhadi534@gmail.com

diterima: 4 Juli 2023; direvisi: 2 Oktober 2023; disetujui: 24 Oktober 2023

ABSTRAK

Ruang terbuka di perkotaan memiliki arti penting bagi masyarakat. Karena kebanyakan orang akan menghabiskan waktu untuk beristirahat dan berekreasi di tempat tersebut untuk menghilangkan stres dalam beraktivitas. Salah satu ruang terbuka adalah hutan kota tropis di danau Universiti Sains Malaysia. Pohon merupakan salah satu fitur penting dalam ruang terbuka, karena pohon mempengaruhi kenyamanan tempat, sehingga dalam perencanaan jenis pohon harus dipilih sesuai dengan lingkungan sekitarnya. Perhitungan kondisi termal dengan parameter suhu dan kelembaban relatif dilakukan untuk menentukan kondisi termal lingkungan danau USM dan menghitung nilai *Thermo Hygrometric Index* (THI) dari tiga spesies pohon yang berbeda untuk mengetahui pohon mana yang paling dapat mempengaruhi kondisi lingkungan termal. Penelitian dilakukan pada Januari 2023, di Danau USM pada hari-hari cerah. Dari hasil penelitian, kondisi rata-rata lingkungan termal danau USM adalah 31°C untuk suhu dan 62,5% untuk kelembaban relatif, hasil ini hampir sama dengan kondisi lingkungan termal pada penelitian sebelumnya. Untuk perhitungan THI, pohon yang memiliki THI terbaik adalah *Samanea Saman*, dengan 26,8°C kemudian diikuti oleh pohon *Andira Inermis* dengan 26,9°C dan terakhir *Petrocarpus Indicus* dengan 27,2°C. Pengetahuan tentang kondisi lingkungan termal dan jenis pohon merupakan bagian yang sangat penting dalam membangun dan mengembangkan ruang terbuka agar dapat memberikan kenyamanan termal bagi masyarakat yang datang untuk beristirahat dan rekreasi.

Kata Kunci: Ruang Terbuka, Kondisi Termal, Spesies Pohon, THI

THERMAL ENVIRONMENTAL CONDITION WITHIN AN URBAN TROPICAL FOREST: A CASE STUDY OF AREA UNIVERSITI SAINS MALAYSIA LAKE

Open space in urban areas has an important meaning for the community. Because most people will spend time resting and recreation in that place to relieve stress in activities. One of the open spaces is tropical urban forest on USM lake. Trees are one of the important features in open space, because trees affect the comfort of the place, so that in planning the type of tree must be chosen according to the surrounding environment. Logging of thermal conditions with temperature and relative humidity parameters was carried out to determine the thermal conditions of the lake USM environment and calculate the THI values of three different tree species to find out which tree could best influence the thermal environment conditions. The study was conducted in January 2023, at USM Lake on sunny days. From the results of research, the average condition of the USM lake thermal environment is 31°C for temperature and 62.5% for Relative humidity, this result is almost the same as the thermal environmental conditions in previous studies. For THI calculations, the tree that has the best THI is Samanea Saman, with 26.8°C then followed by Andira Inermis tree with 26.9°C and finally Petrocarpus Indicus with 27.2°C. knowledge of the thermal environmental conditions and species of trees is a very important part in building and developing open spaces in order to provide thermal comfort for people who come to rest and recreation.

Keywords: Outdoor Space, Thermal Condition, Trees Specie, THI

PENDAHULUAN

Kondisi lingkungan termal adalah masalah lingkungan yang berkaitan dengan lingkungan yang dapat mempengaruhi kehidupan manusia seperti makanan, aktivitas, istirahat, pakaian bahkan perumahan (Jendritzky & Tinz, 2009). Kondisi lingkungan termal dapat mempengaruhi tingkat kesehatan manusia (Zhou & Cao, 2020). Di perkotaan, kondisi termal telah menjadi perhatian di masyarakat perkotaan, terutama kondisi termal terutama di luar ruang (Ghaffarianhoseini, *dkk.* 2019).

Berkeaan dengan populasi manusia yang semakin berkembang, lebih banyak ruang digunakan untuk hidup dan bekerja, bangunan dibangun setiap hari jalan dikembangkan, menyebabkan sistem ekologi meningkat di bawah kondisi lingkungan termal (Zhou & Cao, 2020). Lingkungan termal sesuai dengan tingkat kepuasan manusia ada dua, yaitu kenyamanan termal dan ketidaknyamanan termal. Kenyamanan termal adalah tingkat kepuasan manusia terhadap lingkungan sekitar yang berhubungan dengan suhu dan angin kepuasan mereka dapat dilihat langsung dari fisiologinya (Irmak, *dkk.* 2013). Sementara untuk ketidaknyamanan termal berhubungan dengan panas tinggi, polusi udara, dan kecepatan angin yang dapat mengganggu aktivitas manusia (Sharmin & Steemers, 2015).

