

## Pengaruh Cat pada Atap Galvalum untuk Mereduksi Suhu Bangunan menuju Arsitektur Ramah Lingkungan

### *The Effect of Paint on Galvalum Roofs to Reduce Building Temperature in toward Environmentally Friendly Architecture*

Sigit Ristanto<sup>1,4\*</sup>, Yunita Dwi Saputri Ome<sup>1</sup>, Ernawati Saptaningrum<sup>1</sup>, Slamet Supriyadi<sup>2,4</sup>, Bayu Arie Wibawa<sup>3,4</sup>

Pendidikan Fisika, FPMIPATI Universitas PGRI Semarang, Semarang, Indonesia<sup>1</sup>

Teknik Mesin, FTI Universitas PGRI Semarang, Semarang, Indonesia<sup>2</sup>

Arsitektur, FTI Universitas PGRI Semarang, Semarang, Indonesia<sup>3</sup>

Green Building Research Center LPPM Universitas PGRI Semarang, Semarang, Indonesia<sup>4</sup>

\*Corresponding author: [sigit.ristanto@gmail.com](mailto:sigit.ristanto@gmail.com)

#### Article history

Received: 26 Feb 2025

Accepted: 07 Mar 2025

Published: 30 Apr 2025

#### Abstract

*The issue of increasing temperature in buildings is a concern, especially in areas with high sun exposure. One factor affecting indoor temperature is the type and surface treatment of the roof. This study examines the effectiveness of paint in reducing the surface temperature of galvalume. The paint variables studied were type and colour. The experiment used an LM35 temperature sensor controlled by Arduino Uno. The roof without paint had the highest temperature increase with a gradient of 0.0276, while the roof with white B paint had the smallest gradient of 0.0086, showing its effectiveness in reducing heat absorption. The temperature difference between the upper and lower surfaces of the roof without paint is 7.6°C to 17.7°C, while with white B paint, it is only 2.6°C to 5.9°C. This indicates that reflective paint, especially white, enhances energy efficiency.*

**Keywords:** galvalum roof; heat transfer; reflective paint; thermal efficiency

#### Abstrak

Permasalahan peningkatan suhu dalam bangunan menjadi perhatian, terutama pada daerah dengan paparan sinar matahari tinggi. Salah satu faktor yang memengaruhi suhu dalam ruangan adalah jenis dan perlakuan permukaan atap. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penggunaan cat terhadap penurunan suhu permukaan galvalum. Variabel cat yang diteliti adalah jenis dan warnanya. Eksperimen menggunakan sensor suhu LM35 yang dikontrol melalui Arduino Uno. Hasilnya, atap tanpa cat mengalami peningkatan suhu paling tinggi dengan gradien 0.0276, sementara atap dengan cat B putih memiliki gradien terkecil 0.0086, menunjukkan efektivitasnya dalam mengurangi serapan panas. Perbedaan suhu antara permukaan atas dan bawah atap tanpa cat adalah 7,6°C hingga 17,7°C, sedangkan pada atap dengan cat B putih hanya 2,6°C hingga 5,9°C. Hal ini menunjukkan bahwa warna dan jenis cat memengaruhi serapan panas, di mana cat reflektif, terutama warna putih dapat meningkatkan efisiensi energi.

**Kata kunci:** atap galvalum; perpindahan panas; cat reflektif; efisiensi termal

## 1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, konsep bangunan ramah lingkungan telah menjadi salah satu pendekatan utama dalam pembangunan yang berkelanjutan. Bangunan ramah lingkungan dirancang untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan melalui efisiensi energi, pengelolaan sumber daya yang bijaksana, dan pengurangan emisi karbon (Liu dkk., 2022) (Rifkah, 2024). Salah satu aspek yang menjadi fokus dalam konsep ini adalah pengelolaan energi termal bangunan, terutama di daerah tropis yang mengalami paparan sinar matahari yang intens sepanjang tahun. United Nations Environment Programme melaporkan bahwa sektor bangunan menyumbang sekitar 36% dari total konsumsi energi global dan hampir 40% dari emisi CO<sub>2</sub> tahunan dunia, dengan sebagian besar berasal dari sistem HVAC (pemanasan, ventilasi, dan pendinginan udara) (UNEP, 2020). Oleh karena itu, pengembangan strategi untuk mengurangi kebutuhan energi, khususnya untuk pendinginan ruangan, sangat penting dalam mendukung keberlanjutan lingkungan serta meningkatkan kenyamanan bagi penghuni bangunan (Jin, 2024); (Kusuma, 2022).

