



Penyuluhan Pemilihan Material Bangunan untuk Mengurangi Urban Heat Island di Jakarta Barat (Lokasi: RPTRA Meruya Selatan)

Sri Novianthi Pratiwi^{1*}, Ristya Arinta Safitri²

^{1,2} Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia

(*) Corresponding Author: srinovianthi@trisakti.ac.id

Article Info:

Abstract

Keywords:

Urban Heat Island;
Building Materials;
Albedo;
Public Open Space;
Community Outreach;

Article History:

Received : 08-01-2024

Revised : 17-02-2024

Accepted : 19-02-2024

Article DOI :

<https://doi.org/10.70550/sowel.v1i1.302>

Urban Heat Island (UHI) dipengaruhi oleh perubahan tutupan lahan dan karakter termal permukaan terbangun yang berpotensi memperbesar paparan panas di ruang publik. Artikel ini bertujuan mengidentifikasi material bangunan dan lanskap RPTRA Meruya Selatan, menyusun prioritas mitigasi berbasis kondisi lokasi, serta mendeskripsikan penyuluhan kepada masyarakat. Penelitian menggunakan studi kasus deskriptif-kualitatif terintegrasi kegiatan pengabdian kepada masyarakat melalui observasi visual, inventarisasi material, dokumentasi, diskusi, dan telaah pustaka. Dokumentasi memperkirakan sekitar 60% area aktivitas berupa perkerasan, dengan material berupa beton, bata, penutup atap asbes, dan baja. Atas dasar temuan tersebut, diusulkan pemetaan naungan dan aktivitas pengguna, pemeriksaan profesional terhadap kondisi atap, penanganan perkerasan terpilih, dan penguatan vegetasi serta bidang permeabel. Penyuluhan dan tanggapan peserta terdokumentasi secara deskriptif, tetapi kebutuhan belajar awal dan peningkatan pengetahuan tidak dievaluasi dengan instrumen terstandar. Belum terdapat bukti penerapan rekomendasi ataupun pengukuran temperatur sebelum dan sesudah kegiatan. Kontribusi utama artikel adalah menghubungkan prinsip fisika bangunan dengan edukasi dan perencanaan perbaikan ruang publik berbasis komunitas; pengurangan panas masih merupakan dampak potensial yang perlu diuji.

How to cite : Pratiwi, S. N., & Safitri, R. A. (2024). Penyuluhan Pemilihan Material Bangunan untuk Mengurangi Urban Heat Island di Jakarta Barat (Lokasi: RPTRA Meruya Selatan). *Journal of Social Welfare and Community Development*, 1(1), 43-57. <https://doi.org/10.70550/sowel.v1i1.302>



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/). Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI.

Published under licence by Bacadulu.net Publisher.

PENDAHULUAN

Urban Heat Island (UHI) menggambarkan kondisi ketika kawasan perkotaan memiliki temperatur permukaan dan/atau udara yang lebih tinggi dibandingkan wilayah sekitarnya. Fenomena ini terbentuk melalui interaksi antara perubahan tutupan lahan, geometri perkotaan, aktivitas antropogenik, keterbatasan vegetasi, serta sifat termal permukaan buatan. Dalam kerangka keseimbangan energi kota, radiasi matahari yang diterima oleh permukaan tidak seluruhnya segera dilepas kembali. Sebagian energi diserap, disimpan dalam material, kemudian dilepas sebagai panas sensibel yang

meningkatkan temperatur permukaan dan udara. Oleh karena itu, karakteristik material bangunan dan lanskap memiliki posisi penting dalam pembentukan maupun mitigasi UHI (Oke, 1982; Mohajerani et al., 2017).

Konteks DKI Jakarta memperlihatkan urgensi persoalan tersebut. Rushayati dan Hermawan (2013) menunjukkan bahwa proporsi lahan terbangun di DKI Jakarta pada tahun 2009 mencapai 84,95% dan area dengan temperatur permukaan tinggi terkonsentrasi terutama pada zona dengan kepadatan bangunan tinggi. Analisis mereka terhadap kondisi tahun 2006 dan 2010 juga memperlihatkan temperatur permukaan lebih dari 34 °C pada bagian dalam kota yang kemudian cenderung menurun menuju area suburban. Temuan tersebut menegaskan bahwa ekspansi permukaan buatan dan kepadatan kawasan merupakan faktor penting yang perlu direspons melalui intervensi pada skala kota maupun skala lingkungan.

Jakarta Barat, termasuk Kelurahan Meruya Selatan, berkembang sebagai kawasan permukiman yang diisi oleh rumah tinggal, fasilitas sosial, jalan lingkungan, ruang komunal, dan berbagai bentuk perkerasan. Pada skala mikro, keputusan sederhana seperti penggunaan aspal, beton, jenis penutup atap, warna cat, serta minimnya tanaman peneduh dapat memengaruhi besarnya energi matahari yang diserap dan disimpan. Sebaliknya, material dengan reflektansi matahari yang lebih baik, permukaan berpori, vegetasi, dan elemen air dapat membantu mengurangi temperatur permukaan atau meningkatkan proses pendinginan melalui evapotranspirasi. Akbari et al. (2001) menegaskan bahwa rendahnya vegetasi dan tingginya absorptansi radiasi matahari oleh permukaan perkotaan merupakan penyebab utama pembentukan pulau panas pada banyak kota.

Urgensi pengurangan UHI tidak hanya berkaitan dengan kenyamanan termal. Peningkatan temperatur perkotaan dapat meningkatkan kebutuhan energi pendinginan, memperburuk kualitas lingkungan luar ruang, dan memperbesar paparan panas bagi kelompok masyarakat yang menggunakan ruang publik. Pada fasilitas seperti Ruang Publik Terpadu Ramah Anak (RPTRA), kondisi termal menjadi lebih penting karena ruang digunakan oleh anak-anak, orang tua, pengelola, kelompok PKK, serta warga untuk aktivitas sosial pada berbagai waktu. Dengan demikian, peningkatan kualitas termal melalui pemilihan material dan penataan elemen lingkungan dapat diposisikan sebagai bagian dari upaya meningkatkan kualitas ruang publik yang sehat dan adaptif.

Meskipun literatur mengenai UHI telah berkembang luas, terdapat kesenjangan antara pengetahuan teknis dan penerapannya pada tingkat masyarakat. Banyak penelitian membahas UHI melalui citra satelit, pemodelan spasial, pengukuran temperatur kota, atau pengembangan material berdaya pantul tinggi. Synnefa, Santamouris, dan Apostolakis (2007) menunjukkan bahwa pelapis berwarna yang dirancang dengan reflektansi inframerah-dekat lebih tinggi dapat menurunkan temperatur permukaan dibandingkan pelapis konvensional dengan warna serupa. Santamouris (2013) juga menempatkan cool pavement sebagai salah satu pendekatan penting karena perkerasan menempati proporsi besar permukaan kota. Namun, hasil penelitian teknis semacam ini belum selalu diterjemahkan menjadi pengetahuan praktis yang mudah digunakan oleh masyarakat ketika memilih material untuk halaman, jalan setapak, dinding, atau atap.