Mengenai termal yang berhubungan dengan ruang terbuka, kondisi termal ruang terbuka di perkotaan memiliki arti penting, karena kebanyakan orang menghabiskan waktu untuk beristirahat di lokasi tersebut (Balogun & Daramola, 2019). (Emmanuel, 2003), Ada beberapa pekerjaan yang dilakukan untuk membuat reservasi termal lebih baik untuk membangun vegetasi perkotaan atau hutan.

Hutan kota adalah pohon di daerah perkotaan, termasuk jalan pohon individu dan kelompok pohon taman, dan hutan yang dirancang untuk mengurangi suhu, mengurangi limpasan banjir sehingga

bermanfaat bagi masyarakat sekitar (Baur, *dkk.* 2019).

Fungsi pohon dapat mendinginkan udara melalui respirasi, meredam suara redaman kanopi, serta menghasilkan udara dan air bersih melalui akar dan daun (Endreny, 2018). Tanpa cakupan vegetasi yang tepat dan efektif di sekitar, orang akan berada dalam kondisi ketidaknyamanan termal manusia yang parah dan menyebabkan penyakit serius dan panas (Zhao et al 2018). Pohon adalah instrumen penting untuk ruang terbuka hijau seperti hutan kota. Kondisi termal di sekitar pohon dapat bervariasi tergantung pada spesies seperti dalam penelitian (Morakinyo, et al, 2017). Oleh karena itu dalam perencanaan pembangunan, penanaman, pemeliharaan, dan pemilihan jenis pohon yang sesuai dengan kondisi lingkungan di sekitarnya perlu dilaksanakan dalam pengembangan hutan tropis perkotaan (Streiling & Matzarakis, 2003).

Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji tingkat kondisi lingkungan termal di hutan tropis perkotaan di kawasan Danau Universiti Sains Malaysia (USM), sebagai area rekreasi bagi komunitas USM dan di luar USM serta untuk menentukan dan menentukan kondisi termal di bawah tajuk pohon yang berbeda dengan yang memiliki diameter terbesar dan terbanyak ditanam secara luas di wilayah USM. Terakhir, kesimpulan dari hasil penelitian ini juga dapat dijadikan acuan dalam mengembangkan dan mengelola hutan kota adat mereka di Malaysia dan secara umum di negara-negara tropis di Asia.

BAHAN DAN METODE

Deskripsi Situs

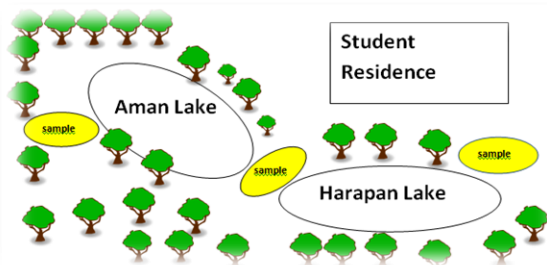
Penelitian ini dilakukan pada Januari 2023 di Danau USM yang terletak di sebelah barat Pulau Penang, Malaysia (644108 E, 59189 N) pada ketinggian 12 mdpl dengan curah hujan tahunan rata-rata 999,9 mm, suhu minimum dan maksimum tahunan 23°C - 31°C, dan kelembaban relatif 73% per tahun. Lokasi penelitian merupakan danau buatan dengan luas 1,38 hektar yang terbagi

menjadi dua danau, yaitu Danau Aman dan Danau Harapan, dikelilingi oleh pohon berkanopi besar seperti Angsana (*Pterocarpus indicus*), Pohon Trembesi (*Samanea saman*), Flamboyan (*Delonix regia*), Mahoni (*Swietenia Mahagoni*), Ketapang (*Terminelia Catappa*) dan dihuni oleh hewan seperti burung, reptil dan ikan. Yang diperuntukkan bagi kegiatan rekreasi, konservasi satwa liar dan kegiatan penelitian bagi civitas kampus USM maupun di luar USM.

1) Pemeriksaan Kondisi Lingkungan Termal di Hutan Kota Area Danau USM.

a. Titik pengambilan sampel

Pemilihan titik sampling dengan memilih titik yang mewakili seluruh area danau, berada di ruang terbuka dan tidak berada di bawah kanopi pohon, jumlah titik yang diambil adalah 3 titik.