Atap memiliki peran penting dalam mengontrol suhu dalam ruangan, terutama di daerah beriklim tropis dengan paparan sinar matahari tinggi (Amiroel Pribadi & Marfiana, 2022). Material dan warna atap sangat berpengaruh terhadap jumlah panas yang diserap dan diteruskan ke dalam ruangan (Kurnia dkk., 2024). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan cat reflektif dapat mengurangi peningkatan suhu dalam ruangan hingga beberapa derajat Celsius, yang berdampak pada kenyamanan termal dan efisiensi energi (Kurnia dkk., 2024). Galvalum adalah salah satu material atap yang umum digunakan karena ringan, tahan karat, dan memiliki daya tahan tinggi (Yuliani & Setyaningsih, 2018). Namun, material ini memiliki kelemahan dalam hal konduktivitas termal yang tinggi, sehingga lebih mudah menyerap dan menghantarkan panas dibandingkan dengan bahan lain seperti genting tanah liat atau beton (Hardiyanto dkk., 2016). Oleh karena itu, diperlukan strategi untuk

mengurangi penyerapan panas pada atap galvalum, salah satunya dengan aplikasi lapisan cat reflektif. Penggunaan cat dengan warna terang, terutama putih, terbukti lebih efektif dalam memantulkan radiasi matahari dibandingkan warna gelap, seperti merah atau hitam (Ilminafik dkk., 2015). Cat putih dengan kandungan reflektif tinggi dapat mengurangi suhu permukaan atap hingga 10°C dibandingkan atap tanpa cat (Wibowo, 2017). Beberapa penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa atap dengan cat berwarna terang memiliki efek yang signifikan dalam menurunkan suhu dalam ruangan (Nazaruddin dkk., 2020).

Meskipun penggunaan teknologi cat reflektif telah meluas, penelitian mengenai efektivitas berbagai jenis dan warna cat reflektif pada atap galvalum masih sangat terbatas, khususnya dalam konteks iklim tropis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penggunaan cat terhadap penurunan suhu permukaan galvalum. Hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pemilihan material atap yang lebih efisien secara termal dan mendukung desain bangunan yang hemat energi serta ramah lingkungan.

## 2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang melibatkan pengukuran suhu menggunakan sensor dan sistem kontrol berbasis Arduino. Metode penelitian ini mencakup beberapa tahapan utama, yakni, penyediaan alat dan bahan, desain eksperimen, proses pengambilan data, dan analisis data. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

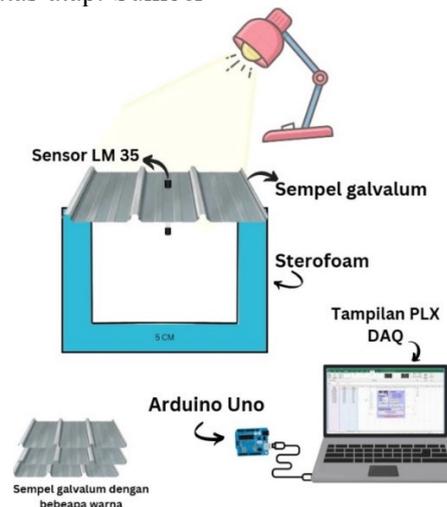
**Tabel 1.** Alat bahan dan fungsi

No	Alat dan Bahan	Fungsi
1	Sensor suhu LM35	Mengukur pada berbagai titik.
2	Arduino Uno	Sebagai pengendali utama untuk membaca data dari sensor.
3	Breadboard	Untuk menyusun rangkaian elektronik.
4	Kabel jumper	Sebagai penghubung antar komponen.
5	Galvalum	Bahan uji yang digunakan untuk analisis termal.
6	Cat	Melapisi permukaan galvalum.
7	Box uji	Sebagai tempat untuk uji coba dalam eksperimen.
8	Lampu	Sebagai sumber cahaya

No	Alat dan Bahan	Fungsi
9	Software Arduino	Digunakan untuk pemrograman dan pengolahan data dari Arduino Uno.
10	PLX-DAQ	Untuk mencatat data secara <i>real time</i> ke dalam Excel.
11	USB kabel penghubung	Untuk menghubungkan Arduino Uno ke komputer.