Kesenjangan berikutnya muncul pada konteks lokasi. Rekomendasi material sering dipaparkan secara umum, padahal efektivitasnya dipengaruhi oleh fungsi ruang, tingkat paparan matahari, keberadaan naungan, kelembapan, dan pola penggunaan. Material dengan albedo tinggi, misalnya, dapat membantu menurunkan temperatur permukaan, tetapi pada ruang pejalan kaki yang sempit refleksi radiasi yang tinggi juga

perlu dipertimbangkan agar tidak meningkatkan beban radiasi pada pengguna. Oleh sebab itu, pemilihan material yang baik tidak cukup hanya berbasis satu sifat fisik, melainkan perlu memadukan reflektansi matahari, emisi termal, kapasitas penyimpanan panas, tekstur, permeabilitas, warna, dan dukungan vegetasi.

RPTRA Meruya Selatan dipilih sebagai studi kasus karena berfungsi sebagai ruang publik lingkungan dan memiliki variasi material yang dapat diamati secara langsung. Dokumentasi awal mencatat bahwa sekitar 60% area ruang bermain dan sirkulasinya berupa perkerasan, termasuk jalan setapak, lapangan bola mini, area bermain, dan ruang serbaguna. Elemen utama yang ditemukan meliputi permukaan lapangan beton, dinding bata, atap asbes, tiang baja, dan lantai beton. Kondisi tersebut menyediakan konteks nyata untuk menjelaskan hubungan antara sifat material dan pembentukan panas kepada masyarakat sekaligus merumuskan alternatif perbaikan yang dapat diterapkan secara bertahap.

Kajian mitigasi UHI perlu membedakan temperatur permukaan, temperatur udara, dan kenyamanan termal pengguna ruang publik. Ketiganya tidak dapat diperlakukan sebagai indikator yang identik. Sifat material, seperti reflektansi matahari, kapasitas penyimpanan panas, emisivitas, dan permeabilitas, membantu menjelaskan respons panas permukaan; sedangkan naungan, kelembapan, angin, dan durasi penggunaan ruang turut memengaruhi paparan panas manusia. Tinjauan Sari (2021) menegaskan pentingnya strategi yang disesuaikan dengan iklim kota tropis Indonesia. Fu et al. (2022) menunjukkan bahwa efektivitas penghijauan dipengaruhi pula oleh konfigurasi vegetasi, sementara Liu et al. (2023) menempatkan material, vegetasi, tata ruang, dan elemen air sebagai strategi yang perlu dinilai bersama untuk kenyamanan termal luar ruang. Dengan demikian, penggantian material tidak serta-merta dapat diklaim menurunkan temperatur udara tanpa evaluasi lapangan.

Pada aspek sosial, kajian partisipasi dalam adaptasi iklim menunjukkan bahwa penyampaian informasi perlu dibedakan dari keterlibatan warga dalam pengambilan keputusan dan pelaksanaan tindakan (Hügel & Davies, 2020). Pendekatan penyuluhan berbasis lokasi memiliki relevansi sebagai tahap awal pembelajaran karena menghubungkan konsep fisika bangunan dengan fasilitas yang digunakan masyarakat. Namun, relevansi metode tersebut tidak identik dengan keberhasilan peningkatan pengetahuan yang terukur. Catatan kegiatan RPTRA Meruya Selatan memuat proses penyuluhan dan respons peserta, tetapi tidak memuat asesmen pengetahuan awal, survei kebutuhan terstruktur, maupun pengukuran hasil belajar. Karena itu, keterbatasan pengetahuan masyarakat tidak dinyatakan sebagai temuan empiris awal, melainkan sebagai kebutuhan pembelajaran yang diasumsikan pada tahap perancangan kegiatan.

Kesenjangan yang ditangani artikel ini berada pada pertemuan antara informasi teknis material perkotaan dan penyusunan rekomendasi lingkungan yang mudah dipahami oleh pengelola serta pengguna ruang publik. Banyak studi berfokus pada pemodelan atau pengukuran mikroklimat, sedangkan artikel ini mendokumentasikan penerjemahan prinsip keseimbangan energi permukaan menjadi bahan penyuluhan dan prioritas perbaikan berdasarkan inventarisasi material RPTRA. Kebaruannya bersifat kontekstual dan metodologis pada integrasi observasi lokasi, interpretasi fisika bangunan, dan edukasi komunitas; artikel ini tidak mengklaim pembuktian efektivitas intervensi termal ataupun perubahan perilaku yang belum diukur.

Rumusan masalah meliputi: (1) bagaimana karakter material dan permukaan RPTRA Meruya Selatan ditinjau dari potensi akumulasi panas; (2) strategi material, naungan, dan lanskap apa yang perlu diprioritaskan berdasarkan inventarisasi tersebut;

dan (3) bagaimana penyuluhan dapat berfungsi sebagai tahap awal transfer pengetahuan dan pelibatan masyarakat tanpa mengklaim perubahan pengetahuan yang belum diukur.

Penelitian bertujuan menggambarkan kondisi material RPTRA, menyusun prioritas teknis awal untuk mitigasi panas, dan mendeskripsikan penyuluhan berbasis lokasi. Kebaruan artikel bersifat kontekstual: observasi fisik RPTRA dihubungkan dengan prinsip keseimbangan energi permukaan dan pembelajaran komunitas. Kontribusi ini tidak mencakup pengujian efektivitas penurunan suhu maupun perubahan perilaku peserta.

TINJAUAN PUSTAKA

Prinsip Fisika Bangunan dan Mitigasi UHI

Teori yang digunakan sebagai landasan utama adalah keseimbangan energi permukaan perkotaan (urban surface energy balance) yang dikembangkan dalam kajian klimatologi perkotaan oleh Oke (1982). Secara sederhana, radiasi bersih yang diterima permukaan kota didistribusikan ke beberapa komponen, terutama panas sensibel, panas laten, penyimpanan panas dalam material, dan energi yang berkaitan dengan aktivitas antropogenik. Perubahan tutupan lahan dari vegetasi menjadi permukaan buatan mengubah pembagian energi tersebut. Permukaan yang kedap dan minim vegetasi menurunkan porsi panas laten karena evapotranspirasi berkurang, sementara material dengan daya serap dan penyimpanan panas tinggi meningkatkan penyimpanan panas dan pelepasannya kembali ke lingkungan.