Gambar 1. Sketsa titik pengambilan sampel lingkungan termal

b. Pengukuran kondisi lingkungan termal

- Parameter yang diukur adalah suhu, dan kelembaban relatif.
- Peralatan yang digunakan adalah stasiun cuaca mikro portabel.
- Data dikumpulkan pada pagi hari (09:00), siang (13:00) dan petang (18:00). Dengan mengukur suhu, dan kelembaban relatif. Data diambil setiap 30 detik selama 20 menit dan menghasilkan 40 pembacaan data.

2) Evaluasi kondisi termal berdasarkan THI (*Thermo Hygrometric Index*) di bawah berbagai jenis jenis pohon

a. Jenis Pohon

Pemilihan jenis pohon sebagai sampel pengukuran adalah pohon yang

memiliki kanopi terluas dan diameter batang terluas. Adapun pohon yang memenuhi kriteria ini.

a. *Samanea Saman* (Pohon Trembesi)

- Kerajaan : *Plantae*
- Divisi : *Magnoliophyta*
- Subdivisi : *Eudikotil*
- Ordo : *Fabales*
- Keluarga : *Fabaceae*
- Genus : *Andira*

Pohon Trembesi merupakan pohon tropis, besar, tinggi dan memiliki kanopi yang lebar seperti payung sehingga populer sebagai pohon peneduh dan cocok untuk desain area publik yang luas seperti taman, hutan kota, dan sekolah besar. Pohon Trembesi sering digunakan untuk menghasilkan bahan organik, naungan tanaman / over story, penahan angin, woodlots, makanan hewan / burung asli, habitat satwa liar, dan hiasan (Staples & Craig. 2006).

b. *Pterocarpus indicus* (Angsana)

- Kerajaan : *Plantae*
- Divisi : *Spermathopyta*
- Subdivisi : *Angiospermae*
- Ordos : *Fabales*
- Keluarga : *Fabaceae*
- Genus : *Pterocarpus*

Pohon Angsana merupakan tumbuhan yang hidup di daerah tropis khususnya Malaysia, memiliki batang tegak, berkayu dan berwarna coklat, diameter batangnya bisa lebih dari 2 meter. Karena kanopinya yang rindang Angsana biasanya digunakan sebagai pohon peneduh di berbagai lokasi. (Roziaty, 2009).

c. *Andira Inermis* (*Brown Hearth*)

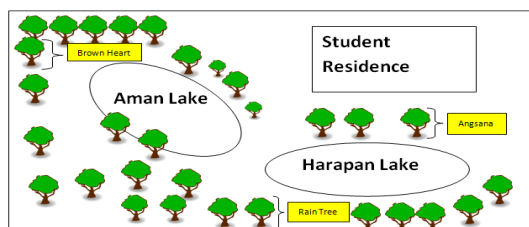
- Kerajaan : *Plantae*
- Divisi : *Magnoliophyta*
- Subdivisi : *Eudikotil*
- Ordo : *Fabales*
- Keluarga : *Fabaceae*
- Genus : *Andira*

Pohon Brown Hearth adalah tanaman yang dapat hidup di semua habitat mulai dari hutan tropis hingga sabana dan. Salah satu fungsi pohon ini sebagai peneduh dan

tempat berteduh, di Malaysia pohon ini direkomendasikan sebagai penahan angin karena percabangannya yang rendah dan kanopi yang besar, lebar dan tersebar.

3) Titik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel diambil pada spesies pohon yang dipilih. Titik pengambilan sampel diambil pada tiga titik yang berdekatan pada titik pengukuran kondisi lingkungan termal.



Gambar 2. Pengambilan sampel kondisi termal di bawah pohon kanopi

Kemudian kami melakukan pengukuran di luar Danau USM sebagai kontrol atau kendali atas hasil penelitian. Pohon pemandang Saman Samanea diukur di depan USM Sejahtera Center (644300 E, 592512 N), karena siswa biasanya menggunakan pohon untuk berteduh sambil menunggu bus transportasi. Pohon Pterocarpus Indicus kedua ditentukan di area parkir Fakultas Teknologi Industri (TI), pohon tersebut dibuat sebagai pohon peneduh di area parkir TI (644276 E, 592322 N). yang terakhir, pohon Andria Inermis diukur di area parkir service cafe (644128 E, 592321 N), pohon ini sering dijadikan tempat berteduh oleh mahasiswa setelah berbelanja di cafe tersebut.

4) Pengukuran Kondisi Termal di bawah Berbagai Jenis Pohon

Peralatan, parameter dan waktu pengukuran sama dengan proses pengukuran kondisi lingkungan termal danau, di bawah kanopi pohon yang dibuat sebagai sampel.

