

Konfigurasi Lanskap dan Efisiensi Energi Selubung Bangunan untuk Mitigasi Pulau Panas Perkotaan di Kota Bima

Landscape Configuration and Building Envelope Energy Efficiency for Urban Heat Island Mitigation in Bima City

Mas'uddin^{1,*}, Lina Karlinasari², Setyo Pertiwi³, Erizal⁴

¹Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, SPs IPB University

²Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University, Bogor, Indonesia

³Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Bogor, Indonesia

⁴Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Bogor, Indonesia

*Email: masuddinmasuddin@apps.ipb.ac.id

Artikel Info

Diajukan: 19 November 2024

Direvisi: 05 Juli 2025

Diterima: 05 Juli 2025

Dipublikasi: 01 April 2026

Keywords

energy efficiency

landscape configuration

overall thermal transfer value

urban heat island threshold

ABSTRACT

Urban Heat Island (UHI) due to climate change, land cover configurations that tend to vary in urban landscape composition affect the Land Surface Temperature (LST) and spatial arrangement of landscape character types. Increased energy consumption of buildings. UHI intensity is one of the key variables to predict future urban energy demand. Therefore, this study aims to examine changes in the configuration of land cover landscapes to increase the LST and UHI thresholds based on spatial temporal conditions in the Bima City area for the 2021-2023 period; and evaluate the performance of solar heat transfer on the wall sheathing material of residential buildings in Bima City. This study examines the effects of land cover change on UHI and LST in Bima City from 2021-2023. Using Landsat 8 OLI/TIR data, the LST analysis showed an increase in UHI, with the highest LSI at 39 °C in 2022 and the UHI area reaching 4,028 ha. The UHI threshold value also increased, indicating the intensification of this phenomenon. Next, the study evaluated heat transfer on the walls of the house. Overall Thermal Transfer Value (OTTV) analysis according to SNI 03-6389-2020 shows that houses with red brick walls, insulation, and certain glass (R2) meet the OTTV standard of 32.14 Watt/m². Meanwhile, houses with a dominance of glass material (R1) exceeded the standard with 35.17 Watt/m². The conductivity of red brick and the radiation penetration of glass significantly affect heat transfer. The Window-to-Wall Ratio and the type of glass play an important role. As a result, R2, with a better material, successfully mitigates the effects of UHI compared to R1. This study highlights the importance of building material selection in reducing the impact of UHI in urban landscapes.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim menjadi perhatian global karena dampaknya yang menyebabkan peningkatan suhu dan perubahan pola cuaca dunia (EEA 2017). Terjadinya gelombang panas yang lebih intens, kebakaran serta banjir menjadi fenomena yang banyak terjadi dan diyakini karena perubahan lanskap global (WHO Regional Office for Europe 2017). *United Nations Environment Programme* (UNEP) (2022) menyebutkan bahwa sektor bangunan dan konstruksi lanskap perkotaan menyumbang 37% dari emisi gas rumah kaca global dan 34% dari penggunaan energi. Hal ini menunjukkan bahwa bahan baku dan struktur konstruksi yang tidak ramah lingkungan berpotensi memantulkan dan memancarkan kembali radiasi matahari sehingga meningkatkan suhu permukaan di daerah perkotaan (Nuruzzaman 2015). Iklim mikro di sekitar bangunan disebabkan oleh radiasi matahari yang mengenai selubung bangunan. Radiasi termal atau gelombang panjang yang berasal dari permukaan bangunan berkontribusi terhadap pengembangan karakteristik iklim lokal tertentu, seperti suhu udara, kelembaban relatif, dan kecepatan angin (Simpson dan McPherson 1997). Efek dari

konfigurasi permukaan kota dan bangunan berkorelasi positif terhadap penggunaan energi dan iklim (Prado dan Ferreira 2005; Utami *et al.* 2008)

Besarnya konsumsi energi bangunan telah menimbulkan tantangan besar bagi pembangunan berkelanjutan seperti terganggunya pasokan energi yang dapat diandalkan, peningkatan emisi gas rumah kaca, dan memperburuk polusi udara yang memburuk (Choi 2017). Konsumsi energi bangunan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu lingkungan, karakteristik bangunan, kinerja dan jadwal penggunaan peralatan (misalnya, sistem penerangan, pemanas, ventilasi, dan pendingin udara), dan aktivitas penghuni (Sartor dan Dewallef 2017; Choi 2017). Di antara berbagai faktor, suhu lingkungan menempati posisi krusial karena secara langsung memengaruhi kinerja sistem pendingin dan pemanas serta berdampak pada tingkat konsumsi energi untuk pendinginan dan pemanasan bangunan (Mazutis dan Sweet 2022). Sektor bangunan di Amerika Serikat bertanggung jawab atas hampir separuh total konsumsi energi nasional (Niemelä *et al.* 2017). Modifikasi antropogenik permukaan lanskap perkotaan yang signifikan serta perubahan pola geospasial dapat meningkatkan intensitas efek gelombang panas (Athukorala dan Murayama

2021). Selain itu, konfigurasi bangunan (Najah *et al.* 2023) dan bahan selubung bangunan berpengaruh penggunaan energi yang tidak efisien (Alavipanah *et al.* 2018). Meningkatnya suhu dan kejadian ekstrem yang disebabkan oleh perubahan iklim telah diidentifikasi sebagai salah satu pendorong konsumsi energi bangunan yang paling signifikan (Barbhuiya *et al.* 2013; Yadav *et al.* 2017; Jesica *et al.* 2019). Berdasarkan Sabila *et al.* (2025), bahwa penggunaan taman atap sangat signifikan pada efisiensi sumberdaya energi dan meningkatkan manajemen lanskap yang berkelanjutan.

Fenomena pemanasan lokal yang terjadi di lanskap perkotaan, yang dikenal dengan istilah *Urban Heat Island* (UHI), menunjukkan suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan lanskap perdesaan di sekitarnya dan telah menjadi isu global yang tercatat di berbagai kota (Salvati *et al.* 2017; Cui *et al.* 2017). Komposisi dan konfigurasi lanskap perkotaan secara signifikan mempengaruhi peningkatan suhu akibat UHI (Li *et al.* 2011). Konfigurasi lanskap ini memiliki peran penting karena dapat memberikan perlindungan terhadap suhu permukaan tanah (*Land Surface Temperature* - LST) yang berlebihan, baik bagi manusia maupun bangunan (Osborne *et al.* 2019). Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam lanskap jalan, pemukiman, dan kawasan perdagangan memegang peranan krusial dalam mitigasi fenomena UHI (Kharisma dan Kaswanto 2021; Widyanti *et al.* 2025). Pemilihan jenis dan komposisi pohon yang tepat akan mempengaruhi kerapatan tajuk yang terbentuk, yang pada gilirannya berdampak pada kenyamanan termal di lanskap tersebut (Putra *et al.* 2022).

Berdasarkan Mas'uddin *et al.* (2023) Kota Bima telah terjadi peningkatan nilai indeks UHI sebesar $3,31^{\circ}\text{C}$ di tahun 2019 dan di tahun 2022 sebesar $4,53^{\circ}\text{C}$. Indeks lahan terbangun memiliki korelasi positif dengan perubahan suhu yang berarti perluasan di daerah terbangun menyebabkan peningkatan UHI di Kota Bima. Penurunan luas lahan bervegetasi yang terkonversi menjadi lahan terbangun dapat meningkatkan konsumsi energi di lanskap perkotaan yang berkontribusi langsung terhadap kenaikan suhu permukaan (Shahfahad *et al.* 2022; Fredisa *et al.* 2025). Bukan saja faktor lingkungan, namun juga karena perilaku penggunaan energi yang tidak efisien akibat penggunaan energi listrik yang meningkat (Nugroho *et al.* 2017; Alavipanah *et al.* 2018). Selain faktor konfigurasi lanskap lingkungan, faktor bentuk, posisi, serta bahan bangunan yang digunakan dapat mempengaruhi masuknya radiasi matahari (Koç dan Maçka 2021). Adanya perpindahan termal dari radiasi matahari menyebabkan perubahan suhu yang mendorong penggunaan energi, terutama energi listrik, dalam ruang pada bangunan hunian meningkat. UHI dapat menyebabkan peningkatan sebesar 19% dalam konsumsi

energi pendinginan bangunan dan penurunan rata-rata sebesar 18,7% pada konsumsi energi pemanasan bangunan (Li *et al.* 2019). Oleh karena itu, desain ramah lingkungan hemat energi dinilai penting karena dapat berkontribusi dalam penggunaan konsumsi energi, terutama pada lanskap permukiman (Permatasari *et al.* 2025). Upaya ini dilakukan sebagai aksi mitigasi menuju konservasi energi melalui bangunan rumah tinggal terutama dalam upaya meminimalkan penggunaan energi yang berlebihan (Jung *et al.* 2021). Penelitian ini bertujuan untuk meneliti perubahan konfigurasi lanskap tutupan lahan terhadap peningkatan LST dan ambang batas UHI berdasarkan kondisi spasial temporal di Kota Bima periode 2021, 2022, dan 2023; dan mengevaluasi kinerja perpindahan termal dari panas matahari pada bahan material selubung dinding bangunan rumah tinggal di Kota Bima.

