

KINERJA CAT REFLEKTIF SURYA PADA ATAP MASJID TERHADAP KENYAMANAN TERMAL

**Nur Mutmainnah¹, Rahmayanti², Abdi Gunawan³, Niniek Pratiwi⁴, Syafriyani⁵*

Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

nur_mutmainnah@ung.ac.id

Abstrak: Kinerja Cat Reflektif Surya pada Atap Masjid terhadap Kenyamanan Termal.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja cat reflektif surya BeCool pada selubung atap Masjid Baburrahmah di Kota Gorontalo terhadap kenyamanan termal ruang dalam. Penelitian menggunakan metode eksperimental kuantitatif berdasarkan teori termal bangunan dan standar kenyamanan termal SNI 03-6572-2001. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran lapangan menggunakan Elitech GSP-6, Elitech RC-4, dan Digital Anemometer PM6252A selama tiga hari sebelum dan tiga hari setelah pengecatan atap. Variabel yang diukur mencakup suhu permukaan atap, suhu udara ruang luar, suhu udara ruang dalam, kelembaban relatif, dan kecepatan angin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaplikasian cat BeCool (SRI 106) pada atap seng mampu menurunkan rata-rata suhu permukaan atap sebesar 1,3°C, suhu udara ruang luar sebesar 1,4°C, dan suhu udara ruang dalam sebesar 0,8°C. Meskipun terjadi penurunan suhu yang konsisten, rata-rata suhu ruang dalam sesudah pengecatan sebesar 29,3°C masih melampaui batas zona nyaman optimal SNI 03-6572-2001. Penelitian ini menyimpulkan bahwa cat reflektif surya terbukti berpengaruh positif terhadap kondisi termal bangunan masjid, namun perlu dikombinasikan dengan strategi pasif lainnya seperti optimasi ventilasi alami dan peneduhan fasad untuk mencapai kenyamanan termal yang optimal di iklim tropis.

Kata kunci: Atap Reflektif Surya; Becool; Kenyamanan Termal; Masjid; Iklim Tropis

Abstract: Performance of Solar Reflective Paint on Mosque Roofs towards Thermal Comfort.

This study aims to analyze the performance of BeCool solar reflective paint applied to the roof envelope of Baburrahmah Mosque in Gorontalo City on indoor thermal comfort. The research employed an experimental quantitative method grounded in building thermal theory and the SNI 03-6572-2001 thermal comfort standard. Data were collected through field measurements using the Elitech GSP-6, Elitech RC-4, and Digital Anemometer PM6252A over three consecutive days before and after the application of solar reflective paint. Measured variables included roof surface temperature, outdoor air temperature, indoor air temperature, relative humidity, and wind speed. Results indicate that applying BeCool (SRI 106) to the zinc roof reduced the average roof surface temperature by 1.3°C, outdoor air temperature by 1.4°C, and indoor air temperature by 0.8°C. Despite consistent temperature reductions, the post-application average indoor temperature of 29.3°C still exceeded the optimal comfort zone limit of SNI 03-6572-2001. This study concludes that solar reflective paint positively affects the thermal conditions of mosque buildings, but must be combined with other passive strategies such as natural ventilation optimization and facade shading to achieve optimal thermal comfort in tropical climates.

Keywords: Solar Reflective Roof; Becool; Thermal Comfort; Mosque; Tropical Climate

History & License of Article Publication:

Received: 05/06/2026 **Revision:** 08/06/2026 **Published:** 08/06/2026

DOI: <https://doi.org/10.37971/radial.vXXiXX.XXX>



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Kondisi iklim tropis di Indonesia, khususnya di Kota Gorontalo, ditandai dengan intensitas radiasi matahari yang tinggi dan relatif konstan sepanjang tahun. Selubung atap bangunan menjadi komponen yang paling rentan terhadap perolehan panas karena menghadap langsung ke arah datangnya radiasi matahari. Beban panas yang diterima melalui selubung atap diperkirakan mencapai 80% dari total beban panas bangunan (Lapisa et al., 2019)

Masjid merupakan bangunan publik yang memiliki intensitas penggunaan tinggi sehingga kenyamanan termal di dalamnya menjadi faktor esensial yang mendukung kualitas aktivitas penghuni. Kajian pada berbagai masjid di iklim tropis menunjukkan bahwa kondisi termal dalam ruang ibadah umumnya berada di atas zona nyaman akibat desain yang kurang responsif terhadap iklim (Mohammad Yusoff, 2021; Novita et al., 2023). Masjid-masjid di Kota Gorontalo umumnya menggunakan model atap tumpang dengan material seng dan kubah berbahan stainless atau beton, yang keduanya memiliki konduktivitas termal tinggi sehingga cepat menyerap dan menghantarkan panas.

