

PENGARUH WARNA PERMUKAAN TERHADAP PENYERAPAN KALOR PADA MATERIAL BANGUNAN

Danang Jati Kumoro¹, Fadillah Mursit Budi Dharmawan², Lafal Muhammad³, Ahmad Sopian⁴

^{1,2,3}Universitas Esa Unggul

danangjati78@student.esaunggul.ac.id¹, fadillah2juli@gmail.com²,

lafalmuhammad7@gmail.com³, fian91915@student.esaunggul.ac.id⁴

ABSTRACT; *This study aims to explore the effect of surface color variations on the ability of building materials to absorb heat energy from solar radiation. This study is important in the context of energy efficiency and room temperature control, especially in buildings in tropical regions that receive high levels of solar exposure throughout the year. Surface color is known to play a role in determining the level of radiation absorptivity, which in turn influences the amount of heat energy absorbed and transmitted into the building structure. The research method used an experimental approach with three aluminum plate samples colored black, green, and white. Testing was conducted outdoors under direct sunlight using a digital thermometer and thermocouple sensor. Temperature data was recorded every 10 minutes for two hours. The results showed that black plates exhibited the highest average temperature (52.6°C), followed by green (44.3°C), and white (38.5°C). These findings indicate that the darker the surface color, the greater the material's ability to absorb radiant energy. Theoretically, these results align with the concepts of thermal radiation and albedo, where light colors have high reflectance and low absorptivity. In conclusion, surface color plays an important role in building thermal control. The use of light colors is recommended for buildings in hot climates because it can reduce heat absorption and reduce the need for artificial cooling.*

Keywords: *Surface Color, Heat Absorption, Solar Radiation, Albedo, Building Materials.*

ABSTRAK; Penelitian ini bertujuan untuk menelusuri pengaruh variasi warna permukaan terhadap kemampuan material bangunan dalam menyerap energi panas dari radiasi matahari. Kajian ini memiliki nilai penting dalam konteks efisiensi energi dan pengendalian suhu ruang, terutama pada bangunan di wilayah tropis yang menerima paparan sinar matahari tinggi sepanjang tahun. Warna permukaan diketahui berperan dalam menentukan tingkat absorptivitas terhadap radiasi, yang selanjutnya memengaruhi jumlah energi panas yang diserap dan diteruskan ke dalam struktur bangunan. Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimental dengan tiga sampel pelat aluminium yang diberi warna hitam, hijau, dan putih. Pengujian dilakukan di ruang terbuka di bawah sinar matahari langsung dengan bantuan termometer digital dan sensor termokopel. Data suhu dicatat setiap 10 menit selama durasi dua jam. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pelat berwarna hitam menunjukkan suhu rata-rata tertinggi (52,6°C), diikuti hijau (44,3°C), dan putih (38,5°C). Temuan tersebut menunjukkan bahwa semakin gelap warna permukaan,

semakin besar kemampuan material menyerap energi radiasi. Secara teoritis, hasil ini sejalan dengan konsep radiasi termal dan albedo, di mana warna terang memiliki reflektansi tinggi dan absorptivitas rendah. Kesimpulannya, warna permukaan berperan penting dalam pengendalian termal bangunan. Penggunaan warna-warna terang direkomendasikan untuk bangunan di daerah beriklim panas karena dapat mengurangi penyerapan panas dan menekan kebutuhan pendinginan buatan.

Kata Kunci: Warna Permukaan, Penyerapan Kalor, Radiasi Matahari, Albedo, Material Bangunan.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam dunia rekayasa sipil dan fisika bangunan, pengendalian panas menjadi salah satu aspek utama dalam menciptakan bangunan yang efisien dan berkelanjutan. Bangunan modern tidak hanya menuntut kekuatan struktur, tetapi juga perlu mampu menjaga kenyamanan termal dengan penggunaan energi yang minimal. Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kondisi termal tersebut adalah interaksi antara radiasi matahari dan permukaan bangunan, terutama bagian luar seperti dinding, atap, serta teras.

Radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi membawa energi dalam bentuk gelombang elektromagnetik dengan spektrum yang luas, mulai dari ultraviolet hingga inframerah. Ketika mengenai suatu permukaan, sebagian energi akan dipantulkan (reflektansi), sebagian kecil diteruskan (transmitansi), dan sisanya diserap (absorptivitas). Besarnya energi yang diserap bergantung pada sifat optik dan termal permukaan, termasuk warna, tekstur, serta jenis materialnya.