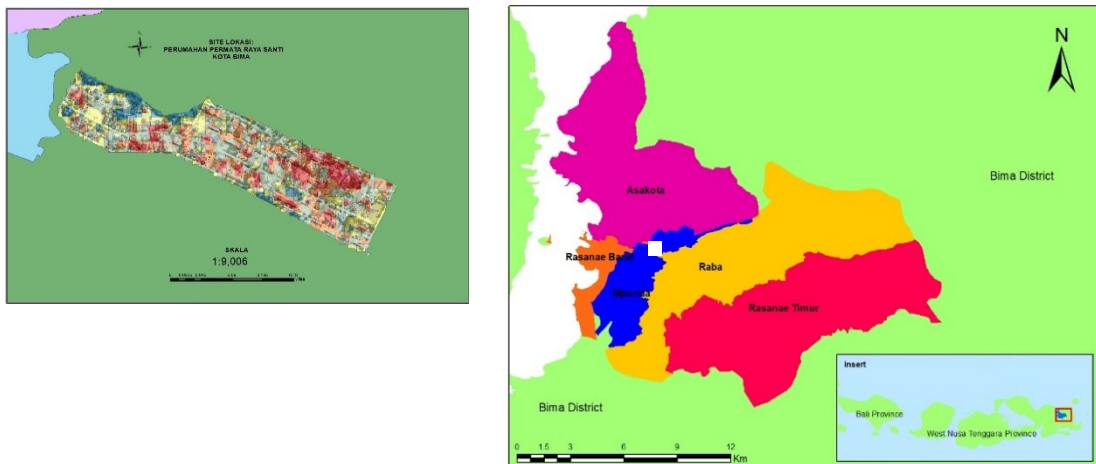
METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Kota Bima, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Objek penelitian dilakukan pada dua lokasi penelitian adalah 1) Kota Bima, dengan variabel peningkatan suhu permukaan dan perubahan tutupan lahan, dan 2) bangunan rumah tinggal pada wilayah terbangun perumahan Permata Raya Santi pada posisi $8^{\circ}27'18.95''$ Lintang Selatan dan $118^{\circ}44'30.57''$ Bujur Timur.

Pemilihan lokasi Perumahan Raya Santi mencerminkan salah satu keberhasilan dalam praktik *Land Consolidation* (LC) untuk penataan dan pengembangan lanskap perumahan. Kompleks perumahan ini juga memiliki potensi besar untuk mendorong penerapan konsep *green building* di lingkungannya. Oleh karena itu, Perumahan Raya Santi dipilih sebagai lokasi penelitian untuk mengkaji model kebijakan pengembangan lanskap perumahan berbasis konsep *green building* (Saputri *et al.* 2025).

Analisis *Land Surface Temperature* (LST)

Analisis LST, dan analisis ambang batas UHI. Analisis LST dilakukan dengan pendekatan *cloud masking*, *median filtering clip boundary* menggunakan citra Landsat 8 OLI /TIR tahun 2021, 2022, dan 2023 yang di dapat dari *United State Geological Survey* (USGS). LST digunakan untuk menentukan perhitungan pada UHI. Dalam hal ini dilakukan penetapan ambang batas untuk suhu permukaan paling bawah yang memenuhi syarat sebagai pulau panas perkotaan (UHI). Persamaan yang digunakan dalam analisis LST dan UHI merujuk pada Kaplan *et al.* (2018) seperti disampaikan pada Persamaan (1) dan (2).



Gambar 1. Lokasi penelitian

$$UHI = \mu + \frac{\sigma}{2} \dots\dots\dots (1)$$

$$LST > \mu + \frac{1}{2}\sigma \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

μ = suhu permukaan rata-rata dari nilai LST yang diperoleh

α = simpangan baku suhu permukaan berdasarkan nilai LST yang diperoleh

Analisis Perpindahan Panas pada Bangunan

Pengambilan sampel bangunan menggunakan metode sensus perumahan dan *purposive sampling* (random) pada rumah yang akan dinilai. Kriteria *purposive sampling* adalah arah orientasi bangunan yang dipengaruhi pencahayaan dimana bangunan diambil sampel yang mewakili setiap orientasi dinding selubung bangunan rumah tinggal yang menghadap utara, selatan, timur, dan barat. Bangunan rumah yang menggunakan *Air Conditioner* (AC).

Perpindahan menyeluruh (OTTV) dihitung untuk setiap bidang dinding luar bangunan gedung dengan orientasi tertentu (BSN 2020). Perhitungan dilakukan berdasarkan Persamaan (3).

$$OTTV = \alpha[(U_{iw} \times (1 - WWR) \times TD_{Ek}) + (U_f \times WWR \times \Delta T) + (SC \times WWR \times SF) \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

OTTV = Nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (watt/m²);

α = Absorban radiasi matahari;

U_{iw} = Transmittans termal dinding tidak tembus cahaya (watt/m².K);

WWR = *Window to Wall Ratio*;

TD_{Ek} = Beda temperatur ekuivalen (K);
= Faktor radiasi matahari (watt/m²); untuk Bima, Nusa Tenggara Barat Indonesia nilai SF yaitu utara 128; timur 155; selatan 124; dan barat 185 (BSN 2020)

SC = Koefisien peneduh dari sistem fenestration;

U_f = Transmittans termal fenestration (watt/m².K);

ΔT = Beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam (diambil 5K)

Perhitungan OTTV dilakukan hanya pada dua unit rumah. Bangunan R1 rumah yang menghadap utara dan bangunan R2 rumah yang menghadap selatan disajikan pada Gambar 2.

Hubungan pulau panas perkotaan (UHI) dengan perpindahan panas pada bangunan dilakukan dengan analisis deskriptif. Analisis berdasarkan identifikasi penggunaan material selubung bangunan yang memiliki albedo tinggi (mampu memantulkan lebih banyak sinar matahari). Berada di lokasi perumahan dan beberapa bangunan dan bahan bangunan yang berada di fasilitas sosial, fasilitas umum, RTH Kota Bima disajikan pada Tabel 1. Sebagai gambaran Konfigurasi lanskap ruang Kota Bima. Menggunakan Alat *Handheld Infrared Thermal Imager Thermometer* disajikan pada Gambar 3.

Tabel 1. Jumlah sampling

No	Lokasi Sampling	Jumlah Data Termal
1	Kota Bima	Saranah Ibadah Museum Asi Mbojo Gedung Perpustakaan Ruang Terbuka Hijau (RTH)
2	Perumahan Permata Raya Santi	Rumah Tinggal Satu (R1) Rumah Tinggal Dua (R2)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis land surface temperature (LST) dan ambang batas UHI

Distribusi LST maksimum di Kota Bima diperoleh sebesar 34 °C pada tahun 2021 dengan perkiraan luas area 3.374 ha atau (16,22%) sedangkan minimum adalah 19 °C pada 1.434 ha (6,9%). Hasil analisis menunjukkan bahwa LST minimum pada tahun 2022 adalah 16 °C sedangkan maksimum adalah 39 °C. Nilai LST tahun 2021 dan 2022 dibandingkan dan hasilnya menunjukkan peningkatan pada tahun 2022 menjadi 39,18 °C. LST di Kota Bima secara spasial memiliki nilai yang berfluktuatif pada tahun 2021, 2022, dan 2023. Berdasarkan analisis data satelit, LST pada tahun 2021 sekitar 19-34 °C, tahun 2022 sekitar 16-39 °C, dan tahun 2023 sekitar 20-32 °C disajikan pada Tabel 2.