Kenyamanan termal didefinisikan oleh ASHRAE Standard 55 sebagai kondisi pikiran yang mengekspresikan kepuasan terhadap lingkungan termal (ASHRAE, 2017). Standar kenyamanan termal di Indonesia yang ditetapkan melalui SNI 03-6572-2001 mengklasifikasikan zona nyaman dengan temperatur efektif (TE) sebesar 20,5°C–22,8°C untuk kondisi sejuk-nyaman dan 22,8°C–25,8°C untuk kondisi nyaman optimal, dengan batas maksimal 27,1°C. Attaufiq (2015) dalam penelitiannya terhadap rumah adat Bantayo Poboide di Gorontalo menemukan suhu udara dalam ruang mencapai 30–34°C, jauh melampaui zona nyaman tersebut, yang menunjukkan besarnya tantangan kenyamanan termal pada bangunan beriklim tropis lembab di Gorontalo.

Salah satu strategi pasif yang telah dikembangkan secara intensif untuk mereduksi beban panas melalui atap adalah penggunaan material atau pelapis dengan nilai reflektansi surya tinggi, yang lazim disebut sebagai *cool roof* atau atap reflektif surya. Reflektansi surya adalah kemampuan material dalam memantulkan radiasi gelombang pendek dari matahari, sehingga energi panas yang terserap oleh material atap dapat diminimalkan (Pisello, 2017). Santamouris (2014) menegaskan bahwa *cool roof* dapat menurunkan suhu permukaan atap secara signifikan yang pada gilirannya mengurangi beban pendinginan ruangan. Kajian lebih lanjut menunjukkan bahwa peningkatan nilai solar reflectance atap mampu menurunkan beban pendinginan sebesar 18–93% serta mengurangi jam ketidaknyamanan termal hingga 100% pada bangunan tanpa pendingin udara di berbagai kondisi iklim (Synnefa et al., 2007). Di kawasan tropis, strategi ini juga terbukti efektif memitigasi efek urban heat island yang memperburuk kondisi termal lingkungan sekitar bangunan (Yang et al., 2018). Pisello (2017) dalam kajian komprehensifnya mencatat bahwa lebih dari 260 publikasi selama sekitar satu dekade menunjukkan berbagai keuntungan dari strategi pendinginan pasif menggunakan cool coating. Siola & Apriyanto (2022) dalam evaluasi kenyamanan termal pada kantin kampus di Gorontalo juga mengkonfirmasi pentingnya kombinasi variabel termal yang tepat untuk menciptakan kenyamanan di ruang-ruang publik beriklim tropis. Namun demikian, penelitian tentang

kinerja cat reflektif surya pada bangunan ibadah di Indonesia, khususnya masjid dengan material atap seng di kawasan perkotaan tropis, masih sangat terbatas.

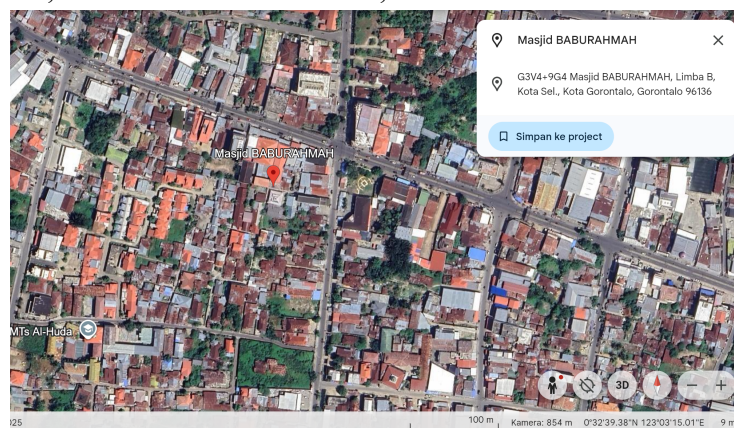
Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis kondisi kenyamanan termal ruang Masjid Baburrahmah sebelum dan sesudah pengecatan atap reflektif surya BeCool; dan (2) mengevaluasi kinerja cat reflektif surya BeCool terhadap kenyamanan termal ruang dalam bangunan masjid di Kota Gorontalo. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan rekomendasi teknis bagi perancangan dan renovasi bangunan ibadah yang lebih responsif terhadap iklim tropis.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental kuantitatif dengan pendekatan komparatif, yaitu membandingkan kondisi termal bangunan sebelum dan sesudah intervensi pengecatan atap reflektif surya. Landasan teori yang digunakan adalah teori termal bangunan dan standar kenyamanan termal SNI 03-6572-2001 serta ASHRAE Standard 55-2017.

Objek Penelitian

Objek penelitian adalah Masjid Baburrahmah yang berlokasi di Jalan Diponegoro, Kelurahan Limba B, Kecamatan Kota Selatan, Kota Gorontalo.