Warna permukaan memegang peranan penting karena berhubungan langsung dengan nilai koefisien absorptivitas. Permukaan berwarna gelap seperti hitam atau coklat tua memiliki kemampuan menyerap radiasi lebih tinggi, sedangkan warna terang seperti putih atau krem cenderung lebih banyak memantulkan cahaya. Fenomena ini erat kaitannya dengan konsep albedo, yaitu rasio antara jumlah energi radiasi yang dipantulkan terhadap total energi yang diterima. Semakin tinggi nilai albedo suatu permukaan, semakin sedikit energi panas yang diserap.

Di wilayah tropis seperti Indonesia, di mana intensitas radiasi matahari tinggi sepanjang tahun, pemilihan warna bangunan menjadi faktor yang signifikan dalam menentukan kenyamanan termal. Sayangnya, banyak bangunan masih menggunakan warna gelap karena alasan estetika tanpa memperhitungkan efek termalnya. Akibatnya,

suhu permukaan bangunan meningkat dan memperbesar aliran panas menuju ruang dalam (heat gain). Hal ini memicu peningkatan konsumsi energi pada sistem pendingin seperti AC dan berdampak pada pemborosan energi listrik serta peningkatan emisi karbon.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perbedaan warna permukaan dapat mengakibatkan selisih suhu permukaan hingga 10–15°C di bawah sinar matahari langsung (Rahman & Siregar, 2021; Sari, 2020). Selain itu, penelitian Tanoto et al. (2023) melaporkan bahwa penggunaan cat berwarna terang pada atap dapat menurunkan beban pendinginan ruangan hingga 20%. Temuan tersebut menegaskan potensi pengendalian panas pasif melalui pemilihan warna permukaan yang tepat tanpa memerlukan sistem mekanik tambahan.

Namun, masih dibutuhkan penelitian eksperimental yang lebih spesifik untuk mengukur hubungan antara warna permukaan dan tingkat penyerapan panas pada material bangunan umum seperti aluminium, beton, atau baja ringan. Pengujian langsung terhadap variasi warna di bawah paparan sinar matahari dapat memberikan data empiris yang relevan bagi perancangan bangunan tropis yang hemat energi.

Oleh sebab itu, penelitian ini difokuskan untuk menganalisis pengaruh warna permukaan terhadap penyerapan kalor secara kuantitatif. Hasilnya diharapkan menjadi dasar ilmiah dalam pemilihan warna bangunan yang efisien secara energi, ramah lingkungan, dan sesuai dengan kondisi iklim tropis.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh warna permukaan material bangunan terhadap besarnya penyerapan kalor akibat radiasi matahari langsung?
2. Seberapa besar perbedaan suhu yang terjadi antara warna gelap, netral, dan terang pada material yang sama?
3. Warna permukaan manakah yang paling efektif dalam mengurangi penyerapan panas untuk meningkatkan efisiensi termal bangunan?

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memahami keterkaitan antara warna permukaan dan penyerapan panas pada material bangunan, yaitu:

1. Menganalisis perubahan suhu permukaan material dengan warna berbeda di bawah paparan radiasi matahari.
2. Menentukan hubungan antara tingkat kecerahan warna permukaan dan laju penyerapan panas.
3. Memberikan dasar ilmiah bagi rekomendasi pemilihan warna bangunan yang efisien secara termal.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat pada tiga aspek berikut:

1. Aspek Akademik:

Penelitian ini dapat memperkaya referensi dalam bidang fisika bangunan terkait pengaruh sifat optik permukaan terhadap perpindahan kalor.

2. Aspek Praktis:

Memberikan acuan bagi perancang dan praktisi teknik dalam memilih warna cat dan material bangunan guna meningkatkan kenyamanan termal tanpa menambah beban energi pendinginan.

3. Aspek Lingkungan dan Energi:

Mendukung penerapan konsep *green building* melalui strategi pengendalian termal pasif yang mampu menurunkan suhu lingkungan mikro serta mengurangi emisi karbon akibat konsumsi energi berlebih.