Rumah 01 (R1)
Data bentuk bangunan:
Bentuk bangunan : Persegi panjang
Orientasi bangunan : Utara - Selatan
Dimensi bangunan : Panjang 15m
Lebar 10 m
Tinggi 8 m
Lokasi: Perumahan Permata Raya Santi

Rumah 02 (R2)
Data bentuk bangunan:
Bentuk bangunan : Persegi panjang
Orientasi bangunan : Selatan- Utara
Dimensi bangunan : Panjang 18 m
Lebar 12 m
Tinggi 8 m
Lokasi: Perumahan Permata Raya Santi

Gambar 2. Bangunan rumah eksisting sampling



Gambar 3. A-BF RX-500 Handheld Infrared Thermal Imager Thermometer USB Thermal Imaging Camera

Penentuan ambang batas suhu terjadinya fenomena UHI di Kota Bima menunjukkan bahwa wilayah Kota Bima mengalami fenomena UHI, dimana suhu ambang batas UHI tahun 2021 sebesar 28,59 °C seperti disajikan pada Tabel 3. Jika LST berada di atas angka tersebut, maka menandakan di wilayah tersebut terjadi fenomena UHI, sedangkan jika LST wilayah berada di bawah 28,59 °C maka keadaan ini tidak menandakan adanya fenomena UHI di wilayah tersebut. Hasil analisis LST Kota Bima, dari tahun 2021, 2022 dan tahun 2023 menunjukkan suhu maksimum di atas ambang batas UHI yaitu sebesar 34 °C pada tahun 2021, 39 °C tahun 2022, dan 2023 sebesar 32 °C disajikan pada Gambar 5. Berdasarkan nilai ambang batas UHI, luas area yang terpapar UHI pada tahun 2021 sebesar 3.374 ha atau 16,22% dari luas wilayah Kota Bima, ada peningkatan luas UHI sebesar 711 ha atau sebesar 3,42% pada tahun 2022. Tahun 2022 luas area UHI menjadi sebesar 4,086 ha atau 19,64% dan 2023 sebesar 4.028 ha atau 19,36%. Perubahan area LST disajikan pada Tabel 2 sedangkan peningkatan nilai LST dari tahun 2021 hingga 2023 pada Gambar 4. Untuk menghitung ambang batas UHI

menggunakan Persamaan (1) dan (2). Hasil analisis ambang batas UHI tahun 2021, 2022, dan tahun 2023 disajikan pada pada Tabel 3.

Konfigurasi lanskap perkotaan terhadap peningkatan land surface temperature (LST)

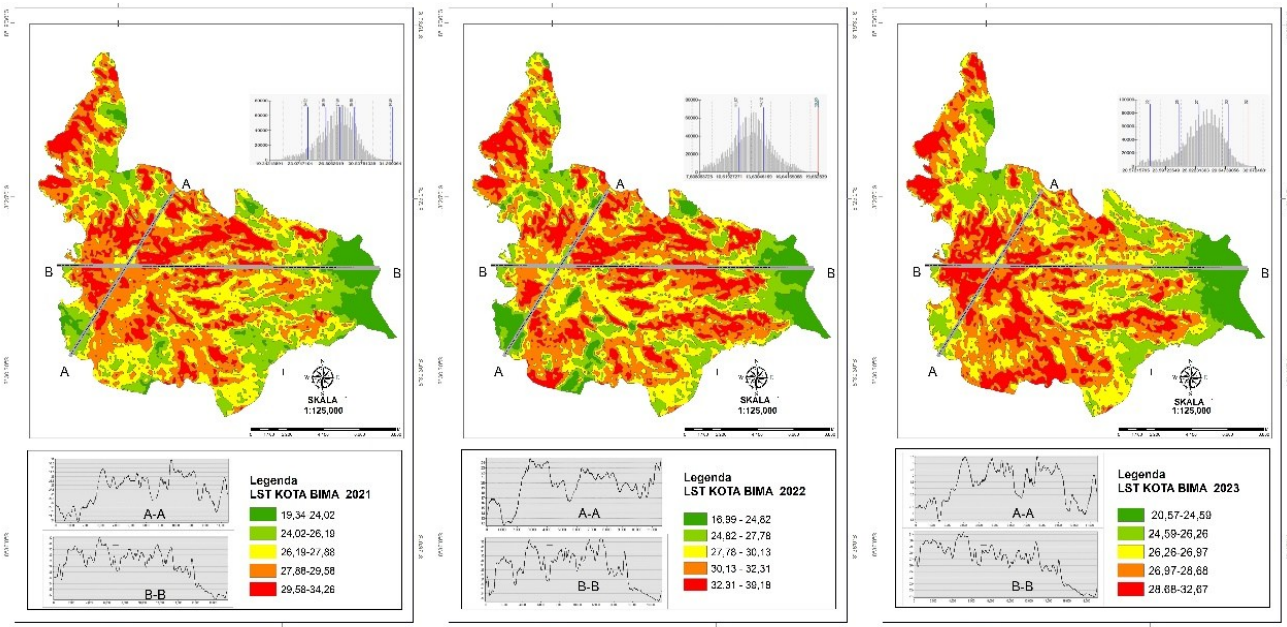
Kota Bima diklasifikasikan menjadi lima kelas karakter lanskap, yaitu vegetasi, badan air, lahan terbangun, lahan pertanian, dan lahan terbuka, seperti disajikan pada Gambar 6. Pada tahun 2021, Kota Bima didominasi oleh lahan terbuka seluas 9.391 ha atau sebesar 45% dan vegetasi seluas 8.062 ha atau 38%. Penggunaan lahan di Kota Bima mengalami perubahan dari tahun ke tahun. Pada tahun 2022, tidak terjadi perubahan luasan yang signifikan, namun pada tahun 2023, setiap kelas lanskap menunjukkan peningkatan luasan, kecuali lahan terbuka yang mengalami penurunan. Lahan bervegetasi pada tahun 2023 mengalami peningkatan luas sebesar 558 ha atau sebesar 2,68%, lahan terbangun sebesar 446 ha atau sebesar 2,14%, dan lahan pertanian sebesar 7,11 ha atau sebesar 3,4%, sementara karakter lahan lahan terbuka mengalami penurunan sebesar 1,748 ha atau 8,40% selama tahun 2023. Dinamika perubahan karakteristik lanskap di Kota Bima sangat masif akibat kegiatan konversi lahan sehingga berdampak pada peningkatan nilai suhu permukaan (LST).

Karakter suhu permukaan di Kota Bima pada tahun 2021 mengikuti arah pembangunan infrastruktur perkotaan, sebaran suhu permukaan pada karakter lanskap lahan terbangun. Luas suhu permukaan maksimum pada karakter lanskap lahan terbangun sebesar 601 ha atau 26 % dan minimum suhu permukaan dengan luas sebesar 19 ha atau sebesar 0,81%. Pada tahun 2022 mengalami penurunan suhu maksimum sebesar 449 ha atau sebesar 19% dan 2023 meningkat secara signifikan sebesar 977 ha atau sebesar 35%. Pada karakter lanskap lahan terbuka pada tahun 2021 dan 2023 memiliki karakter yang sama, konsentrasi suhu permukaan maksimum mengikuti sebaran lahan terbuka dan lahan terbangun. Konfigurasi alami pada karakter lanskap lahan terbuka mengalami peningkatan suhu permukaan maksimum yang sangat signifikan dalam rentang waktu 2021 hingga 2022. sebesar 2.491 ha atau 26,52 % pada 2021 dan 2022 sebesar 694 ha atau 7,38%. Pada tahun 2023, terjadi penurunan luas suhu permukaan maksimum sebesar 1.058 ha atau 7%. Sebaliknya, kelas lanskap berupa vegetasi, badan air, dan lahan pertanian menunjukkan peningkatan luas suhu permukaan maksimum sepanjang periode 2021 hingga 2023, seperti disajikan pada Gambar 6 dan Gambar 7. Karakter lanskap vegetasi memiliki luas suhu permukaan sebesar 267 ha atau sebesar 3,32% pada tahun 2021, sebesar 430 ha atau sebesar 5,34% 2022, dan 2023 sebesar 698 ha atau sebesar 8,10%.