Eksperimen ini dilakukan menggunakan prototipe berupa *box* uji dari *styrofoam* tanpa celah, sehingga hanya cahaya dari lampu yang dapat masuk melalui bagian atas atap. Sumber

cahaya yang digunakan adalah lampu bolam 60 watt. *Box* uji memiliki ukuran standar untuk memastikan perlakuan yang sama pada setiap sempel atap galvalum. Setiap sempel diuji menggunakan sensor LM35 yang telah dikalibrasi dengan ketelitian 0,1°C. Sensor tersebut ditempatkan di atas dan di bawah permukaan atap. Adapapun desain eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Penelitian

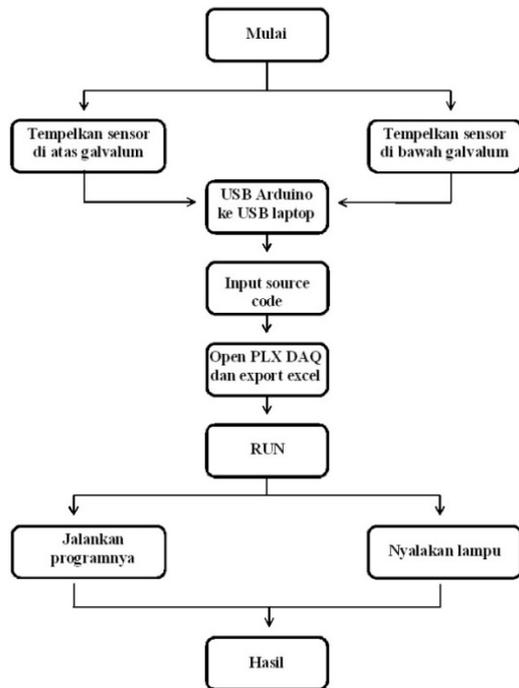
Pengambilan data dilakukan secara sistematis dengan beberapa tahapan, yaitu pembuatan sensor LM35 dengan Arduino Uno (Sensor LM35 dirancang dan dikonfigurasi menggunakan mikrokontroler Arduino Uno untuk mengukur perubahan suhu secara *real-time*. Sensor ini akan digunakan untuk mendeteksi suhu pada permukaan serta bagian bawah atap galvalum selama proses pengujian), pembuatan *box* uji (*Box* uji dibuat menggunakan *styrofoam* dengan ketebalan 5 cm dan dibentuk dalam struktur kubus yang kedap cahaya. Desain ini bertujuan untuk memastikan bahwa cahaya hanya masuk melalui bagian atas, yang berfungsi sebagai jalur masuk sumber pencahayaan), persiapan peralatan dan bahan (Sebelum pengambilan data dilakukan, beberapa peralatan dan bahan yang diperlukan harus dipersiapkan, yaitu rangkaian sensor LM35 yang telah terhubung dengan Arduino Uno, *box* uji sebagai ruang eksperimen untuk meminimalkan pengaruh faktor eksternal, sampel atap galvalum yang terdiri dari: satu lembar atap galvalum tanpa lapisan cat dan tiga lembar atap galvalum dengan lapisan cat berbeda, yaitu cat A putih,

cat B putih, dan cat B merah), dan yang terakhir ialah proses pengambilan data. Adapun langkah-langkah pengambilan data sebagai berikut:

1. Meletakkan lembaran atap galvalum di atas *box* uji.
2. Memasang sensor LM35 pada dua titik pengukuran, yaitu di atas permukaan atap galvalum dan di bawahnya (di dalam *box* uji, pada ketinggian 2 cm dari permukaan bawah atap).
3. Menghubungkan Arduino Uno ke komputer menggunakan kabel USB.
4. Membuka *software* Arduino dan mengunggah kode program yang telah disiapkan.
5. Menjalankan *software* PLX-DAQ dan menghubungkannya dengan Microsoft Excel untuk merekam data secara langsung.
6. Menyalakan lampu sebagai sumber cahaya utama, bersamaan dengan menjalankan kode program pada Arduino.
7. Mengamati dan mencatat perubahan suhu setiap detik melalui tampilan data pada Microsoft Excel.