Dalam konteks pemilihan material, teori ini menjelaskan bahwa warna, tekstur, reflektansi matahari, emisivitas termal, kapasitas panas, konduktivitas, dan kadar air memengaruhi respons termal permukaan. Albedo merupakan rasio radiasi matahari yang dipantulkan terhadap radiasi yang datang. Nilai albedo yang lebih tinggi umumnya berkaitan dengan penyerapan energi matahari yang lebih rendah. Namun, keputusan desain tetap perlu memperhatikan posisi permukaan dan kenyamanan pengguna karena radiasi yang dipantulkan dapat berinteraksi dengan dinding, ruang sempit, atau tubuh pejalan kaki.

UHI merupakan perbedaan temperatur antara kawasan perkotaan dan wilayah referensi yang lebih sedikit mengalami urbanisasi. UHI dapat dibahas sebagai surface urban heat island yang menekankan temperatur permukaan maupun atmospheric urban heat island yang menekankan temperatur udara. Pada skala ruang publik, perubahan temperatur permukaan menjadi indikator penting karena langsung dipengaruhi oleh material lantai, jalan, atap, dinding, bayangan, dan vegetasi. Mohajerani et al. (2017) menegaskan bahwa peningkatan penggunaan material buatan dan produksi panas antropogenik merupakan pendorong utama UHI, sedangkan atap dan perkerasan menjadi bagian dominan permukaan kota yang menerima radiasi matahari.

Material berwarna gelap pada umumnya memiliki absorptansi matahari lebih tinggi dibandingkan permukaan terang dari jenis yang sama. Synnefa, Santamouris, dan Apostolakis (2007) menunjukkan bahwa teknologi cool-colored coating dapat meningkatkan reflektansi matahari tanpa harus selalu menghasilkan warna putih, sehingga membuka peluang penerapan pada elemen arsitektur yang tetap membutuhkan variasi warna. Pada atap, peningkatan reflektansi matahari juga terbukti dapat menurunkan beban pendinginan dan meningkatkan kenyamanan termal bangunan pada berbagai kondisi iklim (Synnefa, Santamouris, & Akbari, 2007).

Konsep keseimbangan energi permukaan menjadi dasar membaca hubungan antara karakter termal material, radiasi matahari, dan naungan. Dalam fisika bangunan,

sifat termal suatu elemen harus dipertimbangkan bersama kondisi iklim dan fungsi ruang (Latifah, 2015). Literatur mutakhir dari kawasan tropis menawarkan pembandingan, tetapi hasilnya tidak otomatis berlaku sebagai hasil pengukuran di RPTRA Meruya Selatan.

Dalam kerangka keseimbangan energi permukaan, material dan vegetasi memengaruhi pembagian radiasi bersih ke panas sensibel, panas laten, dan penyimpanan panas. Prinsip tersebut menjadi landasan ilmiah bagi pemilihan alternatif desain, tetapi tidak otomatis menghasilkan perubahan iklim mikro tanpa intervensi fisik. Pada iklim tropis, Khorat et al. (2024) melalui simulasi strategi cool roof di Kolkata memperlihatkan potensi penurunan panas pada skala kota menurut skenario yang dimodelkan. Hasil tersebut mendukung pertimbangan pelapis atap reflektif, tetapi besar efeknya tidak dapat dipindahkan langsung ke RPTRA Meruya Selatan. Demikian pula, studi Priandani et al. (2024) pada Alun-alun Bandung menekankan arti naungan pepohonan terhadap kenyamanan termal ruang publik tropis. Penggunaan temuan ini dalam artikel bersifat komparatif untuk menyusun opsi tindakan, bukan sebagai hasil pengukuran lokasi penelitian.

Selain albedo, kapasitas penyimpanan panas dan kemampuan permukaan melepaskan panas ke lingkungan perlu dipertimbangkan. Aspal, beton, batu, dan beberapa jenis logam dapat mencapai temperatur permukaan tinggi ketika terpapar radiasi langsung. Karena itu, pemilihan material sebaiknya dikombinasikan dengan strategi naungan, permukaan permeabel, vegetasi, dan pengurangan luasan perkerasan. Santamouris (2013) menjelaskan bahwa cool pavement dapat menurunkan temperatur permukaan dan panas sensibel yang dilepas ke atmosfer apabila dirancang sesuai kondisi setempat.

Vegetasi menurunkan temperatur lingkungan melalui pembayangan dan evapotranspirasi. Pohon yang ditempatkan pada jalur pedestrian, area duduk, dan tepi lapangan dapat mengurangi radiasi langsung ke permukaan keras sekaligus meningkatkan kualitas iklim mikro. Permukaan permeabel seperti paving berpori atau grass block dapat mengurangi dominasi permukaan kedap serta memberi peluang bagi kelembapan dan vegetasi untuk mendukung pendinginan. Elemen air juga berpotensi memberikan efek pendinginan melalui evaporasi, tetapi penerapannya perlu mempertimbangkan pemeliharaan, keamanan, kualitas air, dan efisiensi penggunaan air.

Partisipasi Masyarakat dan Pendidikan Lingkungan

Pemberdayaan masyarakat berkaitan dengan proses pembelajaran, ruang partisipasi, kapasitas menentukan prioritas, dan keberlanjutan tindakan kolektif. Dalam konteks mitigasi panas, kegiatan penyuluhan dapat ditempatkan sebagai langkah awal berupa pengenalan masalah dan pilihan respons. Hügel dan Davies (2020) menekankan pentingnya menilai bentuk dan kualitas partisipasi dalam adaptasi iklim. Lebih lanjut, Rubenstein et al. (2024) mengembangkan kerangka pengukuran ketangguhan komunitas terhadap gelombang panas yang menggabungkan risiko, kerentanan, dan tata kelola. Ghira dan Heilemann (2025) memperlihatkan melalui studi ko-desain ruang publik bahwa keberlanjutan strategi adaptasi membutuhkan keterlibatan dan pengelolaan masyarakat secara berkelanjutan. Literatur tersebut mendukung usulan pengembangan penyuluhan menjadi pemetaan kebutuhan, perumusan prioritas bersama, uji coba fisik, dan evaluasi berkala.

Dengan demikian, terdapat dua jalur luaran berbeda. Jalur edukatif diarahkan pada keterpaparan materi, keterlibatan diskusi, dan—apabila dilakukan pengukuran lanjutan—perubahan pemahaman atau praktik pengelolaan. Jalur fisik-lingkungan

melibatkan pelaksanaan modifikasi naungan, atap, perkerasan, atau vegetasi yang kemudian dievaluasi melalui temperatur permukaan, temperatur udara, dan indikator kenyamanan termal. Artikel ini memiliki bukti deskriptif pada tahap observasi dan penyuluhan, sedangkan luaran pembelajaran terukur dan dampak fisik masih merupakan agenda evaluasi mendatang.