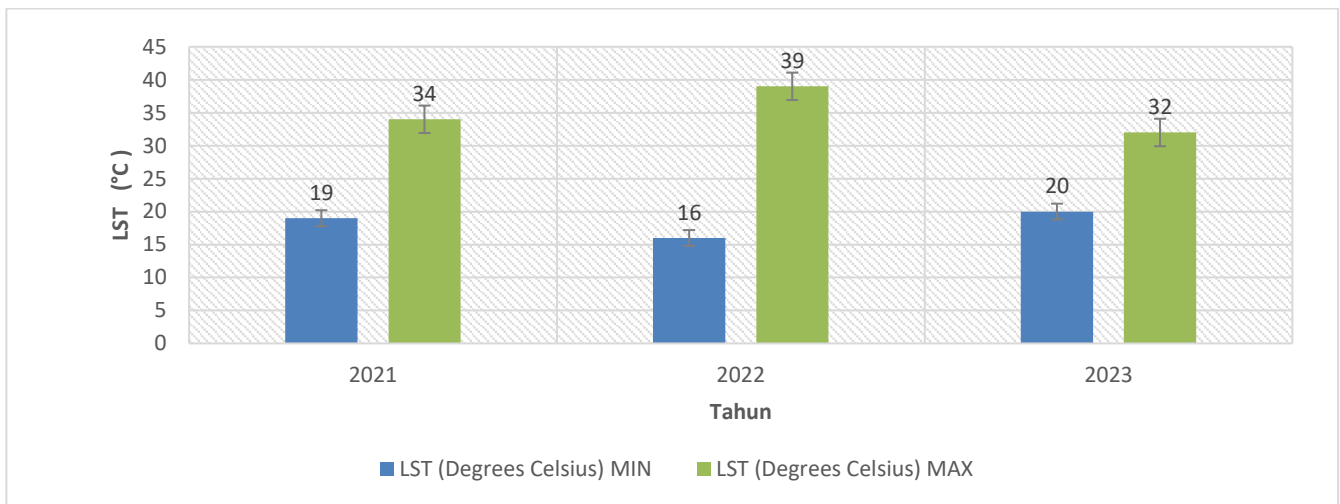
Berdasarkan hasil analisis suhu permukaan menggunakan data citra Landsat 8 (OLI/TIRS) untuk tahun 2021, 2022, dan 2023 yang bersumber dari portal data Google Earth Engine digunakan untuk mengevaluasi suhu permukaan tanah (LST) pada konfigurasi dan karakter

Tabel 2. Perubahan Luas LST Kota Bima Tahun 2021, 2022 dan 2023

Kelas LST (°C)			Luas (ha)		Perubahan Luas LST							
					2021-2022		2022-2023					
2021	2022	2023	2021	%	2022	%	2023	%	Δ	Δ%	Δ	Δ%
19 -24	16-24	20-24	1.434	6,90	1.664	8,00	1.453	6,98	229	1,10	-211	-1,01
24-26	24-27	24-26	3.555	17,09	3.115	14,97	3.320	15,96	-440	-2,11	205	0,98
26-27	27-30	26-26	5.923	28,47	5.515	26,51	5.740	27,59	-408	-1,96	225	1,08
27-29	30-32	26-28	6.516	31,32	6.424	30,88	6.263	30,10	-92	-0,44	-161	-0,78
29-34	32-39	28-32	3.374	16,22	4.086	19,64	4.028	19,36	711	3,42	-58	-0,28
Jumlah			20.805	100	20.805	100	20.805	100				



Gambar 4. Peta Spasial Land Surface Temperature (LST) Kota Bima tahun 2021, 2022, dan 2023



Gambar 5. Garfik Perubahan Land Surface Temperature (LST) Kota Bima tahun 2021, 2022, dan 2023

lanskap di Kota Bima. Menunjukkan, bahwa Kota Bima mengalami peningkatan luas UHI berdasarkan ambang nilai batas UHI Kota Bima dan luas UHI disajikan pada Gambar 7 pada tahun 2021 sebesar 16,21%, menjadi sebesar 19,64% tahun 2022, dan sebesar 19,35 % pada tahun 2023 dari total luas wilayah Kota Bima yang mengalami fenomena tersebut.

Berdasarkan Mas'uddin *et al.* (2023) Kota Bima telah terjadi peningkatan nilai indeks UHI sebesar 3,31 °C di tahun 2019 dan di tahun 2022 sebesar 4,53 °C. Indeks lahan terbangun memiliki korelasi positif dengan perubahan suhu yang berarti perluasan di daerah terbangun menyebabkan peningkatan UHI di Kota Bima. Penurunan luas lahan bervegetasi yang terkonversi menjadi lahan terbangun, sangat signifikan meningkatkan suhu permukaan. Bukan saja

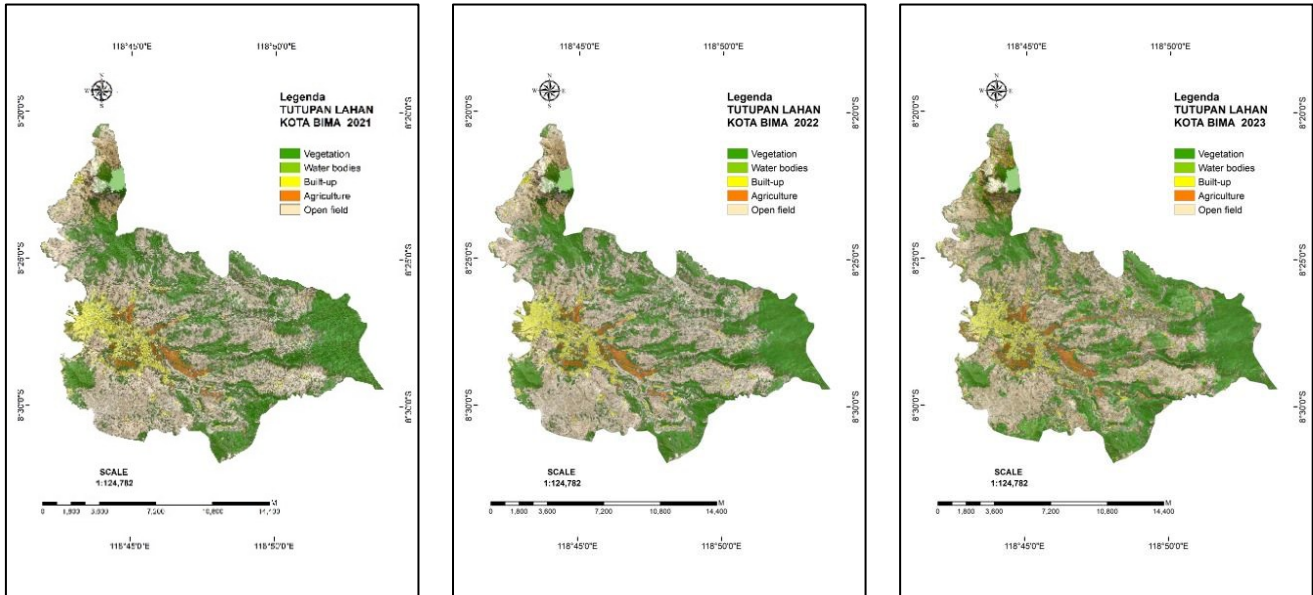
Tabel 3. Ambang batas UHI Kota Bima Tahun 2021, 2022, dan 2023

Tahun	Tmax	Tmin	(μ)	Standard deviation (σ)	Ambang batas UHI $\mu+0.5*\sigma(^{\circ}C)$
2021	34.26	19.34	27.51	2.15	28.59
2022	39.18	16.99	29.70	3.02	31.21
2023	32.67	20.57	27.22	2.07	28.26