8. Menghentikan PLX-DAQ sesuai dengan durasi waktu yang telah ditentukan.

Secara sederhana proses pengambilan data dapat dilihat dalam Gambar 2, dari proses persiapan hingga pengukuran dan mendapatkan hasil yang menjadi data penelitian.



**Gambar 2.** Proses Pengambilan Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis untuk memperoleh hasil yang lebih akurat dan representatif. Data yang diperoleh dari pengukuran suhu dikompilasi ke dalam Microsoft Excel, kemudian dikelompokkan berdasarkan jenis sampel yang diuji. Setiap data hasil pengukuran dirata-ratakan dari tiga kali percobaan guna meminimalkan kesalahan eksperimen dan meningkatkan validitas hasil.

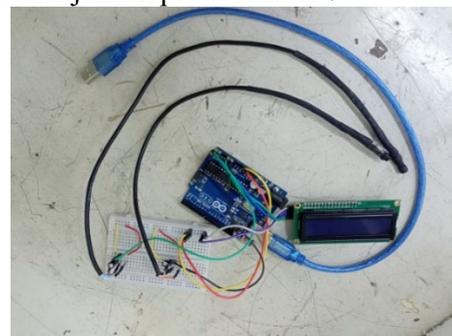
Setelah memperoleh nilai rata-rata, data tersebut digunakan untuk menyusun grafik perubahan suhu terhadap waktu. Grafik ini berfungsi untuk mengamati pola perubahan suhu serta membandingkan perbedaan suhu antar sampel dalam rentang waktu tertentu. Untuk menganalisis hubungan antara suhu dan waktu, digunakan fitur *trendline* pada Microsoft Excel. Dari berbagai pilihan model fungsi yang tersedia, dipilih pola yang paling sesuai dengan tren perubahan suhu yang diamati.

Secara teoretis, hubungan antara suhu dan waktu dalam penelitian ini diasumsikan mengikuti pola linear, sehingga dilakukan pemodelan menggunakan fungsi linear dengan persamaan  $y = mx + c$ , di mana  $m$  merupakan gradien yang menunjukkan laju perubahan suhu terhadap waktu, sedangkan  $c$  adalah konstanta. Nilai gradien ini menjadi indikator utama dalam menentukan seberapa cepat suhu mengalami perubahan pada masing-masing jenis sampel yang diuji.

Dengan metode ini, pola perubahan suhu dapat dianalisis secara lebih mendalam, sehingga memungkinkan interpretasi yang lebih akurat terhadap karakteristik termal setiap sampel atap galvalum yang digunakan dalam penelitian.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menganalisis karakteristik perpindahan panas pada atap galvalum dengan berbagai perlakuan permukaan. Alat ukur suhu yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3. Ada dua macam merek dan warna cat yang diaplikasikan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Proses pengaplikasian cat ditunjukkan pada Gambar 5. Gambar 6 menunjukkan tiga sampel prototipe rumah dengan berbagai aplikasi cat atap yang digunakan. Berikutnya proses pengambilan data ditunjukkan pada Gambar 7.



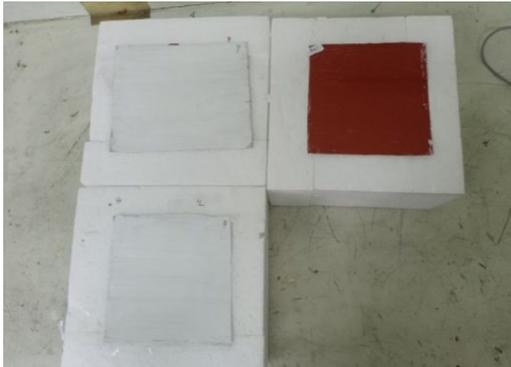
**Gambar 3.** Perancangan Alat Ukur Suhu