Dalam konteks pengabdian kepada masyarakat, penyuluhan berbasis objek nyata dapat membantu peserta mengaitkan konsep UHI dengan material di lingkungannya. Akan tetapi, kehadiran, pertanyaan, dan respons dalam diskusi merupakan bukti proses kegiatan; perubahan pengetahuan memerlukan asesmen prates–pascates atau wawancara terstruktur. Adopsi rekomendasi dan dampak termal merupakan tahap berbeda yang mensyaratkan tindak lanjut fisik dan pengukuran lingkungan.

Kerangka konseptual

Kerangka konseptual menggunakan dua jalur luaran yang berhubungan secara bertahap, tetapi tidak ekuivalen secara empiris. Inventarisasi material berfungsi sebagai dasar penyuluhan dan penyusunan opsi teknis. Penyuluhan dapat menghasilkan luaran proses yang terdokumentasi, sedangkan perubahan pengetahuan mensyaratkan evaluasi pembelajaran. Dampak lingkungan baru dapat diuji setelah alternatif teknis diterapkan secara fisik dan dilakukan pengukuran sebelum serta sesudah intervensi. Alur tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.



Sumber: Dikembangkan penulis dari inventaris RPTRA dan literatur; bukan model yang telah diuji secara empiris.

METODE

Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif-kualitatif berbasis studi kasus yang terintegrasi dengan kegiatan pengabdian kepada masyarakat. Pendekatan ini dipilih karena tujuan penelitian bukan menguji hubungan kausal secara statistik, melainkan mengidentifikasi kondisi material pada lokasi, membandingkannya dengan prinsip fisika bangunan, merumuskan alternatif mitigasi, dan mendeskripsikan proses transfer pengetahuan kepada masyarakat. Lokasi kegiatan adalah RPTRA Meruya Selatan, Kecamatan Kembangan, Jakarta Barat. Kegiatan penyuluhan dilaksanakan pada Kamis, 12 Juli 2018 pukul 09.00–12.00 WIB di ruang serbaguna RPTRA. Peserta mencakup unsur kelurahan, pengelola RPTRA, kelompok PKK, dan warga setempat.

Pelaksanaan penelitian dan penyuluhan dilakukan melalui lima tahapan yang saling berkaitan. Tahap pertama berupa rapat koordinasi tim untuk menyepakati tujuan, pembagian peran, materi, dan kebutuhan teknis. Tahap kedua adalah survei pendahuluan ke lokasi untuk mengenali kondisi ruang, fungsi area, serta elemen material yang relevan. Tahap ketiga berupa koordinasi dengan pengelola RPTRA mengenai peserta, jadwal, dan fasilitas. Tahap keempat adalah inventarisasi material dan penyiapan materi berbasis kasus lokasi. Tahap kelima adalah pelaksanaan penyuluhan, peninjauan langsung, diskusi, serta evaluasi deskriptif terhadap respons dan pemahaman peserta.

Data primer dikumpulkan melalui observasi visual terhadap elemen bangunan dan lanskap, inventarisasi jenis material dan warna, dokumentasi kegiatan, serta catatan interaksi dan pertanyaan peserta selama penyuluhan. Observasi berfokus pada permukaan lapangan, dinding, atap, tiang, lantai, jalur sirkulasi, serta proporsi area keras dan area hijau. Data sekunder diperoleh dari literatur ilmiah mengenai UHI, albedo, sifat termal material, cool roof, cool pavement, vegetasi, dan strategi mitigasi berbasis desain.

Pengolahan data dilakukan melalui empat langkah. Pertama, hasil observasi disusun menjadi tabel inventaris material berdasarkan elemen, jenis material, dan warna. Kedua, material diklasifikasikan menurut sifat permukaan yang berkaitan dengan penyerapan dan pemantulan radiasi. Ketiga, karakter material dibandingkan dengan kisaran albedo dari literatur dan prinsip keseimbangan energi permukaan. Keempat, hasilnya disintesis menjadi rekomendasi teknis yang mudah dipahami oleh peserta. Analisis bersifat deskriptif-komparatif dan tematik: deskriptif untuk menggambarkan kondisi lokasi, komparatif untuk membandingkan karakter material dengan prinsip mitigasi UHI, dan tematik untuk merangkum respons peserta serta bentuk tindakan yang dianggap realistis pada skala lingkungan.

Asesmen kebutuhan awal masyarakat perlu dibedakan dari survei kondisi fisik RPTRA. Dokumen kegiatan menunjukkan adanya survei pendahuluan untuk mengenali fungsi area dan jenis material serta koordinasi dengan pengelola terkait penyelenggaraan kegiatan. Akan tetapi, naskah sumber tidak mencantumkan instrumen diagnosis kebutuhan belajar, wawancara awal yang terstruktur, skor pengetahuan peserta sebelum penyuluhan, ataupun jumlah peserta yang dapat dianalisis secara individual. Oleh karena itu, kebutuhan edukasi mengenai kaitan material dan panas diperlakukan sebagai alasan penyelenggaraan kegiatan yang disusun oleh tim, bukan sebagai kesimpulan empiris bahwa rendahnya pengetahuan warga merupakan masalah utama.

Analisis dibatasi pada tiga kelompok bukti: (1) temuan observasi visual dan inventaris material untuk menggambarkan kondisi lokasi; (2) catatan pelaksanaan dan tanggapan peserta untuk menggambarkan proses penyuluhan; dan (3) pustaka fisika bangunan dan mitigasi UHI untuk merumuskan rekomendasi teknis. Informasi tentang sekitar 60% perkerasan dipertahankan sebagaimana tercantum pada dokumentasi, tetapi metode penghitungan luasnya tidak dijelaskan secara rinci sehingga angka tersebut dipahami sebagai estimasi/deskripsi lokasi, bukan hasil audit geospasial presisi. Nilai albedo pada tabel merupakan kisaran literatur dan bukan hasil pengukuran reflektansi in situ. Penelitian tidak menggunakan uji sebelum–sesudah untuk mengukur hasil belajar, tidak mendokumentasikan implementasi rekomendasi teknis, dan tidak mengukur temperatur permukaan maupun udara pascakegiatan.

Sebagai kerangka pembacaan, luaran proses (pelaksanaan, materi, kehadiran unsur masyarakat, dan respons) dianalisis secara deskriptif; rekomendasi teknis diturunkan

dari kesesuaian kondisi material dengan literatur; sedangkan dampak fisik dan peningkatan pengetahuan diposisikan sebagai hipotesis operasional untuk evaluasi berikutnya, bukan hasil yang telah terkonfirmasi.