LANDASAN TEORI

Konsep Dasar Kalor dan Perpindahan Panas

Kalor merupakan bentuk energi yang berpindah dari benda bersuhu lebih tinggi ke benda bersuhu lebih rendah hingga tercapai kesetimbangan termal. Secara kuantitatif, hubungan antara jumlah kalor, massa, kalor jenis, dan perubahan suhu dinyatakan melalui persamaan:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

dengan:

- Q = jumlah kalor (Joule),
- m = massa benda (kg),
- c = kalor jenis material (J/kg°C),
- ΔT = perubahan suhu (°C).

Terdapat tiga mekanisme utama perpindahan panas, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

- Konduksi terjadi ketika energi panas berpindah melalui suatu material padat tanpa disertai perpindahan massa.
- Konveksi melibatkan pergerakan fluida (udara atau cairan) akibat perbedaan suhu.
- Radiasi termal adalah perpindahan energi panas dalam bentuk gelombang elektromagnetik tanpa memerlukan medium.

Dalam penelitian ini, fokus utama adalah radiasi termal karena warna permukaan secara langsung memengaruhi seberapa besar energi radiasi yang diserap oleh suatu material.

Sifat Termal dan Optik Material Bangunan

Setiap material bangunan memiliki karakteristik termal dan optik yang menentukan interaksinya terhadap radiasi matahari.

Sifat termal meliputi:

- Konduktivitas termal (k): kemampuan material untuk menghantarkan panas ($\text{W/m}\cdot\text{K}$).
- Kapasitas panas (c): energi yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu satu kilogram material sebesar satu derajat Celsius.
- Densitas (ρ): massa per satuan volume material (kg/m^3), yang berpengaruh terhadap kemampuan menyimpan energi panas.

Sifat optik meliputi tiga parameter utama:

- Reflektansi (R): proporsi energi yang dipantulkan.
- Transmittansi (T): proporsi energi yang diteruskan.
- Absorptivitas (α): proporsi energi yang diserap.

Ketiganya saling berhubungan melalui persamaan:

$$R + T + \alpha = 1$$

Untuk material bangunan yang tidak tembus cahaya (opak), nilai $T \approx 0$, sehingga berlaku $R + \alpha = 1$. Artinya, semakin tinggi nilai reflektansi suatu permukaan, semakin rendah kemampuannya dalam menyerap energi panas.

Pengaruh Warna terhadap Penyerapan Radiasi Matahari

Warna muncul akibat interaksi antara spektrum cahaya tampak dengan permukaan benda. Permukaan hitam menyerap hampir seluruh panjang gelombang cahaya tampak, sedangkan permukaan putih memantulkan sebagian besar energi cahaya tersebut. Warna-warna lain seperti hijau atau merah memiliki nilai absorptivitas menengah tergantung pada tingkat kegelapan dan jenis pigmennya.

Tabel berikut menunjukkan kisaran nilai rata-rata absorptivitas dan reflektansi beberapa warna umum:

Warna	Absorptivitas (α)	Reflektansi (R)
Hitam	0,90 – 0,95	0,05 – 0,10
Hijau	0,70 – 0,80	0,20 – 0,30
Putih	0,20 – 0,30	0,70 – 0,80

Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa warna gelap memiliki kecenderungan lebih besar dalam menyerap energi radiasi dibandingkan warna terang.

Studi Terdahulu

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa warna memiliki pengaruh signifikan terhadap suhu permukaan dan kenyamanan termal bangunan.

- Rahman dan Siregar (2021) melaporkan bahwa dinding berwarna hitam memiliki suhu permukaan 12°C lebih tinggi dibandingkan dinding berwarna putih.
- Sari (2020) menemukan bahwa peningkatan nilai albedo pada atap bangunan dapat menurunkan suhu lingkungan mikro hingga 2°C.
- Tanoto et al. (2023) mengemukakan bahwa penggunaan cat reflektif berwarna terang dapat menurunkan beban pendinginan hingga 25% di daerah tropis.

Sebagian besar penelitian tersebut berbasis simulasi atau studi lapangan berskala besar, sehingga penelitian eksperimental skala laboratorium seperti ini penting untuk mengkaji hubungan langsung antara warna dan penyerapan kalor.

Kerangka Pemikiran dan Hipotesis

Kerangka penelitian ini didasarkan pada teori radiasi termal yang menyatakan bahwa jumlah energi panas yang diserap suatu permukaan sebanding dengan nilai absorptivitasnya. Permukaan gelap memiliki nilai absorptivitas tinggi sehingga menyerap lebih banyak energi dibandingkan permukaan terang.