Gambar 1. Lokasi Masjid Baburrahmah



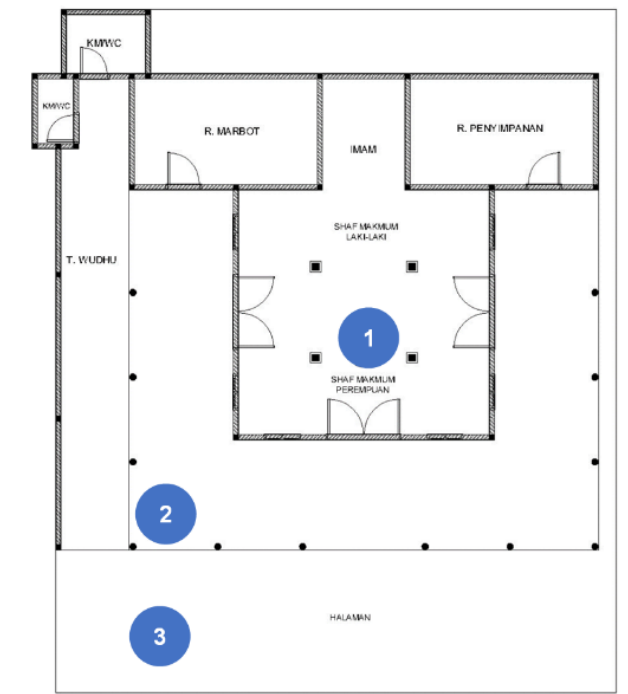
Gambar 2. Bangunan Mesjid Baburrahmah

Masjid tersebut terletak di kawasan padat penduduk yang berbatasan dengan jalan lingkungan di sisi utara, rumah warga di sisi selatan dan timur, serta Sekolah Dasar di sisi

barat. Kondisi lingkungan sekitar yang minim vegetasi berkontribusi pada tingginya beban radiasi matahari yang diterima bangunan.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui survei dan pengukuran lapangan secara langsung.



Gambar 3. Perletakan Alat Ukur

Pengukuran lingkungan termal dilaksanakan pada tiga titik pengukuran yang telah ditentukan, yaitu: (1) ruang dalam masjid, (2) permukaan atap masjid dan (3) ruang luar (halaman masjid). Alat ukur ruang dalam dan ruang masjid (kecuali permukaan atap) ditempatkan pada ketinggian 1 meter di atas permukaan lantai dalam posisi vertikal.

Instrumen pengukuran yang digunakan meliputi tiga jenis alat, yaitu: (1) Elitech GSP-6 untuk mengukur suhu dan kelembaban udara pada area ruang luar masjid (ditunjukkan pada titik 3 pada gambar 3); (2) Elitech RC-4 sebanyak dua unit yang ditempatkan pada ruang dalam masjid dan bagian permukaan atap masjid (ditunjukkan pada titik 1 dan 2 pada gambar 3, serta (3) Digital Anemometer PM6252A sebanyak dua unit yang masing-masing ditempatkan di ruang dalam dan ruang luar masjid (ditunjukkan pada titik 1 dan titik 3 pada gambar 3) untuk mengukur kecepatan angin. Variabel termal yang diukur mencakup suhu udara (T) dan kecepatan angin (V).

Prosedur Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam dua tahap pengukuran, antara lain: 1). Tahap pertama adalah pengukuran kondisi termal sebelum pengecatan yang dilakukan selama tiga hari berturut-turut, yaitu pada tanggal 29–31 Desember 2022 dan 2). Tahap kedua adalah pengukuran kondisi termal setelah pengecatan yang dilaksanakan selama tiga hari berturut-turut, yaitu pada tanggal 12–14 Januari 2023.

Pada kedua tahap pengukuran, perangkat pengukuran aktif selama 10–11 jam berturut-turut, dimulai pada pukul 07.00 hingga 18.00 WITA, dengan interval pencatatan data setiap 30 menit.

Intervensi yang diberikan berupa pengecatan permukaan atap seng masjid (tidak termasuk kubah masjid berbahan stainless steel) menggunakan cat reflektif surya *BeCool* produksi PT. Diwangkara Wihaya Nusantara (Driya). Cat *BeCool* merupakan cat pelapis atap untuk semua jenis material dengan spesifikasi Solar Reflectance Index (SRI) sebesar 106, solar reflectance 0,40, thermal emittance 0,90, dan berwarna dasar putih. Spesifikasi ini menempatkan cat *BeCool* dalam kategori *cool roof* berdasarkan kriteria internasional (Dornelles, 2021) di mana cat atap berwarna putih dengan reflektansi surya tinggi dikategorikan sebagai *cool roof* yang efektif untuk meningkatkan kenyamanan termal bangunan di iklim panas. Selanjutnya, nilai rata-rata kondisi termal dianalisis komparatif menggunakan tabel ringkasan dan disesuaikan dengan standar kenyamanan termal SNI 03-6572-2001.