5) Perhitungan dan Klasifikasi THI

Perhitungan menggunakan THI. Indeks perhitungan termal dibagi menjadi dua konfigurasi dan sederhana. Menggunakan efek gabungan dari parameter meteorologi seperti suhu udara (TA) dan kelembaban relatif (RH) (Irmak et al., 2013).

Indeks kenyamanan termal di bawah kanopi pohon akan dihitung berdasarkan TA dan RH. Menggunakan satuan °C. Perhitungan ini menggunakan perhitungan $THI (^{\circ}C) = t - (0,55 - 0,0055f)$ ($t - 14,5$). Di mana mewakili suhu air (Ta) dan f kelembaban relatif.

Kemudian hasil perhitungan THI dilakukan klasifikasi THI dilakukan untuk mengetahui kondisi kenyamanan yang sesuai dengan sensasi manusia, klasifikasi tersebut mengacu pada kategori thermo hygrometric index.

Tabel 1. Kategori indeks higrometrik termo (Kyle, 1994 dalam Unger, 1999)

Kategori THI	Suhu (°C)
Hiper-glasial	<-40
Glasiyal	-39,9 hingga -20
Sangat dingin	-19.9 hingga -10
Sangat dingin	-9.9 hingga -1.8
Dingin	-1,7 hingga +12,9
Sejuk	+13 hingga +14,9
Nyaman	+15 hingga +19,9
Panas	+20 hingga +26,4
Sangat panas	+26,5 hingga +29,9
Terik	>+30

ANALISIS

Data yang telah diperoleh dianalisis dengan analisis statistik, dan analisis ANOVA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Analisis Termal