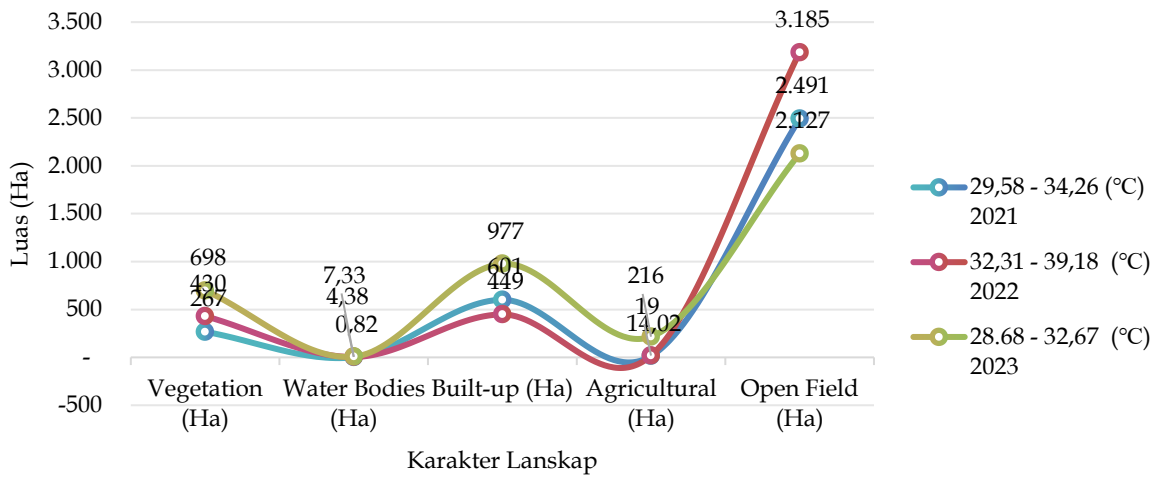
faktor lingkungan, namun juga karena perilaku penggunaan energi yang tidak efisien akibat penggunaan energi Listrik yang meningkat (Alavipanah *et al.* 2018). Berdasarkan data diketahui telah terjadi peningkatan rumah tangga pengguna listrik dari tahun 2019 sejumlah 31.398 rumah tangga menjadi sebesar 45.969 pada tahun 2022 (BPS 2023). Sekitar 69% pemakaian listrik di Kota Bima dari rumah tangga sekitar 62.710.478,18 Kwh, jika dikonversikan uang sekitar Rp. 62.219.462.988. Berdasarkan tinjauan studi kasus oleh Santamouris *et al.* (2015) disebutkan bahwa beban listrik puncak bangunan akan meningkat hingga 4,6% untuk kenaikan suhu satu derajat dan peningkatan total konsumsi listrik diperkirakan mencapai sebesar 8,5%.

Beberapa contoh material infrastruktur lanskap di Kota Bima yang memiliki nilai albedo tinggi dan rendah dapat ditemukan pada berbagai jenis bahan penutup. Material penutup jalan seperti aspal menunjukkan suhu maksimum sebesar 70,5 °C dan suhu minimum 28,5 °C, sedangkan rabat beton memiliki suhu maksimum 56,7 °C dengan suhu minimum 23,7 °C. Trotoar keramik tercatat dengan suhu maksimum 65,8 °C dan suhu minimum 36,0 °C.

Berdasarkan pengukuran suhu permukaan, dinding beton suhu maksimum 39,1 °C dan minimum 11,5 °C. Dinding dari Aluminium Composite Panel (ACP) memiliki suhu maksimum 37,8 °C dan suhu minimum 9,6 °C,



Gambar 6. Konfigurasi Lanskap Kota Bima 2021, 2022, dan 2023



Gambar 7. Luas UHI berdasarkan tutupan lahan dari tahun 2021, 2022, dan 2023

Tabel 4. Nilai perpindahan panas konduksi bata merah bangunan rumah R1 dan rumah R2

No.	Orientasi Bangunan	Lajur Aliran Panas Konduksi Fasad Bata merah								Sub total	
		1-WWR		U _W		TD _{EK}		α		Q ₁ R1	Q ₁ R2
		R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2		
1	Dinding Utara	0,56	0,9	1.301	1.301	10	10	0.507	0,748	3,7	8,75
2	Dinding Selatan	0,69	0,7	1.301	1.301	10	10	0.507	0,748	4,55	6,81
3	Dinding Barat	0,80	0,9	1.301	1.301	10	10	0.507	0,748	5,28	8,75
4	Dinding Timur	0,50	0,5	1.301	1.301	10	10	0.507	0,748	3,30	4,86
Total konduksi Q ₁ R1 dan Q ₁ R2										16,83	29,18

sedangkan dinding bata menunjukkan suhu maksimum 65,4 °C dan suhu minimum 16,0 °C. dinding papan kayu menunjukkan suhu maksimum 56,2 °C dan suhu maksimum 20,2 °C.

Sementara itu, pada ruang terbuka hijau seperti Lapangan Sara Suba, tercatat suhu maksimum 60,6 °C dan suhu minimum 22,3 °C. Infrastruktur PLN seperti trafo memiliki suhu maksimum 56,8 °C dan suhu minimum 17,0 °C. Bahan penutup atap juga menunjukkan variasi suhu yang signifikan, dimana atap multi roof tercatat dengan suhu maksimum 61,6 °C dan suhu minimum 35,4 °C. Atap seng memiliki suhu maksimum 66,0 °C dengan suhu minimum 40,0 °C, sementara atap genteng menunjukkan suhu maksimum 55,0 °C dan suhu minimum 16,3 °C. Atap ilalang mencatat suhu maksimum 59,0 °C dan suhu minimum 18,0 °C disajikan pada Gambar 8.

Analisis Perpindahan Panas pada Dinding Bangunan

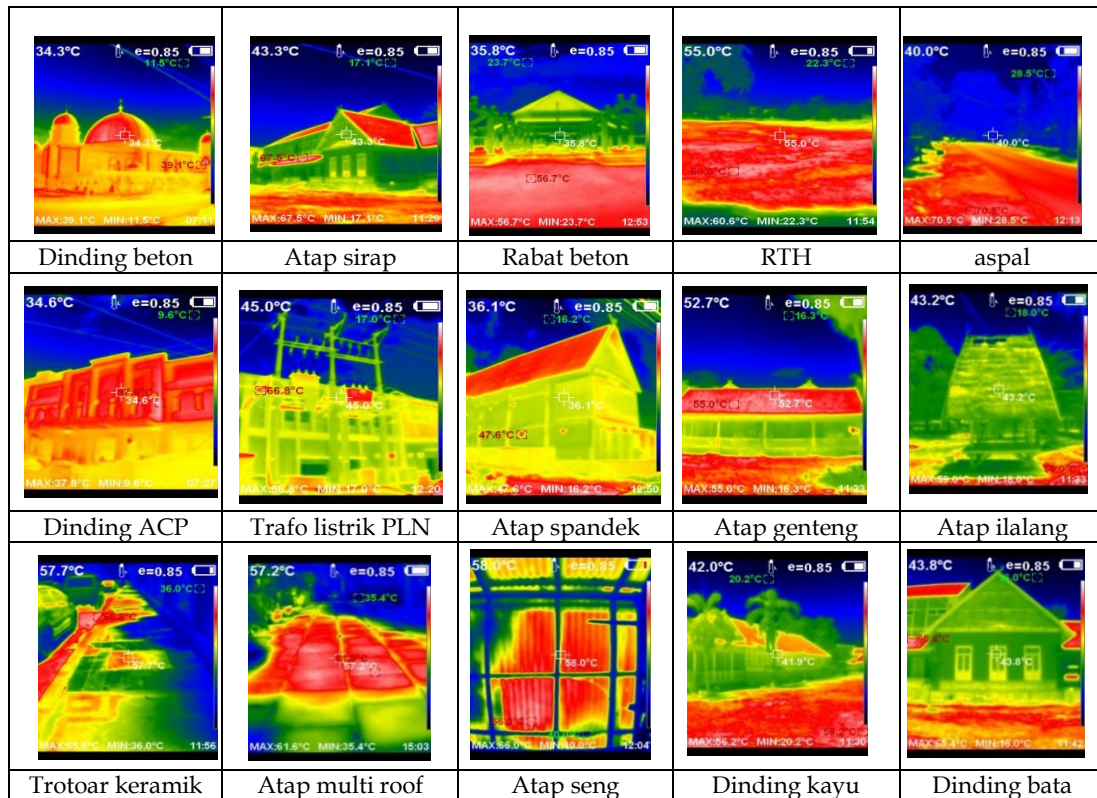
Bahan baku yang paling dominan pada bangunan adalah bata merah. Perhitungan nilai total perpindahan panas menyeluruh (*Overall Thermal Transfer Value* atau OTTV) dilakukan menggunakan Persamaan (3). Nilai OTTV pada fasad bata merah bervariasi tergantung orientasi bangunan. Pada rumah satu (R1), dinding bagian barat menunjukkan nilai perpindahan panas tertinggi sebesar 5,28 Watt/m², sedangkan pada rumah dua (R2) nilai tertingginya mencapai 8,75 Watt/m². Perbedaan ini mencerminkan rasio bukaan dinding (*Window-to-Wall Ratio* atau WWR) yang berbeda, di mana R1 memiliki WWR lebih kecil, yaitu 0,8 atau 20% dari total luas dinding bata merah, sedangkan R2 memiliki WWR sebesar 0,9 atau 10%. Hasil ini menegaskan bahwa orientasi bangunan memiliki pengaruh signifikan terhadap WWR, dengan rincian lebih lanjut disajikan pada Tabel 4.