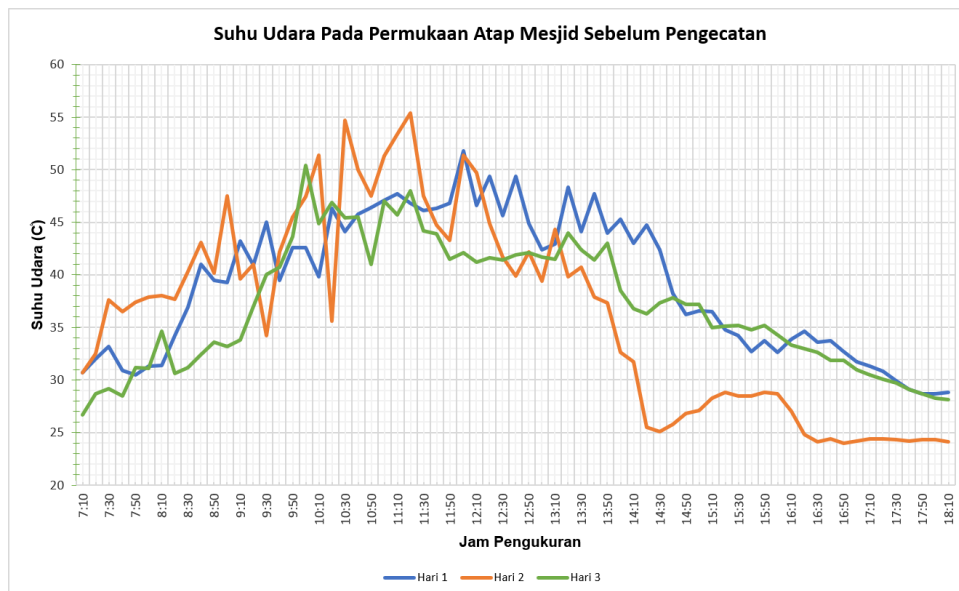
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Masjid Baburrahmah menggunakan model atap tumpang dengan material seng pada atap utamanya dan material stainless pada bagian kubah. Material seng memiliki nilai konduktivitas termal yang relatif tinggi, sehingga panas yang diterima dari radiasi matahari akan segera dihantarkan ke dalam ruangan di bawah atap. Karakteristik material ini menjadi salah satu faktor yang berkontribusi terhadap tingginya beban panas pada ruang dalam masjid.

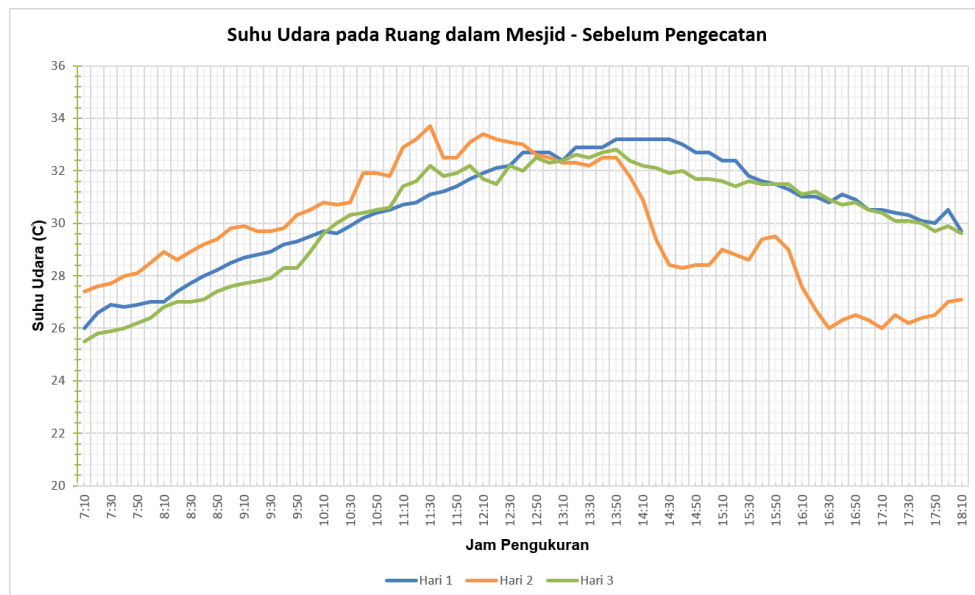
1. Hasil Pengukuran Termal Sebelum Pengecatan Atap Reflektif *BeCool*

Pengukuran termal sebelum pengecatan dilakukan selama tiga hari, yaitu pada tanggal 29–31 Desember 2022.



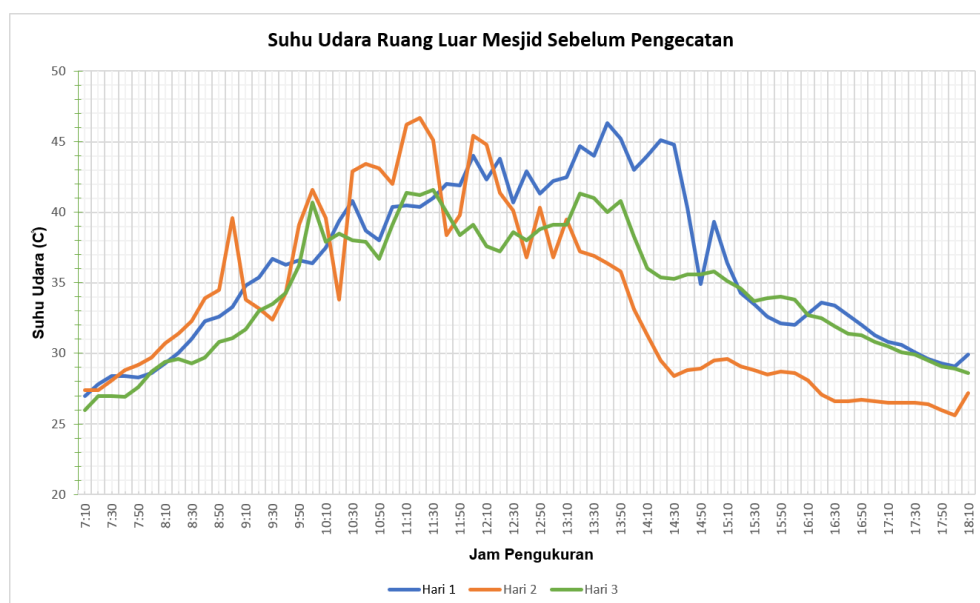
Gambar 4. Grafik Pengukuran suhu udara pada permukaan atap masjid sebelum pengecatan.