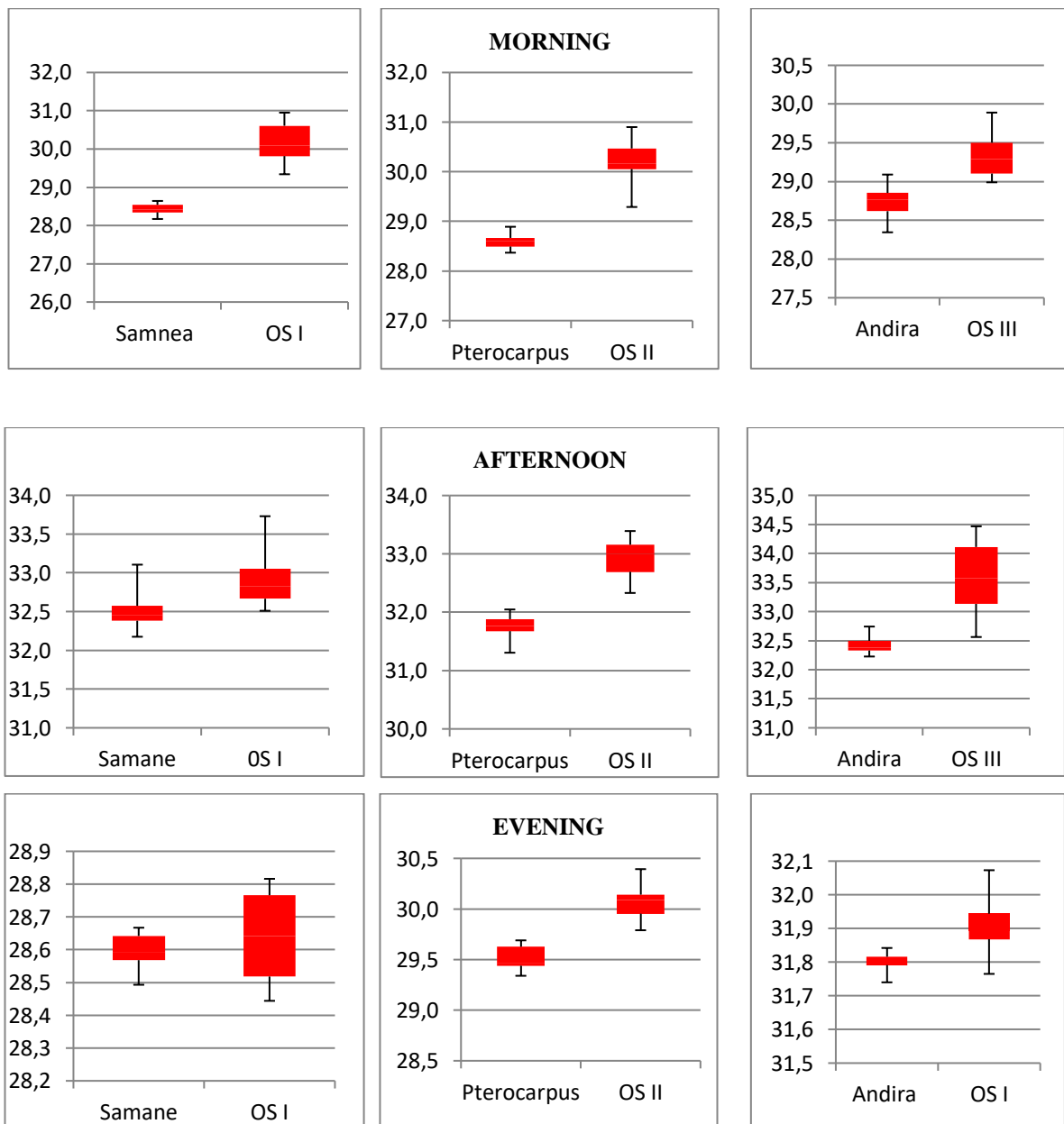
1) Suhu

Data menunjukkan nilai suhu rata-rata adalah 31,07°C, dengan nilai terendah 28,6°C dan nilai tertinggi 33,6°C. Suhu tinggi di sore hari dan menurun di petang hari. Hasil ini serupa dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan di ruang terbuka hijau di berbagai daerah seperti

Ghaffarianhoseini *dkk.* (2019) studi menyatakan bahwa ruang terbuka hijau di University of Malaya memiliki suhu rata-rata 32,9°C, dalam penelitian lain Chow et al. (2016) menyatakan suhu rata-rata kebun raya Singapura adalah 31°C.

Kemudian terdapat perbedaan nilai suhu di bawah pohon dan di ruang terbuka, suhu di bawah kanopi pohon lebih rendah dibandingkan di ruang terbuka dengan suhu rata-rata 30,2°C. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Morakinyo et al. (2017) yang menyatakan bahwa pohon dapat menurunkan

suhu di lingkungan sekitar dan pohon kanopi dapat menurunkan suhu hingga 2°C (Shooshtarian, *dkk* 2018), Coutts et al, (2016) Juga menyatakan bahwa pohon memiliki fungsi yang sangat efektif dalam mengurangi tekanan panas di musim panas dan kondisi termal di bawah kanopi pohon lebih rendah daripada ruang terbuka (Bowler et al., 2010). Data perbandingan suhu antara bawah pohon kanopi dan ruang terbuka disajikan dalam bentuk bagan box plot.