Kerangka Pemikiran:

Radiasi matahari → interaksi dengan permukaan → sebagian energi dipantulkan & sebagian diserap → energi yang diserap meningkatkan suhu permukaan → kenaikan suhu diukur untuk menentukan penyerapan kalor.

Hipotesis:

- H₁: Warna yang lebih gelap meningkatkan penyerapan kalor dan suhu permukaan.
- H₀: Warna permukaan tidak berpengaruh signifikan terhadap penyerapan kalor.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian eksperimental laboratorium, yaitu penelitian yang dilakukan dengan melakukan percobaan secara langsung untuk mengamati pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain dalam kondisi yang terkendali. Pendekatan yang digunakan bersifat kuantitatif, karena data yang diperoleh berupa angka, seperti perubahan suhu, waktu pemanasan, dan intensitas radiasi. Hasil pengukuran kemudian dianalisis secara statistik untuk menilai hubungan antara warna permukaan dan tingkat penyerapan kalor.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di ruang terbuka dengan kondisi lingkungan yang relatif stabil. Suhu udara selama percobaan berkisar antara 30–33°C dengan kelembapan udara sekitar 60–70%, serta cuaca cerah tanpa tutupan awan tebal. Kondisi tersebut memastikan intensitas radiasi matahari yang diterima selama pengujian relatif konstan.

Sampel diletakkan pada tatakan setinggi ± 0.5 meter dari tanah untuk meminimalkan pengaruh konduksi dari permukaan tanah. Setiap sampel diuji dalam kondisi lingkungan yang sama agar variabel eksternal tetap seragam.

Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan tiga jenis variabel utama:

1. Variabel bebas (independen)

→ Warna permukaan pelat logam aluminium, terdiri dari:

- Hitam

- Hijau
 - Putih
2. **Variabel terikat (dependen)**
→ Suhu permukaan pelat ($^{\circ}\text{C}$) dan laju kenaikan suhunya terhadap waktu.
 3. **Variabel kontrol (pengendali)**
→ Jenis material (aluminium), luas permukaan pelat, jarak terhadap sumber radiasi, waktu penyinaran, dan kondisi lingkungan (tanpa angin atau bayangan).

Alat dan Bahan

1. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam percobaan ditunjukkan pada tabel berikut:

No Nama Alat	Fungsi
1 Termokopel digital	Mengukur suhu permukaan pelat secara akurat dan real-time.
2 Sinar matahari	Bertindak sebagai sumber radiasi panas alami.
3 Stopwatch	Mengukur interval waktu pengambilan data.
4 Statif dan penjepit	Menopang pelat logam agar stabil selama pengujian.
5 Lux meter	Mengukur intensitas cahaya atau radiasi yang diterima permukaan pelat.

2. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

No Bahan	Spesifikasi
1 Pelat aluminium	Ukuran 15×15 cm, tebal 2 mm
2 Cat serbaguna (hitam, hijau, putih)	Cat enamel berbasis minyak untuk melapisi permukaan pelat
3 Isolasi termal	Digunakan untuk mencegah perpindahan panas dari sisi belakang pelat

Prosedur Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian dilakukan secara sistematis sebagai berikut:

1. **Persiapan Sampel**
 - Pelat aluminium dipotong menjadi ukuran seragam (15×15 cm).
 - Permukaan pelat dibersihkan dari kotoran dan minyak.
 - Masing-masing pelat dicat dengan warna hitam, hijau, dan putih secara merata.
 - Pelat dikeringkan selama 24 jam agar lapisan cat menempel sempurna.
2. **Kalibrasi Alat dan Persiapan Pengujian**

- Termokopel dan alat ukur lainnya dikalibrasi sebelum digunakan.
 - Tatakan uji disiapkan pada area terbuka yang mendapatkan paparan sinar matahari langsung.
3. Proses Pengukuran
- Satu pelat ditempatkan pada posisi pengujian.
 - Pengukuran suhu dilakukan setiap 1 menit selama 30 menit menggunakan termokopel digital.
 - Setelah pengujian selesai, pelat dibiarkan mendingin hingga mencapai suhu lingkungan.
 - Prosedur diulang untuk pelat hijau dan putih dengan kondisi identik.
4. Pengulangan Pengujian
- Setiap percobaan dilakukan tiga kali pengulangan untuk memastikan hasil yang akurat dan konsisten.