Tabel 1. Indikator Analisis dan Batas Dukungan Bukti

Ranah	Indikator Utama	Sumber / Bukti	Status Inferensi
Kondisi fisik RPTRA	Jenis material, warna, fungsi, dominasi perkerasan	Observasi visual, inventaris dan dokumentasi	Terdeskripsi; belum ada pengukuran termal/luas terstandarisasi
Pelaksanaan penyuluhan	Materi, sesi, unsur peserta, diskusi	Agenda dan catatan pelaksanaan	Didokumentasikan secara deskriptif
Kesadaran atau pemahaman	Pengetahuan UHI/material, perubahan pemahaman	Memerlukan instrumen pra/pasca atau wawancara sistematis	Belum terbukti meningkat secara terukur
Rekomendasi mitigasi	Naungan, atap, perkerasan, vegetasi berdasarkan fungsi area	Sintesis kondisi lapangan dan literatur	Opsi teknis/penilaian potensi, belum diuji
Implementasi desain	Jenis, luas, lokasi dan tanggal intervensi	Log pekerjaan, gambar akhir, foto berkala	Belum didokumentasikan
Dampak lingkungan	Suhu permukaan, suhu udara, kelembapan, kenyamanan termal	Sensor/IR/termal dan monitoring pembanding	Belum diukur

Sumber: Hasil penyusunan penulis berdasarkan dokumentasi yang tersedia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil observasi dan pelaksanaan penyuluhan

Inventarisasi visual RPTRA Meruya Selatan mencatat keberadaan lapangan dan lantai beton, dinding bata, penutup atap asbes, serta tiang baja dengan variasi warna permukaan. Berdasarkan dokumentasi awal, sekitar 60% area aktivitas berupa perkerasan. Informasi tersebut menggambarkan dominasi permukaan terbangun yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan kenyamanan termal; namun tidak menunjukkan bahwa seluruh permukaan menerima radiasi langsung pada waktu yang sama atau memiliki suhu yang seragam. Ketersediaan data belum mencakup orientasi rinci, durasi keterpaparan matahari, persentase tutupan tajuk, profil pengguna menurut zona, maupun hasil pengukuran temperatur.

Secara teoretis, kombinasi perkerasan yang luas dan keterbatasan naungan pada titik tertentu berpotensi meningkatkan serapan dan penyimpanan panas. Namun, besarnya kontribusi setiap material terhadap suhu permukaan dan suhu udara RPTRA tidak dapat ditentukan hanya dari jenis material atau rentang albedo literatur. Oleh karena itu, Tabel 2 diperlakukan sebagai inventaris kondisi fisik, sedangkan Tabel 3 digunakan sebagai bahan edukasi perbandingan sifat permukaan, bukan hasil pengukuran termal pada lokasi. Temuan observasi menjadi dasar awal untuk menentukan lokasi mana yang perlu diprioritaskan dalam pemetaan suhu dan naungan selanjutnya.

Tabel 2. Inventaris Material yang Digunakan di RPTRA Meruya Selatan

No.	Elemen Bangunan	Material	Warna
1	Permukaan lapangan	Beton	Hijau, merah
2	Permukaan dinding	Bata	Putih, merah, hijau
3	Permukaan atap	Asbes	Abu-abu
4	Tiang	Baja	Biru
5	Permukaan lantai	Beton	Abu-abu

Sumber: Dokumentasi hasil observasi lapangan.

Inventarisasi memperlihatkan bahwa beton menjadi material dominan pada lapangan dan lantai. Beton memiliki karakter termal yang sangat bergantung pada komposisi, warna, kelembapan, usia, dan kondisi permukaannya. Permukaan beton berwarna lebih gelap atau yang terpapar matahari tanpa naungan dapat mencapai temperatur tinggi dan menyimpan panas. Dinding bata dan elemen baja juga dapat menerima radiasi langsung, sedangkan atap berwarna abu-abu menjadi bidang yang sangat terekspos karena orientasinya terhadap matahari. Karena itu, strategi mitigasi perlu memprioritaskan area yang menerima radiasi terbesar: atap, lapangan, jalur sirkulasi, dan bidang dinding tertentu.

Secara konseptual, albedo membantu menjelaskan perbedaan respons permukaan terhadap radiasi. Nilai albedo adalah rasio radiasi yang dipantulkan terhadap radiasi yang datang; nilainya berkisar antara 0 dan 1. Semakin besar nilai albedo, semakin besar bagian radiasi matahari yang dipantulkan dan semakin kecil bagian yang berpotensi diserap. Kisaran albedo beberapa permukaan yang digunakan dalam materi penyuluhan ditampilkan pada Tabel 3. Nilai tersebut merupakan kisaran indikatif dan dapat berubah menurut kelembapan, warna, kekasaran, usia material, dan kondisi lingkungan.

Tabel 3. Kisaran albedo beberapa material permukaan

No.	Material Permukaan	Kisaran Albedo
1	Pasir kering	0,35–0,45
2	Pasir basah	0,20–0,30
3	Tanah kering	0,15–0,60
4	Tanah basah	0,07–0,28
5	Rumput pendek ± 2 cm	0,26
6	Rumput panjang ± 1 m	0,16
7	Aspal	0,05–0,20
8	Beton	0,10–0,35
9	Bata	0,20–0,40

Sumber: Kisaran referensial yang dicantumkan dalam materi penyuluhan; bukan pengukuran albedo in situ.

Tabel 3 menunjukkan bahwa material tidak dapat dinilai hanya dari nama material. Tanah kering, misalnya, memiliki rentang albedo yang lebar karena

dipengaruhi warna dan kondisi permukaan. Beton juga dapat memiliki nilai yang berbeda menurut pigmen dan finishing. Karena itu, rekomendasi kepada masyarakat menekankan prinsip membaca karakter permukaan—warna, tekstur, tingkat keterpaparan, dan kemungkinan diberi naungan—bukan sekadar mengganti satu material dengan material lain secara seragam.

Kegiatan penyuluhan pada 12 Juli 2018 diselenggarakan dengan penjelasan UHI, pengenalan sifat material, peninjauan elemen fisik RPTRA, serta diskusi bersama unsur kelurahan, pengelola RPTRA, kelompok PKK, dan warga. Dokumentasi kegiatan menggambarkan tanggapan yang terbuka dan keterlibatan peserta dalam pembahasan alternatif perbaikan ruang publik. Hal ini menjadi bukti berlangsungnya proses transfer informasi dan adanya respons peserta terhadap topik yang disampaikan.