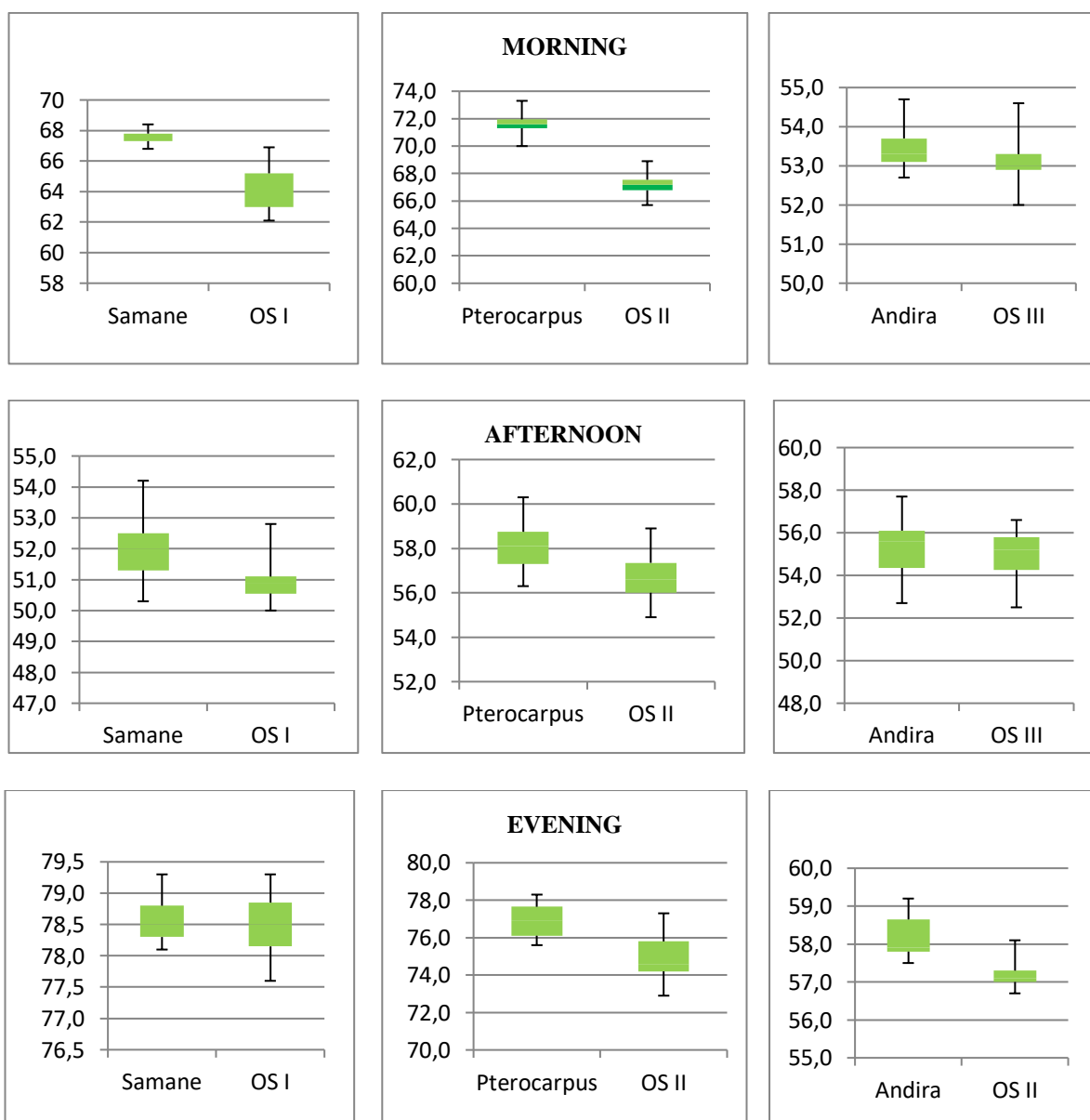


Gambar 3. Rata-rata suhu

2) Kelembaban Relatif (RH)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kelembaban relatif (RH) di lingkungan Danau USM sebesar 62,5%, nilai RH menurun pada siang hari dengan nilai terendah 50,9%, dan kembali meningkat pada petang hari dengan nilai 78,5%. Hasil ini masih mirip dengan studi Ghaffarianhoseini et al. (2019) yang menunjukkan ruang terbuka di University of Malaya dengan pepohonan di sekitarnya memiliki nilai RH 68%. Kemudian nilai RH di bawah tajuk pohon lebih tinggi dibandingkan di ruang terbuka di lingkungan

danau dengan rata-rata 64%. Hal ini sesuai dengan pernyataan Morakinyo et al. (2018) bahwa pohon memberikan kenyamanan termal yang lebih tinggi di bawah naungan pohon daripada di ruang terbuka tanpa pohon, melalui efek naungannya yang dapat mengurangi radiasi matahari sehingga lingkungan sekitar kurang terkena radiasi. Loughner et al. (2012) Juga menyatakan bahwa pohon memiliki potensi untuk mengurangi panas perkotaan secara langsung melalui naungan dan proses penguapan yang lambat. Data perbandingan kelembaban relatif disajikan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan kelembaban relatif

b. Perhitungan dan Klasifikasi THI
 Nilai THI berbagai jenis pohon memiliki nilai yang berbeda-beda, hal ini dibuktikan dengan menggunakan uji statistik ANOVA

yang menyatakan bahwa jenis pohon memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kondisi termal lingkungan sekitar.

Tabel 2. Analisis ANOVA

Sumber Variasi	SS	Df	MS	F	Nilai P	F kritik
Antar Grup	6.482222	2	3.241111	14.44059	0.00509	5.1432528
Dalam Grup	1.346667	6	0.224444			
Seluruh	7.828889	8				

Samanea saman (Trembesi) adalah pohon dengan nilai THI terendah dengan rata-rata 26,8°C, sehingga memberikan kenyamanan termal yang lebih baik daripada 2 spesies pohon lainnya. Hal ini sebagaimana dinyatakan oleh Sanusi et al. (2017) Pohon dapat mempengaruhi iklim mikro yang berbeda tergantung pada spesies dan morfologi pohon seperti kepadatan daun dan lebar kanopi. Pohon *Samanea Saman* adalah pohon dengan kanopi lebar yang membentuk payung dan berdiameter panjang sehingga dapat mengikis radiasi matahari yang akan langsung muncul ke permukaan. Hal ini

sesuai dengan penelitian (Morakinyo et al. 2017) menyatakan bahwa kerapatan daun, tinggi pohon dan lebar diameter merupakan faktor utama yang mempengaruhi tingkat kenyamanan termal yang dihasilkan bagi lingkungan sekitarnya.