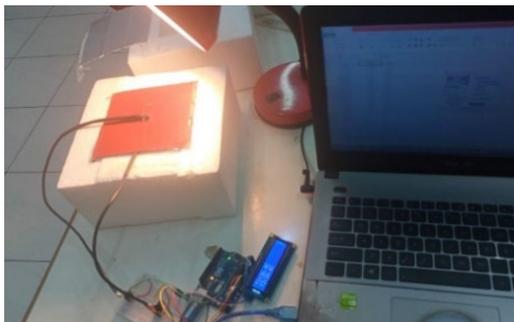
**Gambar 4.** Jenis dan Warna Cat



Gambar 5. Pengaplikasian Cat

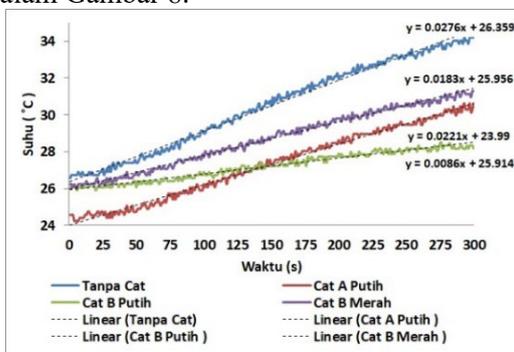


Gambar 6. Sampel



Gambar 7. Pengambilan Data

Grafik pertama yang ditinjau adalah grafik rata-rata perubahan suhu terhadap waktu pada permukaan bawah, yang menggambarkan kenaikan suhu permukaan atap seiring dengan berjalannya waktu. Data tersebut disajikan dalam Gambar 8.



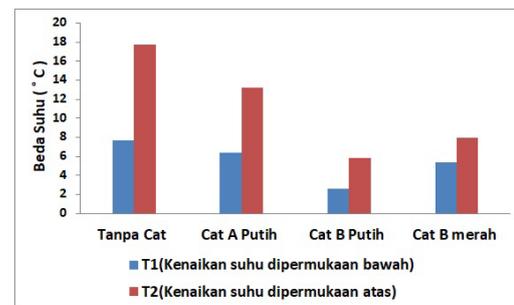
Gambar 8. Grafik Data Penelitian

Keterangan: cat A = jenis cat 1, cat B = jenis cat 2. Dari grafik yang diperoleh, terlihat bahwa atap tanpa lapisan cat mengalami peningkatan suhu tertinggi dengan gradien sebesar 0,0276. Hal ini menunjukkan bahwa atap tanpa perlindungan tambahan sangat rentan terhadap serapan panas. Sebaliknya, atap yang telah dilapisi cat B putih memiliki gradien terendah, yaitu 0,0086, yang menandakan kemampuannya dalam mengurangi serapan panas secara lebih efektif. Cat A putih dan cat B merah menunjukkan nilai gradien di antara rentang tertinggi dan terendah, yang berarti bahwa keduanya mampu mengurangi panas tetapi masih kalah efektif dibandingkan cat B putih. Tabel 2 berikut menunjukkan perbandingan nilai gradien masing-masing perlakuan.

Tabel 2. Perbandingan Nilai Gradien

Perlakuan Atap	Gradien
Tanpa Cat	0,0276
Cat A Putih	0,0221
Cat B Putih	0,0086
Cat B Merah	0,0179

Selanjutnya, ketika ditinjau kenaikan suhu selama 5 menit penyinaran lampu, data tersebut disajikan dalam Gambar 9.



Gambar 9. Data Kenaikan Suhu

Hasil ini menunjukkan bahwa atap tanpa cat memiliki perbedaan suhu tertinggi, dengan T1 = 7,6°C dan T2 = 17,7°C, yang menandakan bahwa lebih banyak panas yang menembus ke dalam ruangan. Sebaliknya, atap yang dilapisi cat B putih memiliki perbedaan suhu paling kecil, dengan T1 = 2,6°C dan T2 = 5,9°C, yang menunjukkan efektivitasnya dalam mengurangi perpindahan panas. Sementara itu, cat B merah memiliki perbedaan suhu yang lebih besar