Walaupun tanggapan tersebut menunjukkan penerimaan awal terhadap gagasan mitigasi panas, dokumentasi tidak cukup untuk menentukan tingkat pemahaman sebelum kegiatan atau besar peningkatan kesadaran setelah sesi berakhir. Belum tersedia skor evaluasi, hasil wawancara terstandar, atau pemantauan perubahan perilaku yang memungkinkan kesimpulan mengenai efektivitas pembelajaran. Dengan demikian, luaran aktual yang dapat dilaporkan adalah terselenggaranya penyuluhan dan teridentifikasinya bentuk respons peserta; peningkatan pengetahuan merupakan tujuan yang relevan tetapi masih memerlukan evaluasi empiris.

Prioritas mitigasi berdasarkan kondisi lokasi

Prioritas tindakan dirumuskan berdasarkan material yang teridentifikasi, proporsi perkerasan yang dilaporkan, fungsi RPTRA sebagai ruang kegiatan bersama, dan prinsip fisika bangunan. Karena data pengukuran suhu dan peta naungan rinci belum tersedia, urutan berikut merupakan prioritas perencanaan awal yang perlu dikonfirmasi melalui audit lapangan lanjutan, bukan pemeringkatan titik terpanas berdasarkan data sensor. Kriteria yang digunakan ialah keterpaparan yang mungkin dialami pengguna, luas dan fungsi permukaan, kelayakan penerapan, keselamatan, serta kebutuhan pemeliharaan.

Dalam konteks ruang publik yang digunakan anak-anak dan warga, penambahan naungan pada area duduk, area bermain, dan jalur sirkulasi layak ditinjau lebih dahulu karena naungan berhubungan langsung dengan berkurangnya paparan radiasi matahari. Studi pada ruang publik tropis menekankan pentingnya desain pohon dan vegetasi untuk kenyamanan termal (Priandani et al., 2024; Liu et al., 2023). Langkah selanjutnya ialah memeriksa penutup atap yang terinventarisasi dan mengkaji alternatif material atau pelapis secara aman. Penutup atap asbes memerlukan penilaian teknis dan prosedur keselamatan oleh pihak kompeten; rekomendasi tidak boleh diartikan sebagai ajakan mengikis, mengecat, atau membongkar material yang diduga mengandung asbes tanpa asesmen risiko.

Tabel 4. Matriks prioritas awal tindakan pada RPTRA Meruya Selatan

Prioritas Awal	Bukti/Karakter Lokasi	Tindakan Teknis yang Diusulkan	Verifikasi Sebelum Eksekusi
1. Naungan aktivitas	RPTRA memiliki lapangan, area bermain, jalur dan ruang komunal; lokasi paparan terlama belum dipetakan	Survei jam terik; tambah pohon/kanopi yang aman pada titik pengguna sering beraktivitas	Peta naungan per jam, intensitas penggunaan, aksesibilitas dan keamanan
2. Atap ruang	Penutup atap asbes	Audit kondisi dan keamanan	Pemeriksaan material

Prioritas Awal	Bukti/Karakter Lokasi	Tindakan Teknis yang Diusulkan	Verifikasi Sebelum Eksekusi
serbaguna	berwarna abu-abu teridentifikasi	material; pertimbangkan retrofit atap yang sesuai	berbahaya, struktur, biaya, dan opsi penanganan profesional
3. Perkerasan terpilih	Beton pada lapangan/lantai; $\pm 60\%$ area aktivitas disebut berupa perkerasan	Uji coba terbatas bahan permeabel/peneduhan area sisi; hindari mengganggu fungsi bermain	Drainase, keselamatan permukaan, kemiringan, kebutuhan kursi roda
4. Vegetasi dan bidang hijau	Dominasi perkerasan menyiratkan peluang penambahan tutupan hijau; jumlah pohon tidak terukur	Tanam pohon peneduh di perimeter dan zona tunggu; rawat tanah dan tanaman	Ruang akar, utilitas bawah tanah, air, perawatan, jenis lokal
5. Opsi tambahan	Belum ada bukti kebutuhan elemen air dan green roof	Pertimbangkan hanya bila prioritas dasar terpenuhi	Keamanan anak, sanitasi, struktur, pemeliharaan, anggaran

Sumber: Sintesis karakter material terinventarisasi dan pertimbangan keselamatan/fungsi ruang; perlu verifikasi sebelum penerapan.

Strategi material reflektif, termasuk cool roof, perlu mempertimbangkan arah pantulan radiasi dan posisi pengguna. Simulasi tropis oleh Khorat et al. (2024) memberikan dasar ilmiah untuk mengevaluasi opsi tersebut, tetapi tidak mengukur efektivitasnya pada RPTRA. Untuk perkerasan di dekat aktivitas manusia, peningkatan albedo perlu ditimbang bersama penambahan naungan agar penurunan suhu permukaan tidak justru diikuti kenaikan paparan radiasi pantul kepada pengguna. Prioritas akhir hendaknya disepakati bersama pengelola dan warga setelah pemetaan kebutuhan, biaya, keselamatan, serta pemeliharaan dilakukan.

Berdasarkan inventaris material, urutan pada Tabel 4 merupakan dasar pengambilan keputusan awal, bukan penentuan lokasi terpanas secara empiris. Pelaksanaan harus mempertimbangkan biaya, aksesibilitas, keselamatan anak, serta hasil pemetaan jam terik dan aktivitas pengguna. Rekomendasi pada atap yang diduga mengandung asbes wajib ditangani melalui asesmen dan prosedur keselamatan oleh pihak kompeten.

Namun, albedo tinggi tidak boleh diterapkan secara mekanis. Pada ruang yang dikelilingi dinding atau digunakan pejalan kaki dalam durasi lama, pantulan radiasi dapat meningkatkan beban radiasi pada manusia atau bidang di sekitarnya. Oleh karena itu, prinsip yang lebih aman adalah mengombinasikan reflektansi yang memadai dengan naungan vegetasi, material beremisi termal baik, desain yang mengurangi paparan langsung, dan pengaturan orientasi. Dengan pendekatan ini, material tidak diposisikan sebagai solusi tunggal, melainkan bagian dari sistem iklim mikro ruang publik.

Strategi kedua adalah mengurangi dominasi perkerasan kedap melalui paving berpori, grass block, atau kombinasi permukaan keras dan vegetasi pada area yang memungkinkan. Penerapan tersebut membantu mengurangi luasan permukaan padat yang menyimpan panas dan meningkatkan infiltrasi air. Pada jalur setapak yang tidak membutuhkan kapasitas beban tinggi, penggunaan grass block dapat dipertimbangkan sebagai pengganti perkerasan penuh, sementara area lapangan yang membutuhkan permukaan stabil dapat diimbangi dengan pohon peneduh di perimeter dan zona duduk.