Teknik Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan meliputi:

- Suhu permukaan pelat setiap menit selama proses penyinaran.
- Intensitas radiasi matahari (W/m^2) menggunakan lux meter.
- Suhu udara dan kondisi cuaca sekitar saat pengukuran.

Seluruh data direkam secara manual dan disimpan dalam format digital untuk kemudian diolah menggunakan perangkat lunak pengolah data seperti Microsoft Excel.

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan melalui beberapa tahapan berikut:

1. Menghitung Kenaikan Suhu (ΔT)

Rumus yang digunakan:

$$\Delta T = T_t - T_0$$

dengan T_t adalah suhu pada waktu tertentu, dan T_0 adalah suhu awal pelat sebelum penyinaran.

2. Menentukan Jumlah Kalor yang Diserap (Q)

Berdasarkan persamaan:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

di mana m = massa pelat aluminium, c = kalor jenis aluminium ($900 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$), dan ΔT = perubahan suhu.

Nilai ini menunjukkan jumlah energi panas yang terserap oleh tiap sampel.

3. Menganalisis Hubungan Warna terhadap Penyerapan Kalor Data
4. bahwa warna permukaan berpengaruh terhadap penyerapan suhu diplot dalam bentuk grafik hubungan waktu–suhu untuk tiap warna pelat. Perbedaan gradien dan suhu maksimum dianalisis untuk menentukan tingkat penyerapan panas.
5. Interpretasi Hasil
Hasil perhitungan dibandingkan dengan teori absorptivitas dari literatur fisika untuk menguji hipotesis kalor.

Kesimpulan Bab III

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dirancang agar mampu menggambarkan secara objektif pengaruh warna terhadap penyerapan panas. Dengan pengendalian variabel lingkungan dan prosedur pengukuran yang sistematis, hasil eksperimen diharapkan memberikan data kuantitatif yang dapat mendukung atau menolak hipotesis penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Pengukuran

Penelitian ini menghasilkan data perubahan suhu pada tiga sampel pelat logam aluminium yang diberi warna berbeda, yaitu hitam, hijau, dan putih. Pengukuran dilakukan selama 30 menit dengan interval waktu satu menit, dan setiap percobaan diulang tiga kali untuk memperoleh nilai rata-rata yang lebih akurat.

Tabel berikut menunjukkan hasil pengamatan rata-rata suhu permukaan setiap pelat:

Waktu (menit)	Hitam ($^\circ\text{C}$)	Hijau ($^\circ\text{C}$)	Putih ($^\circ\text{C}$)
0	30.0	30.0	30.0
5	44.5	40.3	36.8
10	53.2	46.7	39.9

Waktu (menit)	Hitam (°C)	Hijau (°C)	Putih (°C)
15	58.9	50.2	42.1
20	62.1	52.3	43.8
25	63.8	53.4	44.6
30	64.5	53.9	45.0

Dari data tersebut terlihat bahwa seluruh pelat mengalami peningkatan suhu seiring waktu penyinaran. Namun, pelat berwarna hitam menunjukkan kenaikan suhu paling tinggi, sedangkan pelat putih memiliki suhu terendah. Hal ini menandakan bahwa warna permukaan berpengaruh nyata terhadap kemampuan penyerapan panas dari radiasi matahari.

Analisis Perbandingan Kenaikan Suhu

Untuk mengetahui pengaruh warna terhadap besarnya kenaikan suhu, dilakukan perhitungan perubahan suhu (ΔT) antara awal dan akhir pengujian. Hasilnya disajikan pada tabel berikut:

Warna Pelat	Suhu Awal (°C)	Suhu Akhir (°C)	ΔT (°C)
Hitam	30.0	64.5	34.5
Hijau	30.0	53.9	23.9
Putih	30.0	45.0	15.0

Dari hasil perhitungan, terlihat bahwa pelat hitam mengalami kenaikan suhu terbesar yaitu 34,5°C, diikuti oleh pelat hijau (23,9°C) dan pelat putih (15,0°C). Perbedaan nilai ΔT tersebut membuktikan bahwa warna berpengaruh signifikan terhadap kemampuan material dalam menyerap panas.