Tabel 5. Nilai perpindahan panas konduksi penetrasi kaca

No.	Orientasi Bangunan	Lajur Aliran Panas Konduksi Penetrasi Kaca						Sub total	
		WWR		U _f		ΔT		Q ₂ R1	Q ₂ R2
		R1	R2	R1	R2	R1	R2		
1	Dinding Utara	44%	10%	2,8	2,8	5	5	6,16	1,4
2	Dinding Selatan	31%	30%	2,8	2,8	5	5	4,34	4,2
3	Dinding Barat	20%	10%	2,8	2,8	5	5	2,80	1,4
4	Dinding Timur	50%	50%	2,8	2,8	5	5	7,00	7,0
Total konduksi penetrasi kaca Q ₂ R1 dan Q ₂ R2								20,30	14

Tabel 6. Nilai perpindahan panas radiasi konduksi kaca

No.	Orientasi Bangunan	Lajur Aliran Panas Radiasi Konduksi Kaca							Sub total	
		WWR		SC _{kaca}		SC _{eff}		SF		
		R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1		
1	Dinding Utara	44%	10%	0,6	0,68	0,8167	0,8167	128	27,6	7,11
2	Dinding Selatan	31%	30%	0,6	0,68	0,8167	0,8167	113	17,17	18,83
3	Dinding Barat	20%	10%	0,6	0,68	0,8228	0,8228	185	18,27	10,35
4	Dinding Timur	50%	50%	0,6	0,68	0,8228	0,8228	155	38,26	43,36
Total radiasi konduksi kaca Q ₃ R1 dan Q ₃ R2								101,29	79,65	



Gambar 8. Konfigurasi karakter lanskap lahan terbangun Kota Bima

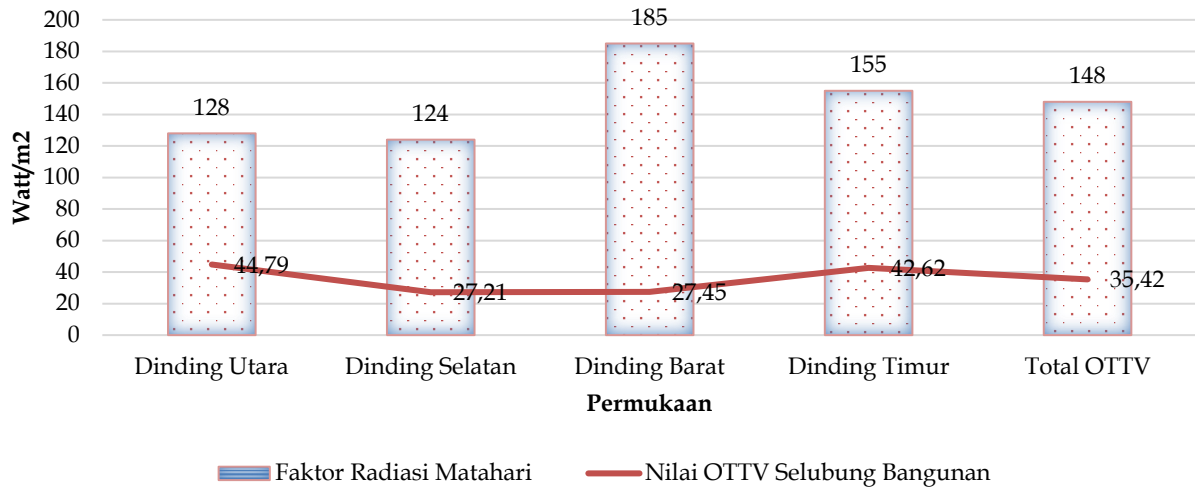
Begitupun sebaliknya pada orientasi dinding bangunan bagian timur nilai perpindahan panas konduksi dindingnya lebih kecil sebesar 3,30 Watt/m² pada bangunan R1 dan memiliki WWR sebesar 0,5 atau 50% dari luas bata merah dan bangunan R2 dengan WWR sama sebesar 50% namun nilai perpindahan panasnya lebih sebesar 4,86 Watt/m². Adanya perbedaan dipengaruhi oleh luas dinding bangunan R1 dan R2 yang berbeda. Total nilai perpindahan panas bangunan R2 sebesar 29,18 Watt/m² lebih besar dari bangunan R1 sebesar 16,83 Watt/m².

Bangunan R1 dan R2 menunjukkan bahwa keberadaan material kaca meningkatkan nilai perpindahan panas akibat penetrasi radiasi, sebagaimana disajikan pada Tabel 5.

Nilai perpindahan panas konduksi melalui penetrasi kaca pada bangunan R1 dan R2 dengan total nilai panas (Q₂ R1) sebesar 20,30 Watt/m² dan (Q₂ R2) sebesar 14 Watt/m²

nilai resistans termal kaca (U_f) mengacu pada produsen Asahi Mas, yaitu tipe 6mm Stopsol #2 + A12 (Air) + 6mm Supersilver Clear (Asahimas 2022). Nilai U_f kaca standar sebesar 2,8 Watt/m².K. Hasil perhitungan menunjukkan nilai WWR bangunan R1 jauh lebih besar dibanding dengan WWR bangunan R2. Jenis kaca memiliki peran penting dalam menentukan besaran nilai perpindahan panas konduksi kedalam bangunan. Sedangkan, radiasi bukaan akan dipengaruhi oleh *window to wall ratio* (WWR), koefisien peneduh (SC), dan faktor matahari (SF). SC yang diperoleh dari perkalian koefisien peneduh efektif (SC_{eff}) dan koefisien peneduh kaca (SC_{kaca}). Nilai perpindahan panas dari radiasi konduksi kaca disajikan pada Tabel 6.

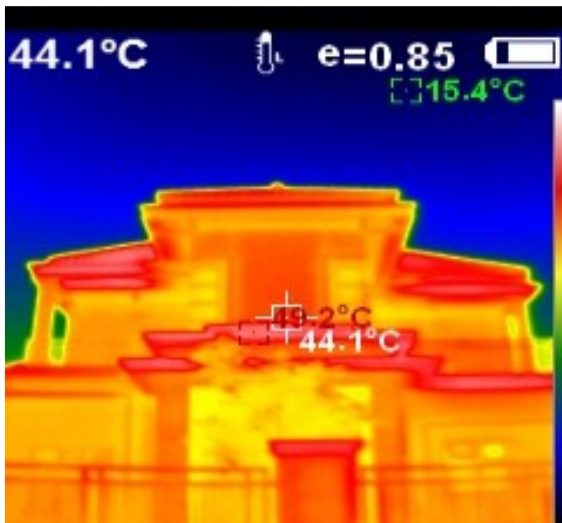
Berdasarkan perhitungan pada selubung bangunan R1 dan bangunan R2 diperoleh bahwa nilai OTTV bangunan R1 adalah sebesar 35,17 Watt/m² dan bangunan R2 sebesar 32,14



Gambar 9. Hasil pengukuran albedo bahan konfigurasi di Kota Bima

Tabel 7. Nilai OTTV total bangunan R1 dan R2

No	Orientasi Bangunan	Sub luas total		OTTV		A*OTTV	
		m ²		(Watt/m ²)			
		R1	R2	R1	R2	R1	R2
1	Dinding Utara	80	96	37,45	17,26	2.996,31	1.657,17
2	Dinding Selatan	80	96	26,06	29,83	2.084,75	2.864,16
3	Dinding Barat	120	144	26,35	20,50	3.161,54	2.952,64
4	Dinding Timur	120	144	48,56	55,22	5.827,22	7.952,36
Sub total						14.069,82	15.426,33
Luas Total A= dinding masif						400	480
Total OTTV (Watt/m ²)						35,17	32,14



(R1)



(R2)

Gambar 10. Albedo pada bahan dinding bangunan rumah R1 dan R2

Watt/m². Bila mengacu pada SNI 3689: 2020 tentang konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung yang mensyaratkan bahwa OTTV bangunan harus kurang dari 35 Watt/m² perlu adanya modifikasi desain fasad bangunan. OTTV berbagai dinding dan faktor radiasi matahari disajikan pada Gambar 9. Berdasarkan standar, bahwa nilai OTTV untuk bangunan R1 belum memenuhi standar SNI. Sementara itu, untuk bangunan R2 nilainya sesuai dengan yang syaratkan kurang dari 35 Watt/m² atau sebesar 32,14 Watt/m². Nilai OTTV total R1 dan R2 disajikan pada pada Tabel 7.