Strategi ketiga adalah memperkuat vegetasi. Vegetasi bekerja melalui pembayangan serta evapotranspirasi, sehingga dapat mengurangi radiasi langsung yang

mencapai permukaan dan memindahkan sebagian energi ke panas laten. Pada RPTRA, pohon peneduh dapat diprioritaskan di area duduk, jalur masuk, sisi lapangan, serta area bermain yang paling terpapar matahari. Penambahan vegetasi rendah dan semak juga dapat memperbesar proporsi permukaan hijau tanpa mengganggu fungsi ruang.

Strategi keempat adalah menggunakan atap yang lebih responsif terhadap panas. Alternatifnya meliputi cool roof dengan reflektansi matahari dan emisi termal yang sesuai, serta green roof apabila kondisi struktur, pemeliharaan, dan drainase memungkinkan. Synnefa, Santamouris, dan Akbari (2007) melaporkan bahwa peningkatan reflektansi atap dapat menurunkan beban pendinginan pada bangunan. Pada skala RPTRA, manfaat utama tidak hanya terkait energi bangunan, tetapi juga berkurangnya panas yang dipancarkan kembali dari bidang atap ke lingkungan sekitar.

Strategi kelima adalah memanfaatkan elemen air secara proporsional. Proses evaporasi dapat membantu pendinginan pasif karena energi digunakan untuk mengubah air menjadi uap. Akan tetapi, penggunaan elemen air di ruang publik anak harus mempertimbangkan aspek keselamatan, sanitasi, pemeliharaan, dan ketersediaan air. Karena itu, elemen air bukan prioritas tunggal, tetapi dapat menjadi pelengkap apabila pengelola memiliki kapasitas pemeliharaan yang memadai.

Integrasi fisika bangunan dan pemberdayaan masyarakat

Hasil analisis lokasi konsisten dengan Rushayati dan Hermawan (2013) yang menempatkan kepadatan lahan terbangun sebagai faktor penting UHI di DKI Jakarta. Pada skala RPTRA, temuan tersebut terlihat dalam dominasi perkerasan yang mengurangi proporsi permukaan vegetatif. Analisis juga sejalan dengan Akbari et al. (2001) dan Mohajerani et al. (2017) yang menekankan kontribusi permukaan buatan dan pentingnya vegetasi serta permukaan sejuk sebagai strategi mitigasi.

Dibandingkan studi terdahulu yang berfokus pada performa material atau skala kota, artikel ini memberikan implikasi praktis pada tingkat lingkungan. Pertama, audit material sederhana dapat digunakan sebagai instrumen edukasi untuk mengenali titik prioritas perbaikan. Kedua, rekomendasi UHI dapat dimasukkan ke dalam keputusan renovasi rutin, seperti pemilihan warna atap, jenis paving, penambahan kanopi vegetasi, dan pengurangan perkerasan. Ketiga, pengelola ruang publik dapat mengembangkan standar internal yang mensyaratkan pertimbangan sifat termal material sebelum melakukan penggantian atau penambahan elemen.

Secara evaluatif, hasil kegiatan perlu ditata menjadi tiga tingkat. Pertama, output kegiatan mencakup terselenggaranya penyuluhan, tersusunnya inventaris material, serta adanya diskusi dan respons peserta. Kedua, rekomendasi teknis berupa strategi naungan, evaluasi material atap, pengurangan sebagian perkerasan, dan penghijauan adalah hasil sintesis yang belum dibuktikan telah diimplementasikan. Ketiga, perubahan kenyamanan termal dan penurunan temperatur merupakan dampak potensial setelah intervensi fisik, bukan hasil langsung dari penyuluhan. Dengan urutan ini, klaim keberhasilan penyuluhan tidak disamakan dengan keberhasilan mitigasi UHI.

Keterkaitan antara ilmu fisika bangunan dan pemberdayaan masyarakat terletak pada penggunaan pengetahuan ilmiah untuk mendukung keputusan kolektif yang lebih terinformasi. Akan tetapi, perubahan pemahaman dan penerapan rekomendasi memerlukan data tersendiri. Tindak lanjut dapat dilakukan melalui lokakarya perumusan prioritas bersama pengelola, pelaksanaan proyek percontohan, dan pelacakan implementasi. Literatur partisipasi adaptasi iklim memperkuat perlunya melibatkan pengguna ruang sebagai sumber informasi tentang lokasi yang dirasakan

panas, kebutuhan beraktivitas, dan kemampuan pemeliharaan (Hügel & Davies, 2020; Ghira & Heilemann, 2025).

Dengan demikian, pendekatan berbasis RPTRA memberikan sarana untuk menjelaskan mekanisme panas dan mempertimbangkan pilihan desain bersama masyarakat. Namun, istilah “efektivitas penyuluhan” tidak dapat dipakai untuk menyatakan adanya perubahan pengetahuan atau perubahan perilaku yang teruji. Hasil yang telah didukung oleh dokumentasi terbatas pada observasi material, penyelenggaraan penyuluhan, dan respons peserta selama kegiatan.

Rencana evaluasi dan keberlanjutan

Sebagai tindak lanjut yang direkomendasikan (bukan kegiatan yang sudah terlaksana), program perlu dimulai dengan asesmen kebutuhan warga dan audit termal sederhana. Asesmen peserta dapat menggunakan pertanyaan pra- dan pascapenyuluhan mengenai pengertian UHI, pengaruh albedo, fungsi naungan, serta pilihan material yang sesuai dengan fungsi ruang. Perubahan skor individual dilaporkan hanya bila benar-benar tersedia hasil pengukuran. Wawancara singkat dan pemetaan partisipatif dapat melengkapi penilaian untuk memahami titik aktivitas yang dianggap panas dan hambatan penerapan rekomendasi.

Pada aspek lingkungan, pengelola dapat menetapkan satu atau dua zona percontohan berdasarkan hasil audit naungan dan intensitas penggunaan. Sebelum modifikasi, ukur temperatur permukaan, temperatur udara, kelembapan relatif, dan kondisi naungan pada jam serta cuaca yang dapat dibandingkan; jika memungkinkan sertakan radiasi, kecepatan angin, dan indeks kenyamanan termal. Ulangi pengukuran setelah intervensi dengan prosedur sebanding, area pembanding, serta dokumentasi perubahan tutupan lahan dan kondisi pemeliharaan. Hasil evaluasi harus membedakan efek lokal permukaan, perubahan temperatur udara, dan persepsi kenyamanan pengguna, serta tidak disimpulkan sebagai perubahan UHI skala kota.