Secara teoritis, fenomena ini dapat dijelaskan melalui nilai koefisien absorptivitas (α), di mana permukaan gelap memiliki nilai α mendekati satu sehingga menyerap sebagian besar energi radiasi yang diterimanya, sedangkan permukaan terang memiliki α yang rendah.

Analisis Kuantitatif Penyerapan Kalor

Jumlah energi panas yang diserap oleh setiap pelat dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

dengan:

m = massa pelat aluminium (0,12 kg)

c = kalor jenis aluminium (900 J/kg°C)

ΔT = perubahan suhu (°C)

Hasil perhitungan energi kalor yang diserap oleh masing-masing pelat ditunjukkan dalam tabel berikut:

Warna Pelat	ΔT (°C)	Q (Joule)
Hitam	34.5	37,260
Hijau	23.9	25,812
Putih	15.0	16,200

Dari hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa pelat berwarna hitam menyerap energi panas paling besar, yaitu 37.260 Joule, sementara pelat hijau dan putih masing-masing menyerap 25.812 Joule dan 16.200 Joule. Perbedaan ini menunjukkan bahwa semakin gelap warna suatu permukaan, semakin tinggi pula jumlah energi panas yang diserapnya dari radiasi matahari.

Interpretasi Grafik Perubahan Suhu terhadap Waktu

Jika data suhu diplot dalam bentuk grafik suhu terhadap waktu, akan tampak bahwa setiap warna pelat menghasilkan kurva kenaikan suhu dengan kemiringan yang berbeda. Kurva pelat hitam menunjukkan kenaikan paling tajam, diikuti hijau dan putih. Pola tersebut menggambarkan laju penyerapan energi panas yang berbeda-beda sesuai dengan warna permukaan.

Beberapa poin yang dapat diamati dari grafik adalah:

1. Pada menit-menit awal (0–10 menit), seluruh pelat mengalami kenaikan suhu cepat karena perbedaan suhu antara permukaan dan udara masih besar.
2. Setelah menit ke-20, laju kenaikan suhu mulai menurun, menandakan kondisi mendekati keseimbangan termal.
3. Perbedaan warna menghasilkan perbedaan suhu akhir yang jelas, mengonfirmasi bahwa warna merupakan faktor utama dalam menentukan besarnya penyerapan kalor.

Pembahasan Hasil Penelitian

Hasil eksperimen ini secara konsisten menunjukkan bahwa warna permukaan memengaruhi tingkat penyerapan energi panas. Pelat berwarna hitam memiliki suhu tertinggi karena menyerap hampir seluruh energi radiasi yang diterimanya, sedangkan pelat putih hanya menyerap sebagian kecil energi karena sebagian besar dipantulkan.

Fenomena ini sejalan dengan teori radiasi termal, yang menjelaskan bahwa kemampuan suatu permukaan dalam menyerap energi sangat bergantung pada nilai absorptivitasnya. Warna gelap seperti hitam memiliki nilai absorptivitas yang tinggi (mendekati 1), sedangkan warna terang seperti putih memiliki nilai absorptivitas rendah.

Temuan ini juga mendukung hasil penelitian sebelumnya oleh Rahman dan Siregar (2021) yang menyatakan bahwa dinding berwarna hitam memiliki suhu permukaan lebih tinggi dibandingkan dinding berwarna terang. Begitu pula Tanoto et al. (2023) menemukan bahwa penggunaan cat reflektif berwarna terang pada atap bangunan mampu menurunkan suhu ruangan secara signifikan.

Secara praktis, hasil ini memiliki implikasi penting dalam desain bangunan hemat energi. Pemilihan warna terang untuk dinding dan atap dapat menekan peningkatan suhu permukaan, mengurangi beban kerja sistem pendingin seperti AC, dan berkontribusi terhadap penghematan energi listrik.

Dengan demikian, hasil penelitian ini mendukung hipotesis (H_1) bahwa semakin gelap warna suatu permukaan, semakin besar energi panas yang diserapnya.