Suhu permukaan atap tertinggi yang terukur mencapai $55,4^{\circ}\text{C}$ sedangkan untuk temperatur permukaan atap masjid terendah selama tiga hari pengukuran adalah 24°C , dengan rata-rata suhu permukaan atap selama tiga hari pengukuran sebesar $37,5^{\circ}\text{C}$.



Gambar 5. Grafik Pengukuran suhu udara pada ruang dalam masjid sebelum pengecatan.

Suhu udara ruang dalam masjid tertinggi mencapai $33,7^{\circ}\text{C}$, dengan rata-rata suhu udara ruang dalam sebesar $30,1^{\circ}\text{C}$. Rata-rata kecepatan angin ruang dalam hanya sebesar $0,032\text{ m/s}$, sangat rendah akibat kondisi jendela masjid yang sebagian besar dikunci demi alasan keamanan. Kondisi penghawaan alami yang terbatas ini menyebabkan ruang dalam masjid mengandalkan kipas angin mekanis yang hanya dioperasikan pada waktu shalat. Berdasarkan SNI 03-6572-2001, rata-rata suhu ruang dalam sebesar $30,1^{\circ}\text{C}$ mengindikasikan kondisi termal yang tidak nyaman, jauh melampaui batas nyaman optimal pada rentang $22,8^{\circ}\text{C}$ – $25,8^{\circ}\text{C}$.

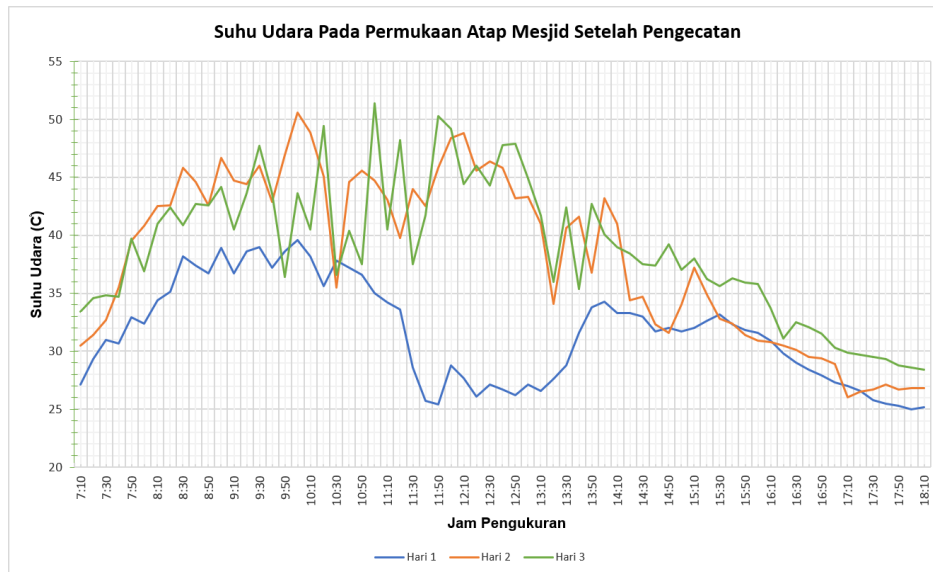


Gambar 6. Grafik Pengukuran suhu udara pada ruang luar masjid sebelum pengecatan.

Sedangkan suhu udara ruang luar mesjid maksimal mencapai $46,7^{\circ}\text{C}$ pada pukul 11:20 WITA, sementara rata-rata suhu udara ruang luar tercatat sebesar $34,7^{\circ}\text{C}$ rata-rata kecepatan angin ruang luar masjid adalah $0,53\text{ m/s}$. Tingginya suhu ruang luar dipengaruhi oleh posisi masjid yang berada di kawasan padat perkotaan dengan minimnya tutupan vegetasi peneduh di sekitar bangunan, sehingga radiasi matahari langsung mengarah ke permukaan atap dan halaman masjid.