Tabel 5. Rancangan pemantauan keberlanjutan program (usulan)

Tahap Usulan	Waktu Relatif Setelah Persetujuan Program	Indikator Keberlanjutan
Baseline sosial & fisik	Sebelum tindakan	Kuesioner/percakapan terstruktur, peta naungan, inventaris termal, log kondisi awal
Penyuluhan evaluatif & ko-desain	0–1 bulan	Nilai pra/pasca bila diukur, usulan warga dan keputusan prioritas yang terdokumentasi
Intervensi percontohan	1–3 bulan	Jenis, luasan, biaya, pihak pelaksana, keselamatan dan foto pelaksanaan
Monitoring awal	1–3 bulan setelah intervensi	Temperatur permukaan/udara dan kenyamanan pada waktu sebanding; pemeliharaan
Keberlanjutan	6–12 bulan setelah intervensi	Kondisi pohon/pelapis, fungsi ruang, keterlibatan warga, dan perbaikan pengelolaan

Sumber: Rekomendasi penulis untuk program berikutnya; tahapan belum dilaksanakan dalam studi ini.

KESIMPULAN

Observasi deskriptif pada RPTRA Meruya Selatan mendokumentasikan dominasi permukaan keras yang dalam naskah diperkirakan sekitar 60% area aktivitas, serta penggunaan beton, bata, penutup atap asbes, dan baja. Karakter material tersebut,

apabila dikaitkan dengan keseimbangan energi permukaan, menunjukkan perlunya perhatian terhadap penyerapan radiasi, penyimpanan panas, dan keberadaan naungan. Namun, karena tidak tersedia pengukuran suhu atau albedo setempat, penelitian ini belum menentukan besar kontribusi termal setiap elemen.

Kegiatan penyuluhan telah dilaksanakan dengan menghubungkan materi fisika bangunan, inventaris material, dan diskusi bersama unsur masyarakat. Respons peserta yang dilaporkan menunjukkan adanya keterlibatan selama kegiatan, tetapi peningkatan kesadaran dan pengetahuan belum dapat dipastikan secara empiris karena tidak tersedia penilaian kondisi awal maupun evaluasi sebelum–sesudah. Demikian pula, tidak ada bukti bahwa rekomendasi desain telah diterapkan ataupun bahwa temperatur permukaan dan temperatur udara menurun setelah kegiatan penyuluhan.

Rekomendasi yang diprioritaskan untuk ditelaah lebih lanjut adalah penambahan naungan di area aktivitas pengguna, pemeriksaan profesional terhadap opsi perbaikan atap, penanganan selektif perkerasan, dan penguatan vegetasi serta permukaan permeabel sesuai kebutuhan ruang. Nilai kontribusi artikel terletak pada integrasi audit material dan edukasi berbasis lokasi sebagai dasar pengambilan keputusan, sedangkan manfaat lingkungan merupakan potensi yang masih memerlukan intervensi, pengukuran, dan pemantauan jangka panjang.

Keterbatasan dan agenda penelitian lanjutan

Penelitian dibatasi oleh sifat observasi yang deskriptif, belum terdokumentasinya metode penghitungan luas perkerasan secara terperinci, penggunaan albedo referensial dari literatur, serta ketiadaan data temperatur, asesmen kebutuhan peserta, pengukuran perubahan pengetahuan, dan pelacakan implementasi rekomendasi. Penelitian selanjutnya disarankan menerapkan baseline dan post-test pembelajaran, pemetaan persepsi kenyamanan dan kebutuhan warga, pengukuran mikroklimat sebelum–sesudah intervensi dengan pembandingan, serta pemantauan pemeliharaan dan keterlibatan masyarakat untuk menilai keberlanjutan hasil.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbari, H., Pomerantz, M., & Taha, H. (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar Energy*, 70(3), 295–310. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(00\)00089-X](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00089-X)
- Fu, J., Dupré, K., Tavares, S., King, D., & Banhalimi-Zakar, Z. (2022). Optimized greenery configuration to mitigate urban heat: A decade systematic review. *Frontiers of Architectural Research*, 11(3), 466–491. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2021.12.005>
- Ghira, Z. A., & Heilemann, J. (2025). Urban heat adaptation through co-design of public space using the new European Bauhaus principles: A case study of Józsefváros, Budapest. *Discover Sustainability*, 6, Article 203. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-00975-7>
- Hügel, S., & Davies, A. R. (2020). Public participation, engagement, and climate change adaptation: A review of the research literature. *WIREs Climate Change*, 11(4), e645. <https://doi.org/10.1002/wcc.645>
- Khorat, S., Das, D., Khatun, R., Aziz, S. M., Anand, P., Khan, A., Santamouris, M., & Niyogi, D. (2024). Cool roof strategies for urban thermal resilience to extreme

- heatwaves in tropical cities. *Energy and Buildings*, 302, Article 113751. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113751>
- Latifah, N. L. (2015). *Fisika bangunan 1*. Griya Kreasi.
- Liu, Z., Li, J., & Xi, T. (2023). A review of thermal comfort evaluation and improvement in urban outdoor spaces. *Buildings*, 13(12), Article 3050. <https://doi.org/10.3390/buildings13123050>
- Mohajerani, A., Bakaric, J., & Jeffrey-Bailey, T. (2017). The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete. *Journal of Environmental Management*, 197, 522–538. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.095>
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1–24. <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>
- Priandani, I. N., Bachtiar, A. N., Arbadiennaya, T., Noviana, N. Z., Hasanah, A., Rania, P., Ningtyas, A. D. S., & Koerniawan, M. D. (2024). Enhancing outdoor thermal comfort with shade-giving trees in humid tropical public spaces: A case study of Alun-alun Bandung. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1404(1), Article 012011. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1404/1/012011>
- Rubenstein, N., Keating, A., MacClune, K., & Norton, R. (2024). Measuring community heatwave resilience: A comprehensive framework and tool. *Climate Risk Management*, 46, Article 100662. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2024.100662>
- Rushayati, S. B., & Hermawan, R. (2013). Karakteristik kondisi urban heat island DKI Jakarta. *Media Konservasi*, 18(2), 96–100.
- Santamouris, M. (2013). Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island—A review of the actual developments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 224–240. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.047>
- Sari, D. P. (2021). A review of how building mitigates the urban heat island in Indonesia and tropical cities. *Earth*, 2(3), 653–666. <https://doi.org/10.3390/earth2030038>
- Synnefa, A., Santamouris, M., & Akbari, H. (2007). Estimating the effect of using cool coatings on energy loads and thermal comfort in residential buildings in various climatic conditions. *Energy and Buildings*, 39(11), 1167–1174. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.01.004>
- Synnefa, A., Santamouris, M., & Apostolakis, K. (2007). On the development, optical properties and thermal performance of cool colored coatings for the urban environment. *Solar Energy*, 81(4), 488–497. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.08.005>