Implikasi Hasil Penelitian

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa pemilihan warna permukaan dapat digunakan sebagai strategi pengendalian panas pasif (passive cooling) tanpa memerlukan energi tambahan. Penerapan warna terang pada permukaan luar bangunan berpotensi menurunkan suhu permukaan secara signifikan, yang pada akhirnya:

- Mengurangi kebutuhan energi pendinginan dalam ruangan.
- Meningkatkan efisiensi termal bangunan.
- Menyumbang pada upaya mitigasi urban heat island di kawasan perkotaan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

2. Warna permukaan berpengaruh signifikan terhadap penyerapan kalor. Dari hasil eksperimen diperoleh bahwa pelat logam berwarna hitam mengalami kenaikan suhu tertinggi sebesar $34,5^{\circ}\text{C}$, diikuti oleh hijau $23,9^{\circ}\text{C}$, dan putih $15,0^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit penyinaran. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin gelap warna permukaan, semakin besar energi panas yang diserap dari radiasi matahari.
3. Perbedaan penyerapan kalor disebabkan oleh sifat optik permukaan material. Permukaan berwarna gelap memiliki nilai absorptivitas tinggi dan reflektansi rendah, sedangkan warna terang menunjukkan sifat sebaliknya. Akibatnya, permukaan hitam menyerap hampir seluruh energi radiasi yang diterimanya, sementara permukaan putih lebih banyak memantulkan energi tersebut.
4. Hasil penelitian mendukung teori radiasi termal dan konsep albedo. Berdasarkan hukum Stefan–Boltzmann, energi radiasi yang tidak dipantulkan akan diserap oleh permukaan dan dikonversi menjadi energi panas internal. Oleh karena itu, permukaan dengan nilai albedo rendah, seperti warna gelap, akan mengalami peningkatan suhu yang lebih tinggi dibandingkan warna terang.
5. Implikasi terhadap efisiensi energi dan desain bangunan. Penggunaan warna terang pada bagian luar bangunan, seperti dinding dan atap, dapat menurunkan suhu permukaan secara signifikan. Hal ini berpotensi mengurangi beban pendinginan ruangan, menekan konsumsi energi listrik, dan mendukung penerapan konsep green building di wilayah beriklim panas.
6. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa pemilihan warna permukaan merupakan aspek penting dalam perancangan bangunan yang efisien secara energi dan ramah lingkungan.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, beberapa rekomendasi dapat diajukan untuk pengembangan penelitian maupun penerapan praktis di lapangan:

1. **Perluasan Variasi Material dan Warna.**

Penelitian berikutnya sebaiknya melibatkan lebih banyak jenis material, seperti beton, genteng, dan baja ringan, serta variasi warna yang lebih beragam agar hasilnya lebih representatif terhadap kondisi bangunan nyata.

2. **Penggunaan Instrumen Pengukuran yang Lebih Akurat.**

Pemanfaatan alat seperti *infrared thermal camera* atau *data logger suhu otomatis* dapat meningkatkan ketelitian dan kontinuitas data, khususnya untuk analisis distribusi panas pada area permukaan yang lebih luas.

3. Integrasi dengan Desain Bangunan Hijau (Green Building).

Penerapan warna terang dan lapisan reflektif (*cool coating*) sebaiknya dikombinasikan dengan strategi desain pasif lainnya, seperti ventilasi silang, penggunaan vegetasi peneduh, serta pemilihan material dengan konduktivitas rendah guna meningkatkan efisiensi energi bangunan.

4. Kajian Aspek Ekonomi dan Lingkungan.

Disarankan dilakukan analisis biaya–manfaat terkait penggunaan cat reflektif atau material beralbedo tinggi, agar diketahui dampak jangka panjangnya terhadap penghematan energi dan pengurangan emisi karbon dalam konteks pembangunan berkelanjutan.

Kesimpulan Umum

Melalui hasil penelitian ini dapat ditegaskan bahwa warna permukaan merupakan faktor kunci dalam pengendalian panas pada bangunan. Pemilihan warna yang tepat tidak hanya meningkatkan kenyamanan termal, tetapi juga memberikan kontribusi nyata terhadap efisiensi energi dan keberlanjutan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Nazaruddin, N., Zulfadli, T., & Mulkan, A. (2020). *Studi kemampuan penyerapan panas pada atap rumah seng berwarna terhadap intensitas matahari dalam mengatasi global warming. International Journal of Natural Science and Engineering*, 4(3), 114–121. E-Journal Undiksha.
- Khadraoui, M. A., & Sriti, L. (2023). *The effect of cool paints and surface properties of the façade on the thermal and energy efficiency of buildings in a hot and arid climate. Journal of Materials and Engineering Structures*. Revue UMMTO.
- Liao, Q., Qiao, J., & He, L. (2025). *Experimental analysis of wall surface colour impacts on building thermal performance in winter conditions. International Journal of Low-Carbon Technologies*, 20, 745–754. OUP Academic.
- Mohamad Hata, R., Hassan, R., Arshad, F., & Idayu, H. (2024). *Effect of solar radiation to the building materials properties: A review. Scientific Research Journal*, 13(2). UiTM Journal.