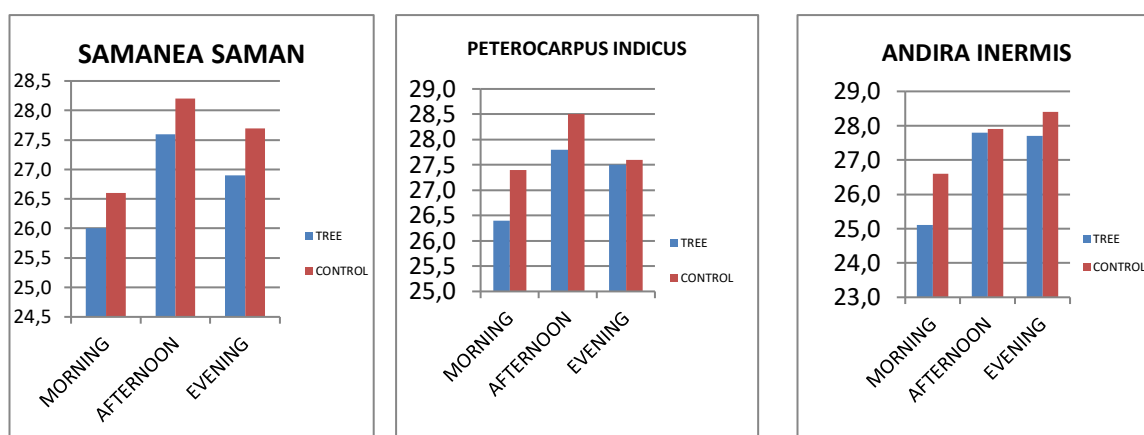
Hasil THI dicatat dari semua spesies pohon menyatakan pada pagi adalah rendah; Ini karena aktivitas manusia sangat kecil. Klasifikasi THI pada pagi hari adalah panas, sedangkan untuk siang dan petang hari dalam kategori sangat panas. Hasil klasifikasi THI dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi THI

Spesies Pohon	Waktu	THI (°C)	Kategori THI
<i>Samanea Saman</i>	Pagi	26.0	Panas
	Siang	27.6	Sangat panas
	Petang	26.9	Sangat panas
<i>Pterocarpus</i>	Pagi	26.4	Panas
	Siang	27.8	Sangat panas
	Petang	27.5	Sangat panas
<i>Andira Inermis</i>	Pagi	25.1	Panas
	Siang	27.8	Sangat panas
	Petang	27.7	Sangat panas

Hasil THI pohon penelitian di Danau USM dan pohon kontrol di luar Danau USM tidak menunjukkan hasil yang berbeda, di mana pohon yang terletak di USM menghasilkan nilai THI yang lebih rendah. Hal ini dikarenakan komposisi lingkungan danau USM sangat padat dengan pepohonan besar sehingga pepohonan satu sama lain mempengaruhi tingkat termal, berbeda

dengan pohon kontrol yang lingkungannya tidak ditumbuhi pepohonan yang lebat dan beragam. Hal ini sesuai dengan Berry et al. (2013) Pernyataan bahwa frekuensi cakupan dan kepadatan antar pohon dapat mempengaruhi tingkat kenyamanan termal. Data perbandingan nilai THI antara sampel pohon dan kontrol disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan Nilai THI Antara Sampel Pohon Dengan Kontrol Pohon

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini didapatkan bahwa kondisi lingkungan termal Danau USM sama seperti hutan kota lainnya di daerah tropis. Kondisi termal di bawah kanopi pohon lebih baik daripada ruang terbuka di area Danau USM. Perbedaan spesies mempengaruhi kondisi termal yang disediakan oleh pohon untuk lingkungannya, pohon yang memberikan kondisi termal terbaik adalah pohon *Samanea Saman*. Oleh karena itu, dalam perencanaan membangun ruang hijau seperti hutan kota harus melindungi kondisi lingkungan sekitar sehingga dapat mempertimbangkan komponen-komponen yang akan digunakan di tempat-tempat seperti jenis pohon dan tanaman pendukung lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Balogun, I. A., & Daramola, M. T. (2019). The outdoor thermal comfort assessment of different urban configurations within Akure City, Nigeria. *Urban Climate*, 29(June), 100489. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100489>
- Baur, J. W. R., Ries, P., & Rosenberger, R. S. (2019). A relationship between emotional connection to nature and attitudes about urban forest management. *Urban Ecosystems*. <https://doi.org/10.1007/s11252-019-00905-2>
- Berry, R., Livesley, S. J., & Aye, L. (2013).