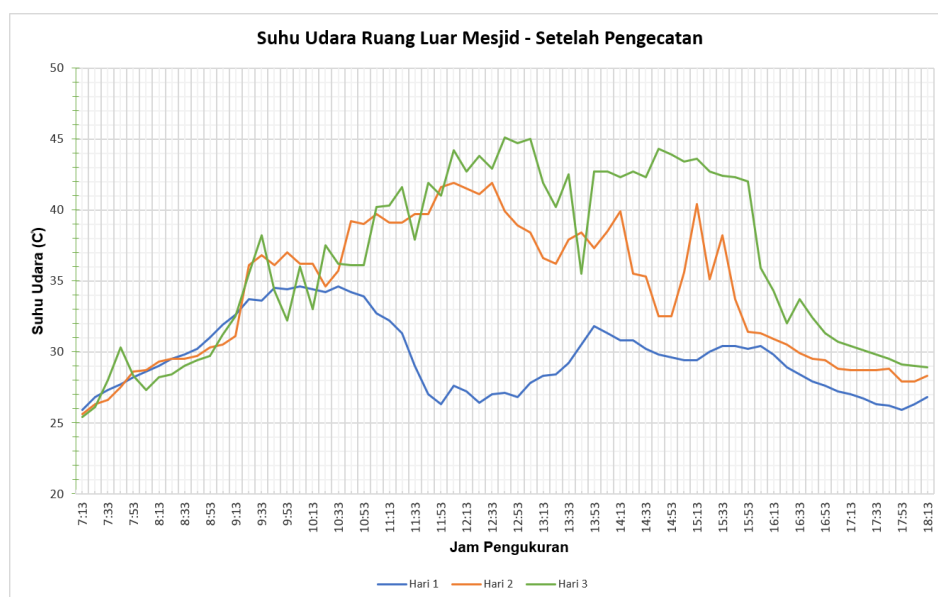
2. Hasil Pengukuran Termal Setelah Pengecatan Atap Reflektif *BeCool*

Pengukuran lingkungan termal setelah pengecatan dilakukan pada tanggal 12–14 Januari 2023.



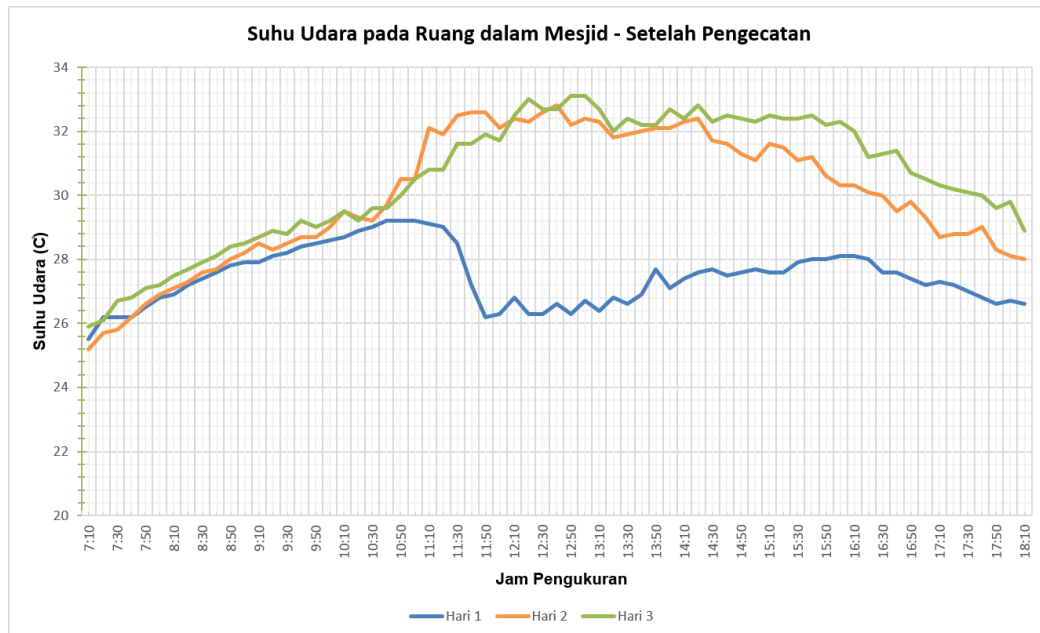
Gambar 7. Grafik Pengukuran suhu udara pada permukaan atap mesjid setelah pengecatan.

Suhu permukaan atap tertinggi yang terukur mencapai $51,4^{\circ}\text{C}$, dengan rata-rata suhu permukaan atap sebesar $36,2^{\circ}\text{C}$. Sementara itu, suhu udara ruang luar maksimal mencapai $45,1^{\circ}\text{C}$, dengan rata-rata sebesar $33,3^{\circ}\text{C}$ (dapat dilihat pada gambar 8.)



Gambar 8. Grafik Pengukuran suhu udara pada ruang luar mesjid setelah pengecatan.

Sedangkan suhu pada ruang dalam mesjid tertinggi tercatat sebesar 33,1°C, dengan rata-rata 29,3°C dengan rata-rata kecepatan angin ruang dalam tercatat sebesar 0,02 m/s (dapat dilihat pada gambar 9.) Perlu dicatat bahwa kondisi cuaca pada hari ketiga pengukuran pasca-pengecatan ditandai dengan hujan pada siang hingga sore hari, yang secara parsial mempengaruhi nilai suhu dan kelembaban yang terukur.