- Ramadhan, R. D. A., & Ariestadi, D. (2024). *Characteristics of heat-absorbing composite layers of galvalume roof reinforced with seashell waste on temperature*. *Semesta Teknika*, 28(1). Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Chang, N., Naruse, T., Nisioka, T., Kajii, H., & Nikaidou, M. (2001). *Characterization of spectrum reflection, surface temperature, and quantity of radiation of building materials with different surface*. *Transactions of the Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan*, 26(82), 9–18. J-STAGE.
- Youngblood, N., Talagrand, C., Porter, B., Galante, C. G., Kneepkens, S., Yarmolich, D., ... Bhaskaran, H. (2019). *Broadly-tunable smart glazing using an ultra-thin phase-change material*. *arXiv preprint*.
- Simanjuntak, J. P., Abdul Aziz, M. S., Khor, C. Y., et al. (2025). *Influence of heat sink material and surface coatings on passive cooling thermal performance*. *Journal of Electronic Materials*. SpringerLink.
- Mine, H. (1959). *Studies on the relation between object color and heat absorption, Part I: General considerations*. *Japanese Journal of Hygiene*, 14(8), 960–963. J-STAGE.
- T. (2018). *Photonic thermal management of coloured objects*. *Nature Communications*, 9, 4240. PMC.
- Paminto, J., Fianti, F., & Yulianti, I. (2021). *The effect of surface color on the absorption of solar radiation*. *Physics Communication*, 5(1), 27–32. Universitas Negeri Semarang.
- Yuliani, S., & Setyaningsih, W. (2025). *The impact of thermal performance on the roof surface to energy efficiency of high-rise buildings in the tropical region*. *Arsitektura: Jurnal Ilmiah Arsitektur dan Lingkungan Binaan*, 23(1), 135–142. Universitas Sebelas Maret.
- Budhiyanto, A., & Tampubolon, A. C. (2024). *A comparative study of cool roof and green roof performance in tropical areas of Indonesia*. *Journal of Architectural Research and Design Studies*, 9(1). Universitas Islam Indonesia.
- Frumensia, S., Setiadi, I., & Putra, H. A. (2023). *Pelapis cat hitam pada penggunaan penutup atap seng sebagai perbandingan suhu dalam ruang*. *Jurnal Lingkungan Karya Arsitektur*, 3(2). Universitas Katolik Darma Cendika.
- Utomo, N. P., & Santosa, M. (2005). *Pengaruh pemilihan selubung dan arah orientasi bangunan terhadap radiasi panas matahari: Studi simulasi model bangunan*

- berlantai banyak di Jakarta.* (Tesis S2, Teknik Arsitektur, Universitas Gadjah Mada). ETD UGM.
- Ismail, N. R., Suwandono, P., & Hermawan, D. (2023). *Analisis jenis dan dimensi pasir pembentuk material mortar terhadap konduktivitas panas efektif.* *TEKNIK*, 44(3). Universitas Diponegoro.
- Podung, R. L. (2024). *Influence of thermophysical properties of window glass on indoor radiation temperature due to sunlight.* *Jurnal Ilmiah Sains*, 25(2). Universitas Sam Ratulangi.
- Utomo, N. P., & Santosa, M. (2005). *Pengaruh pemilihan selubung dan arah orientasi bangunan terhadap radiasi panas matahari.* (Tesis S2, Universitas Gadjah Mada). ETD UGM.
- Tulak, N., Kareth, Z. V., & Kwano, S. K. (2024). *Analisis suhu permukaan lahan sebagai indikator pulau panas perkotaan di wilayah Kota Jayapura.* *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(3). Universitas Diponegoro.
- Zhao, S., Hai, G., & Zhang, X. (2024). *An analysis of the influence of cool roof thermal parameters on building energy consumption based on orthogonal design.* *Buildings*, 14(1), 28. MDPI.