Hubungan bangunan dan fenomena UHI

Salah satu karakteristik penting material bangunan adalah nilai albedo. Albedo adalah bagian sinar matahari yang dipantulkan kembali tanpa diserap. Albedo dapat dijelaskan dengan istilah yang terkait dengan karakter permukaan, yaitu “warna reflektif/terang” dan “warna serap/gelap”. Konfigurasi permukaan kota dan bangunan menunjukkan korelasi positif terhadap penggunaan energi dan kondisi iklim (Prado dan Ferreira 2005). Peningkatan albedo yang besar dikombinasikan dengan naungan

pepohonan dapat mengurangi penggunaan energi untuk AC hingga 40% dalam kasus yang diteliti (Rosenfeld *et al.* 1995). Semakin banyak permukaan dasar di area perkotaan yang ditutupi dengan perkerasan buatan, yang dikenal sebagai salah satu penyebab utama memburuknya lingkungan termal untuk tempat tinggal (Wu *et al.* 2018; Nurrohimah dan Fatimah 2022). Bahan material bata merah plesteran, beton aspal kumpulan bahan bangunan dengan albedo rendah dapat menciptakan efek pulau panas perkotaan (UHI) di Kota Bima. Koefisien dasar hijau pada lahan bangunan dan proporsi ruang terbuka hijau dengan lahan terbangun penting dilakukan, untuk mitigasi UHI (Rohadi *et al.* 2024; Widyanti *et al.* 2025). Tipologi infrastruktur hijau harus kontekstual dengan lingkungannya, untuk mendukung lingkungan yang berkelanjutan lanjutan (Faraby *et al.* 2024; Hakim dan Sulistyantara 2024; Septian *et al.* 2025).

Permukaan yang menyerap banyak panas dapat menyebabkan suhu di kota lebih tinggi daripada di wilayah sekitarnya yang lebih hijau. Bahan material bangunan R1 dan R2, untuk bahan dinding menggunakan bata merah plesteran berdasarkan hasil analisis tingkat nilai konduksi panas bangunan R1 sebesar 16,83 Watt/m² dan bangunan R2 sebesar 29,18 Watt/m². Warna cat yang digunakan pada dinding luar bangunan rumah (R1) adalah warna biru dan bangunan rumah (R2) warna coklat. Bahan bangunan yang memiliki albedo tinggi (mampu memantulkan lebih banyak sinar matahari) cenderung meminimalkan pemanasan suatu area disajikan pada Gambar 10. Sebaliknya, bahan bangunan dengan albedo rendah menyerap lebih banyak panas dan dapat menyebabkan suhu lokal yang lebih tinggi. Suhu permukaan rata-rata bagi material bata plesteran sebesar 34,55 °C, kaca pada fasade bangunan R1 dan R2 mencapai 45,7 °C dengan suhu minimum mencapai 15,4 °C dan suhu maksimum mencapai 49,5 °C. Berdasarkan ambang batas nilai UHI Kota Bima tahun 2023 dimana suhu di atas 28,26 °C maka di wilayah tersebut terjadi fenomena UHI. Modifikasi material bahan bangunan dengan material ramah lingkungan dianggap mampu menurunkan suhu permukaan sebesar 6–9 °C dan 8,5–10 °C masing-masing untuk aspal terbuka dan beton (Tsoka 2017).

SIMPULAN

Temuan penelitian menunjukkan bahwa nilai LST dalam rentang waktu pada tahun 2021 sebesar 34 °C, meningkat pada tahun 2022 menjadi 39 °C dan sebesar 32 °C pada tahun 2023. Suhu ambang batas yang tercatat untuk fenomena UHI di Kota Bima adalah sebesar 28,59 °C dengan luas UHI sebesar 16,22% dari luas Kota Bima pada tahun 2021, sebesar 31,21 °C dengan luas sebesar 19,64%, pada tahun 2022 dan sebesar 28,26 °C dengan luas UHI sebesar 19,36% pada tahun 2023. Model konfigurasi lanskap yang lebih berimbang antara lahan terbangun dan vegetasi memiliki peran yang signifikan untuk menurunkan suhu permukaan lahan terbangun dan pemilihan material permukaan yang reflektif beralbedo tinggi yang mampu membantu mengurangi panas permukaan.

Nilai perpindahan panas pada selubung bangunan sangat signifikan berdasarkan lajur aliran panas radiasi konduksi menurut material yang digunakan. Berdasarkan hasil perhitungan pada bangunan R1 dan R2 dengan bahan dasar dinding bata merah plesteran dan penetrasi kaca. Nilai konduksi bata merah pada bangunan R1 sebesar 16,83 Watt/m² dan R2 sebesar 29,18 Watt/m², nilai ini sangat dipengaruhi oleh persentase WWR. Besaran nilai perpindahan panas konduksi penetrasi kaca ke dalam

bangunan sangat dipengaruhi oleh jenis kaca yang digunakan. Pada bangunan R1 dan R2, material kaca memberikan nilai perpindahan panas penetrasi radiasi sebesar 20,30 Watt/m² R1 dan R2 sebesar 14 Watt/m². Koefisien peneh dari sistem penetrasi menjadi faktor penting pada lajur aliran panas radiasi konduksi kaca pada bangunan. laju aliran panas konduksi penetrasi kaca R1 sebesar 101,29 Watt/m² dan R2 sebesar 79,65 Watt/m², nilai ini akan mempengaruhi nilai total OTTV pada bangunan. Dimana, bangunan R2 dengan bahan dasar dinding bata merah plesteran dan penetrasi kaca telah memenuhi standar perpindahan panas menyeluruh untuk selubung bangunan OTTV sementara bangunan R1 yang didominasi oleh material kaca belum memenuhi syarat standar dan nilai albedo material dinding bangunan mencapai sebesar 49,5 °C.

DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2023. *Kota Bima Dalam Angka 2023*. BPS Kota Bima:
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2020. SNI 6389:2020, tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung.
- [UNEP] UN Environment Programme. 2022. *2022 Global Status Report for Buildings and Construction*. <https://globalabc.org/resources/publications/2022-global-status-report-buildings-and-construction>.
- [WHO] World Health Organization Regional Office for Europe. 2017. *Protecting Health in Europe from Climate Change: 2017 Update*. <http://www.euro.who.int/pubrequest>.
- Alavipanah S, Schreyer J, Haase D, Lakes T, Qureshi S. 2018. The Effect of Multi-Dimensional Indicators on Urban Thermal Conditions. *Journal of Cleaner Production* 177:115–123. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.187>
- Asahimas. 2022. Optima Range Insulating Glass Unit Stopsool Optima.
- Athukorala D, Murayama Y. 2021. Urban Heat Island Formation in Greater Cairo: Spatio-Temporal Analysis of Daytime and Nighttime Land Surface Temperatures Along the Urban-rural Gradient. *Remote Sensing* 13(7). <https://doi.org/10.3390/rs13071396>
- Barbhuiya S, Barbhuiya S, Nikraz H. 2013. Adaptation to the Future Climate: a Low Carbon Building Design Challenge. *Procedia Engineering* 51 NUIcONE 2012:194–199. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.028>
- Choi J. 2017. Investigation of the Correlation of Building Energy Use Intensity Estimated by Six Building Performance Simulation Tools. *Energy Build.* 147:14–26. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.078>
- Cui Y, Yan D, Hong T, Ma J. 2017. Temporal and Spatial Characteristics of the Urban Heat Island in Beijing and the Impact on Building Design and Energy Performance. *Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.04.053>
- EEA. 2017. *Climate change, impacts and vulnerability in~Europe 2016*. <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-adaptation-and-disaster>.
- Faraby JA, Trisedya, Priambudi BRJN, Pramesti AZ. 2024. Tipologi Aplikasi Infrastruktur Hijau Skala Komunitas pada Kampung Kota di Indonesia. *Jurnal Lanskap Indonesia* 16(1):38–47. <https://doi.org/10.29244/jli.v16i1.46747>