Gambar 9. Grafik Pengukuran suhu udara pada ruang dalam mesjid setelah pengecatan.

Pembahasan Hasil Penelitian

Tabel 1. Perbandingan Rata-rata Kondisi Termal Sebelum dan Sesudah Pengecatan

Parameter	Sebelum	Sesudah
$\bar{T}$ Permukaan Atap (°C)	37,5	36,2
$\bar{T}$ Ruang Luar (°C)	34,7	33,3
$\bar{T}$ Ruang Dalam (°C)	30,1	29,3
$\bar{V}$ Angin Luar (m/s)	0,53	0,41
$\bar{V}$ Angin Dalam (m/s)	0,032	0,020

Sumber: Hasil Pengukuran Lapangan, (Analisis Penulis)

Berdasarkan data komparatif yang disajikan pada Tabel 1, terdapat penurunan yang konsisten pada semua parameter suhu setelah pengaplikasian cat reflektif surya *BeCool*. Penurunan rata-rata suhu permukaan atap sebesar 1,3°C (dari 37,5°C menjadi 36,2°C) menunjukkan bahwa cat reflektif surya bekerja efektif dalam memantulkan sebagian radiasi matahari yang diterima permukaan atap seng. Hal ini selaras dengan mekanisme kerja *cool roof* yang dijelaskan oleh Pisello (2017; Synnefa et al., (2007) di mana material dengan reflektansi surya tinggi mampu mengurangi penyerapan energi radiasi matahari oleh permukaan atap secara signifikan.

Kinerja Cat Reflektif Surya Pada Atap Masjid Terhadap Kenyamanan Termal (Mutmainnah)

<https://radial.e-journal.unbitago.ac.id/radial/index>

Penurunan suhu permukaan atap selanjutnya berkontribusi pada penurunan suhu udara ruang luar sebesar $1,4^{\circ}\text{C}$ (dari $34,7^{\circ}\text{C}$ menjadi $33,3^{\circ}\text{C}$), dan suhu udara ruang dalam sebesar $0,8^{\circ}\text{C}$ (dari $30,1^{\circ}\text{C}$ menjadi $29,3^{\circ}\text{C}$). Pola penurunan yang berjenjang dari permukaan atap ke ruang luar dan ke ruang dalam mengkonfirmasi adanya rantai pengaruh termal yang ditimbulkan oleh aplikasi cat *reflektif* surya. Temuan ini mendukung hasil penelitian (Santamouris, 2014) yang menyatakan bahwa *cool roof* dapat menurunkan suhu permukaan atap hingga beberapa derajat Celcius, yang pada gilirannya mengurangi beban pendinginan ruangan. Meskipun demikian, besaran penurunan suhu yang diperoleh dalam penelitian ini relatif lebih kecil dibandingkan dengan beberapa penelitian pada konteks berbeda. Lapisa et al. (2019) dalam kajian komprehensinya tentang *cool roof* sebagai strategi penghematan energi pasif melaporkan potensi penurunan suhu permukaan atap yang lebih besar pada kondisi paparan radiasi matahari puncak, bergantung pada nilai solar *reflectance* material yang digunakan. Perbedaan ini dapat dijelaskan oleh: (1) kondisi cuaca yang tidak sepenuhnya identik antara periode sebelum dan sesudah pengecatan; (2) keterbatasan penghawaan alami ruang dalam akibat jendela yang terkunci; dan (3) pengaruh panas antropogenik dari kawasan padat penduduk di sekitar masjid. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Attaufiq (2015) yang menunjukkan bahwa kondisi termal bangunan pada iklim tropis lembab sangat dipengaruhi oleh pergerakan udara dan ventilasi ruang. Selain itu, lokasi masjid yang berada pada kawasan padat penduduk dengan tutupan vegetasi yang terbatas berpotensi meningkatkan suhu lingkungan melalui akumulasi panas permukaan dan aktivitas perkotaan. Kondisi ini sejalan dengan hasil penelitian Gani Koto (2016) yang menunjukkan bahwa kawasan terbangun di Kota Gorontalo memiliki suhu permukaan yang lebih tinggi dibandingkan wilayah dengan tutupan vegetasi yang lebih baik, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan beban panas lingkungan di sekitar bangunan. Pengaruh *urban heat island* ini juga dikonfirmasi oleh Yang et al. (2018) yang menemukan bahwa efek urban heat island di kawasan tropis padat dapat memperlemah kinerja *cool roof* karena meningkatkan suhu udara ambien secara keseluruhan. Di sisi lain Synnefa et al. (2007) mencatat bahwa efektivitas *cool coating* lebih optimal pada bangunan dengan insulasi yang baik dan sistem ventilasi yang memadai, sehingga keterbatasan ventilasi alami pada Masjid Baburrahmah merupakan faktor yang turut membatasi besaran penurunan suhu yang dapat dicapai. Secara khusus, rata-rata kecepatan angin ruang dalam yang sangat rendah—yakni $0,032\text{ m/s}$ sebelum pengecatan dan $0,020\text{ m/s}$ sesudah pengecatan—berada jauh di bawah ambang batas pergerakan udara minimal yang disarankan untuk kenyamanan termal pada bangunan berventilasi alami di iklim tropis. Kondisi ini mempertegas bahwa penurunan suhu udara akibat aplikasi cat reflektif surya saja tidak cukup meningkatkan persepsi kenyamanan apabila tidak disertai dengan peningkatan pergerakan udara di dalam ruang. Oleh karena itu, optimasi sistem bukaan dan ventilasi silang merupakan intervensi yang mendesak untuk dilakukan secara paralel dengan aplikasi cat reflektif surya guna mencapai kenyamanan termal yang sesungguhnya dirasakan oleh pengguna bangunan.