dibandingkan cat putih, tetapi masih lebih kecil dibandingkan atap tanpa cat.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan permukaan pada atap galvalum memiliki dampak signifikan terhadap perpindahan panas. Atap tanpa cat mengalami peningkatan suhu yang lebih tinggi serta perbedaan suhu yang lebih besar antara permukaan atas dan bawahnya. Hal ini menandakan bahwa material tersebut menyerap dan mentransfer lebih banyak panas ke dalam ruangan, sehingga meningkatkan suhu ruang dalam sebuah bangunan. Fenomena ini disebabkan oleh konduktivitas termal galvalum yang tinggi, yang memungkinkan panas berpindah dengan cepat dari permukaan luar ke bagian dalam. Sebaliknya, penerapan lapisan cat pada atap galvalum terbukti mampu mengurangi serapan panas, terutama pada cat berwarna putih. Cat putih memiliki sifat reflektif yang lebih tinggi dibandingkan warna lain, sehingga mampu memantulkan sebagian besar radiasi matahari dan mencegah peningkatan suhu yang berlebihan pada permukaan atap. Penelitian oleh Wibowo (2017) menunjukkan bahwa pemberian lapisan cat mampu membuat suhu permukaan atap lebih rendah dibandingkan dengan permukaan atap tanpa lapisan cat, dengan perbedaan suhu rata-rata berkisar 5-10°C pada permukaan luar atap, dan 5-7°C pada bagian dalam ruangan (Wibowo, 2017). Penelitian lain oleh Hardiyanto dkk. (2016) menemukan bahwa penggunaan pelapis pemantul panas dengan senyawa TiO<sub>2</sub> efektif dalam menurunkan suhu permukaan atap, yang berdampak pada penurunan suhu ruangan di bawahnya (Hardiyanto dkk., 2016). Variasi bahan dan warna atap bangunan berpengaruh signifikan terhadap penurunan temperatur ruangan akibat pemanasan global (Puspitaningtyas dkk., 2009).

Penelitian oleh Purnama dkk. menambahkan bahwa analisis kenyamanan termal pada bangunan perkantoran menunjukkan pentingnya pemilihan material atap yang tepat untuk mengurangi suhu dalam ruangan (Purnama dkk., 2016). Selain itu, penelitian lain mengungkapkan bahwa bahan pelapis cat atap berpengaruh terhadap suhu dalam ruang pada bangunan (Nazaruddin dkk., 2020). Studi lain

oleh Wibowo menunjukkan bahwa pemberian lapisan cat pada bahan penutup atap seng dan genting dapat menurunkan suhu permukaan atap, yang pada gilirannya menurunkan suhu dalam ruangan (Wibowo, 2017). Penelitian oleh Kurnia dkk. (2024) juga menemukan bahwa penggunaan cat reflektif surya pada atap bangunan dapat menurunkan suhu ruangan sekitar 2°C, meningkatkan kenyamanan termal bagi pengguna ruangan (Kurnia dkk., 2024) (Ananta dkk., 2025). Studi oleh Sari dkk. (2024) juga menemukan bahwa penggunaan cat reflektif surya pada atap bangunan dapat menurunkan suhu ruangan sekitar 2°C, yang berdampak pada peningkatan kenyamanan termal bagi pengguna ruangan (Kurnia dkk., 2024). Secara keseluruhan, penerapan cat reflektif pada atap galvalum dapat menjadi solusi efektif dalam mengurangi perpindahan panas ke dalam bangunan, meningkatkan efisiensi energi, dan meningkatkan kenyamanan termal bagi penghuni.

#### **4. KESIMPULAN**

Penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan permukaan atap galvalum berpengaruh signifikan terhadap perpindahan panas. Atap tanpa cat memiliki peningkatan suhu tertinggi (gradien 0,0276) dan perbedaan suhu terbesar (7,6°C – 17,7°C), menandakan panas lebih mudah masuk ke dalam ruangan. Sebaliknya, atap dengan cat B putih memiliki gradien terkecil (0,0086) dan perbedaan suhu terendah (2,6°C – 5,9°C), membuktikan efektivitasnya dalam mengurangi serapan panas. Hasil ini menunjukkan bahwa cat reflektif berwarna terang, terutama putih, sangat efektif dalam menekan kenaikan suhu atap galvalum, sehingga meningkatkan kenyamanan termal dan mengurangi konsumsi energi. Oleh karena itu, penggunaan cat reflektif direkomendasikan sebagai solusi praktis untuk bangunan di daerah tropis.

#### **KONTRIBUSI PENULIS**

Penulis pertama melakukan persiapan, pembuatan alat dan bahan, pengambilan data, serta pengolahan data. Penulis kedua membuat desain penelitian terkait konsep perpindahan panas. Penulis ketiga membuat desain untuk alat ukur suhu. Penulis keempat membuat desain penelitian terkait penghawaan udara.