- Fredisa Y, Karlinasari L, Kaswanto RL, Siregar IZ. 2025. The Role of Urban Forest in Providing Landscape Services: A Case Study from Bekasi City, West Java, Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)* 15(5): 890-903. <https://doi.org/10.29244/jpsl.15.5.890>
- Hakim AL, Sulistyantara B. 2024. Perencanaan Green Infrastructure pada Kawasan Transit Oriented Development (TOD) Lebak Bulus, Jakarta Selatan. *Jurnal Lanskap Indonesia* 16(2):99-108. <https://doi.org/10.29244/jli.v16i2.39278>
- Jesica J, Kaswanto RL, Arifin HS. 2019. Characteristics of Pekarangan in Organic Settlement and Planned Settlement along Ciliwung River Riparian, Bogor Municipality, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 399(1): 012036. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/399/1/012036>
- Jung DE, Lee C, Lee KH, Shin M, Do SL. 2021. Evaluation of Building Energy Performance with Optimal Control of Movable Shading Device Integrated with PV System. *Energies*. 14(7):1-22. <https://doi.org/10.3390/en14071799>
- Kaplan G, Avdan U, Avdan ZY. 2018. Urban Heat Island Analysis Using the Landsat 8 Satellite Data: A Case Study in Skopje, Macedonia. <https://doi.org/10.3390/ecrs-2-05171>
- Kharisma D, Kaswanto RL. 2021. Management of home garden in formal and informal settlement along riparian Ciliwung river in Bogor. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 879: 012021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/694/1/012021>
- Koç SG, Maçka Kalfa S. 2021. The Effects of Shading Devices on Office Building Energy Performance in Mediterranean Climate Regions. *Journal of Building Engineering* 44 April. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102653>
- Li J, Song C, Cao L, Zhu F, Meng X, Wu J. 2011. Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China. *Remote Sens Environ*. 115(12):3249-3263. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.07.008>
- Li X, Zhou Y, Yu S, Jia G, Li H, Li W. 2019. Urban heat island impacts on building energy consumption: A review of approaches and findings. *Energy* 174:407-419. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.02.183>
- Mas'uddin, Karlinasari L, Pertiwi S, Erizal. 2023. Urban Heat Island Index Change Detection Based on Land Surface Temperature, Normalized Difference Vegetation Index, Normalized Difference Built-Up Index: A Case Study. *J Ecol Eng*. 24(11):91-107. <https://doi.org/10.12911/22998993/171371>
- Mazutis D, Sweet L. 2022. The Business of Accelerating Sustainable Urban Development: A Systematic Review and Synthesis. *Journal of Cleaner Production* 357 October 2021:131871. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131871>
- Najah FT, Abdullah SFK, Abdulkareem TA. 2023. Urban Land Use Changes: Effect of Green Urban Spaces Transformation on Urban Heat Islands in Baghdad. *Alexandria Engineering Journal* 66:555-571. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.11.005>
- Niemelä T, Kosonen R, Jokisalo J. 2017. Cost-Effectiveness of Energy Performance Renovation Measures in Finnish Brick Apartment Buildings. *Energy and Buildings* 137:60-75. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.12.031>
- Nugroho SB, Zusman E, Nakano R, Takahashi K, Koakutsu K, Kaswanto RL, Arifin HSA, Munandar A, Nurhayati HSA, Muchtar M, Gomi K. 2017. The Effect of Prepaid Electricity System on Household Energy Consumption—the Case of Bogor, Indonesia. *Procedia Engineering* 198: 642-653. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.117>
- Nurrohimah I, Fatimah IS. 2022. Persepsi dan Preferensi Masyarakat terhadap Tingkat Kenyamanan Taman Merdeka Metro sebagai Ruang Interaksi Sosial di Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Lanskap Indonesia* 14(1): 8-15. <https://doi.org/10.29244/jli.v14i1.37680>
- Nuruzzaman M. 2015. Urban Heat Island: Causes, Effects and Mitigation Measures - A Review. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis* 3(2):67. <https://doi.org/10.11648/j.jijema.20150302.15>
- Permatasari PA, Arifin HS, Kaswanto RL, Mulyana E. 2025. Residential Landscape Management Practices and Environmental Contributions to ESG. *Highlights of Sustainability* 5(1): 165-178. <https://doi.org/10.54175/hsustain5010012>
- Putra BU, Krisnandika AAK, Dharmadiatmika IMA. 2022. Pengaruh Kombinasi Kerapatan Kanopi Pohon terhadap Kenyamanan Termal di Lapangan Puputan Margarana, Denpasar. *Jurnal Lanskap Indonesia* 14(1):16-21. <https://doi.org/10.29244/jli.v14i1.38646>
- Rohadi PP, Qisthina N, Aulia R, Arifin HS, Kaswanto RL. 2024. Urban Landscape Management of Makassar City Based on Waterfront City Concept. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1384(1): 012029. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1384/1/012029>
- Rosenfeld AH, Akbari H, Bretz S, Fishman BL, Kurn DM, Sailor D, Taha H. 1995. Mitigation of Urban Heat Islands: Materials, Utility Programs, Updates. *Energy and Buildings* 22(3):255-265. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(95\)00927-P](https://doi.org/10.1016/0378-7788(95)00927-P)
- Sabila YR, Fatimah IS, Gunawan A. 2025. Rancangan Kriteria Evaluasi Penerapan Eco-Design pada Roof Garden. *Jurnal Lanskap Indonesia* 17(1):130-138. <https://doi.org/10.29244/jli.v17i1.60127>
- Salvati A, Coch Roura H, Cecere C. 2017. Assessing the Urban Heat Island and Its Energy Impact on Residential Buildings in Mediterranean Climate: Barcelona Case Study. *Energy and Buildings* 146:38-54. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.025>
- Saputri IM, Fatimah IS, Kaswanto RL. 2025. Kajian Preferensi Stakeholders terhadap Bangunan Hijau di Lanskap Perkotaan Berbasis Social Media Data (SMD). *Jurnal Lanskap Indonesia* 17(1): 56-64. <https://doi.org/10.29244/jli.v17i1.56463>
- Sartor K, Dewallef P. 2017. Exergy Analysis Applied to Performance of Buildings in Europe. *Energy and Buildings* 148:348-354. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.05.026>
- Septian DE, Kaswanto RL, Arifin HS. 2025. Kontribusi Jasa Lanskap Agroforestri sebagai Usaha Peningkatan Resiliensi Ekosistem terhadap Tekanan Lingkungan. *Jurnal Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan* 12(1): 85-94. <https://doi.org/10.29244/jkebijakan.v12i1.62705>
- Shahfahad, Naikoo MW, Islam ARMT, Mallick J, Rahman A. 2022. Land Use/Land Cover Change and Its Impact on Surface Urban Heat Island and Urban Thermal Comfort in a Metropolitan City. *Urban Climate* 41 December 2021:101052. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.101052>
- Simpson JR, McPherson EG. 1997. The Effects of Roof Albedo

doi: 10.29244/jli.v18i1.60451

- Modification on Cooling Loads of Scale Model Residences in Tucson, Arizona. *Energy and Buildings* 25(2):127-137. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(96\)01002-X](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(96)01002-X)
- Tsoka S. 2017. Investigating the Relationship Between Urban Spaces Morphology and Local Microclimate: a study for Thessaloniki. *Procedia Environmental Sciences* 38:674-681. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2017.03.148>
- Utami FNH, Kaswanto RL, Hadi AA. 2008. Penerapan Konsep Bangunan Ramah Lingkungan melalui Konstruksi *Green Panel* sebagai Alternatif Peningkatan Kenyamanan dalam Ruang. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 13(3): 204-212.
- Widyanti R, Nasrullah N, Sulistyantara B. 2025. Analisis Pengembangan Ruang Terbuka Hijau dengan Prioritas Tertinggi untuk Mencegah Urban Heat Island pada Lanskap Kota Depok, Jawa Barat. *Jurnal Lanskap Indonesia* 17(1):43-49. <https://doi.org/10.29244/jli.v17i1.55897>
- Wu H, Sun B, Li Z, Yu J. 2018. Characterizing Thermal Behaviors of Various Pavement Materials and Their Thermal Impacts on Ambient Environment. *J Clean Prod.* 172:1358-1367. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.182>
- Yadav N, Sharma C, Peshin SK, Masiwal R. 2017. Study of Intra-City Urban Heat Island Intensity and Its Influence on Atmospheric Chemistry and Energy Consumption in Delhi. *Sustainable Cities and Society* 32:202-211 <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.04.003>