Tree canopy shade impacts on solar irradiance received by building walls and their surface temperature. *Building and Environment*, 69, 91–100. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.07.009>

- Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, 97(3), 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>
- Chow, W. T. L., Akbar, S. N. A. B. A., Heng, S. L., & Roth, M. (2016). Assessment of measured and perceived microclimates within a tropical urban forest. *Urban Forestry and Urban Greening*, 16, 62–75. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.01.010>
- Coutts, A. M., White, E. C., Tapper, N. J., Beringer, J., & Livesley, S. J. (2016). Temperature and human thermal comfort effects of street trees across three contrasting street canyon environments. *Theoretical and Applied Climatology*, 124(1–2), 55–68. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1409-y>
- Efri Roziaty, (2009). Kandungan klorofil, struktur anatomi daun angšana (*pterocarpus indicus* willd) Dan kualitas udara ambien di sekitar kawasan industri pupuk pt. Pusri di

- palembang
- Emmanuel, R. (2003). Assessment of impact of land cover changes on urban bioclimate: The case of colombo, sri lanka. *Architectural Science Review*, 46(2), 151–158. <https://doi.org/10.1080/00038628.2003.9696978>
- Endreny, T. A. (2018). Strategically growing the urban forest will improve our world. *Nature Communications*, 9(1), 10–12. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03622-0>
- Ghaffarianhoseini, A., Berardi, U., Ghaffarianhoseini, A., & Al-Obaidi, K. (2019). Analyzing the thermal comfort conditions of outdoor spaces in a university campus in Kuala Lumpur, Malaysia. *Science of the Total Environment*, 666, 1327–1345. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.284>
- Irmak, M. A., Yilmaz, S., Yilmaz, H., Ozer, S., & Toy, S. (2013). Evaluation of different thermal conditions based on THI under different kind of tree types - As a specific case in Ata botanic garden in eastern Turkey. *Global Nest Journal*, 15(1), 131–139. <https://doi.org/10.30955/gnj.000926>
- Jendritzky, G., & Tinz, B. (2009). The thermal environment of the human being on the global scale. *Global Health Action*, 2(1), 1–12. <https://doi.org/10.3402/gha.v2i0.2005>
- Loughner, C. P., Allen, D. J., Zhang, D. L., Pickering, K. E., Dickerson, R. R., & Landry, L. (2012). Roles of urban tree canopy and buildings in urban heat island effects: Parameterization and preliminary results. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 51(10), 1775–1793. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-11-0228.1>
- Morakinyo, T. E., Kong, L., Lau, K. K. L., Yuan, C., & Ng, E. (2017). A study on the impact of shadow-cast and tree species on in-canyon and neighborhood's thermal comfort. *Building and Environment*, 115, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.01.005>
- Morakinyo, T. E., Lau, K. K. L., Ren, C., & Ng, E. (2018). Performance of Hong Kong's common trees species for outdoor temperature regulation, thermal comfort and energy saving. *Building and Environment*, 137, 157–170. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.04.012>
- Sanusi, R., Johnstone, D., May, P., & Livesley, S. J. (2017). Microclimate benefits that different street tree species provide to sidewalk pedestrians relate to differences in Plant Area Index. *Landscape and Urban Planning*, 157, 502–511. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.08.010>
- Sharmin, T., and Steerners, K. 2015. Use of microclimate models for evaluating thermal comfort: Identifying the gaps.
- Shooshtarian, S., Rajagopalan, P., & Sagoo, A. (2018). A comprehensive review of thermal adaptive strategies in outdoor spaces. *Sustainable Cities and Society*, 41(June), 647–665. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.06.005>
- Staples, G. W., & Craig R. Elevitch. (2006). *Samanea saman* (rain tree). *Species Profiles for Pacific Island Agroforestry*, (April), 15. Retrieved from <http://www.trationaltree.org>
- Streiling, S., & Matzarakis, A. (2003). Influence of single and small clusters of trees on the bioclimate of a city: A case study. *Journal of Arboriculture*, 29(6), 309–316.
- Unger, J. (1999). Comparisons of urban and rural bioclimatological conditions in the case of a Central-European city. *International Journal of Biometeorology*, 43(3), 139–144. <https://doi.org/10.1007/s004840050129>
- Zhao, Q., Sailor, D. J., & Wentz, E. A. (2018). Impact of tree locations and arrangements on outdoor microclimates and human thermal comfort in an urban

residential environment. *Urban Forestry and Urban Greening*, 32, 81–91.

<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.03.022>

Zhou, W., & Cao, F. (2020). Effects of changing spatial extent on the relationship between urban forest patterns and land surface temperature. *Ecological Indicators*, 109(159), 105778.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105778>