Penulis kelima melakukan perancangan penelitian, pengambilan data, dan analisis data.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada LPPM Universitas PGRI Semarang yang telah memberikan dukungan pendanaan. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada pengelola Laboratorium Pengembangan Pendidikan Fisika Universitas PGRI Semarang yang telah memberikan fasilitas tempat dan peralatan dalam pelaksanaan penelitian ini.

#### REFERENSI

- Amiroel Pribadi, M., & Marfiana, P. (2022). Pembangunan Green Building dalam Upaya Mitigasi Global Warming Pada Kualitas Kesehatan Lingkungan Kerja. *Gema Wiralodra*, 13(2), 381–397. <https://doi.org/10.31943/gemawiralodra.v13i2.264>
- Ananta, R. R., Rayya, M., & Rehardiyani, I. (2025). Analisis Dampak Fenomena Peningkatan Urban Heat Island Kota Semarang Tahun 2024. *Aliansi: Jurnal Hukum, Pendidikan, dan Sosial Humaniora*, 2(1), 144–157. <https://doi.org/10.62383/aliansi.v2i1.676>
- Hardiyanto, S., Aji, M. P., & Yulianto, A. (2016). Pelapis Pemantul Panas Menggunakan Senyawa TiO<sub>2</sub>. *Unnes Physics Journal*, 5(2), 27–31. <http://journal.unnes.ac.id/sju/upj/article/view/21905/10406>
- Jin, O. F. (2024). Evaluasi Siklus Hidup Bangunan Ramah Lingkungan dalam Mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan. *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 14(2), 401–412. <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v14i2.1121>
- Kurnia, S., Febrina, S. E., Setiati, T. W., Wahyu, M. B., Pratama. (2024). Penggunaan Cat Reflektif Surya pada Atap Bangunan untuk Menurunkan Suhu Ruang pada Bangunan Sekolah. *Elektriase: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro*, 14(02), 227–233. <https://doi.org/10.47709/elektriase.v14i02.4847>
- Kusuma, A. (2022). Penerapan Konsep Bangunan Gedung Hijau Studi Kasus: Bangunan Gedung Masjid Istiqlal, Jakarta. *Jurnal IsmeTek*, 13(01), 24–30, ISSN: 2406-9841. [www.greenbuilding.jakarta.go.id](http://www.greenbuilding.jakarta.go.id)
- Liu, T., Chen, L., Yang, M., Sandanayake, M., Miao, P., Shi, Y., & Yap, P. S. (2022). Sustainability Considerations of Green Buildings: A Detailed Overview on Current Advancements and Future Considerations. *Sustainability (Switzerland)*, 14(21), 1–23. <https://doi.org/10.3390/su142114393>
- Ilminafik, N., dkk. (2015). Variasi Bahan dan Warna Atap Bangunan untuk Menurunkan Temperatur Ruangan Akibat Pemanasan Global. *Jurnal Arsitektur Dan Perencanaan*, 8(2), 78–89.
- 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. <https://doi.org/10.23887/ijnse.v4i3.30065>
- Purnama, D. E., Nugroho, A. M., & Yatnawijaya, B. (2016). Identifikasi Pengaruh Material Bangunan Terhadap Kenyamanan Termal (Studi kasus bangunan dengan Material Bambu dan bata merah di Mojokerto). *Jurnal Mahasiswa Jurusan Arsitektur*, 4(1), 1–8. <http://arsitektur.studentjournal.ub.ac.id>
- Puspitaningtyas, C., Rahman, A. T., & Daffa, W. (2009). Penerapan Cat Reflektif Surya Sebagai Material Ramah Lingkungan. 6472.
- Rifkah. (2024). Penggunaan Material Ramah Lingkungan Pada Bangunan Hijau: Perumahan Taman Anggrek. *Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil*, 09(02), 122–127.
- UNEP. (2020). Towards a Zero-Emissions, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. *Global Status Report for Buildings and Construction 2020*, 9–10. <https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020>
- Wibowo, A. P. (2017). Pengaruh Pemberian Lapisan Cat Pada Bahan Penutup Atap Seng Dan Genting. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 11, November*, MTR 123–129.

Yuliani, S., & Setyaningsih, W. (2018). The Impact of Thermal Performance on The Roof Surface to Energy Efficient of High-Rise Building in The Tropical Region. *Arsitektura*, 16(1), 129. <https://doi.org/10.20961/arst.v16i1.20748>