Dalam konteks kenyamanan termal, rata-rata suhu ruang dalam masjid sesudah pengecatan sebesar $29,3^{\circ}\text{C}$ masih melampaui batas zona nyaman SNI 03-6572-2001 (T efektif $\leq 27,1^{\circ}\text{C}$), mengindikasikan bahwa cat reflektif surya sebagai strategi tunggal belum

memadai untuk mencapai kenyamanan termal optimal. Apabila dievaluasi menggunakan model kenyamanan adaptif ASHRAE Standard 55 (2017), suhu $29,3^{\circ}\text{C}$ tersebut juga tidak memenuhi batas kenyamanan yang direkomendasikan untuk bangunan berventilasi alami, mengingat rendahnya kecepatan angin ruang dalam yang hanya $0,020\text{ m/s}$ jauh di bawah ambang pergerakan udara minimal yang disyaratkan. Dengan demikian, baik SNI 03-6572-2001 maupun ASHRAE Standard 55 (2017) secara konsisten menunjukkan bahwa kondisi termal Masjid Baburrahmah sesudah pengecatan belum mencapai kenyamanan optimal, yang mempertegas perlunya kombinasi intervensi pasif lainnya, khususnya optimasi ventilasi alami. Temuan ini sejalan dengan Pisello (2017) yang menekankan perlunya sinergi antara *cool coating* dengan strategi pasif lainnya seperti optimasi ventilasi alami, peneduhan fasad, dan penambahan vegetasi di sekitar bangunan. Siola & Apriyanto (2022) juga menemukan hal serupa pada bangunan publik beriklim tropis di Gorontalo bahwa kombinasi variabel termal yang tepat sangat menentukan tingkat kenyamanan yang dirasakan pengguna bangunan. Khusus untuk bangunan masjid, Novita et al. (2023) menegaskan bahwa perbaikan sistem bukaan dan ventilasi alami merupakan solusi utama untuk meningkatkan kenyamanan termal, mengingat aliran udara yang tidak merata menjadi penyebab utama ketidaknyamanan pada ruang ibadah di iklim tropis lembab. Selain itu, Dornelles (2021) mengingatkan bahwa kinerja cat reflektif surya berwarna putih dapat mengalami penurunan seiring waktu akibat pelapukan alami, sehingga perawatan berkala terhadap lapisan cat sangat dianjurkan untuk mempertahankan efektivitasnya dalam jangka panjang.

Aspek novelty dari penelitian ini terletak pada kajian empiris kinerja cat reflektif surya *BeCool* secara spesifik pada bangunan masjid dengan atap seng di Kota Gorontalo sebagai representasi kawasan tropis Indonesia bagian timur. Sebagian besar penelitian sebelumnya dilakukan pada bangunan residensial atau komersial dan sangat jarang yang mengkaji bangunan ibadah sebagai objek studi. Selain itu, penelitian ini memberikan data empiris lapangan yang melengkapi kajian simulasi yang telah banyak dilakukan di berbagai negara, sekaligus memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan strategi pendinginan pasif pada bangunan ibadah di iklim tropis Indonesia.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat ditarik dua kesimpulan utama. Pertama, pengaplikasian cat reflektif surya *BeCool* (SRI 106) pada atap seng Masjid Baburrahmah di Kota Gorontalo terbukti memberikan pengaruh positif terhadap kondisi termal bangunan, yang ditunjukkan oleh penurunan rata-rata suhu permukaan atap sebesar $1,3^{\circ}\text{C}$, penurunan suhu udara ruang luar sebesar $1,4^{\circ}\text{C}$, dan penurunan suhu udara ruang dalam sebesar $0,8^{\circ}\text{C}$. Kedua, meskipun terjadi penurunan suhu yang konsisten, rata-rata suhu udara ruang dalam masjid sesudah pengecatan sebesar $29,3^{\circ}\text{C}$ masih berada di atas batas kenyamanan termal SNI 03-6572-2001 ($T_{\text{efektif}} \leq 27,1^{\circ}\text{C}$). Hal ini mengimplikasikan bahwa cat reflektif surya sebagai intervensi tunggal belum memadai untuk mencapai kenyamanan termal optimal, khususnya pada kondisi penghawaan alami yang terbatas.

Keterbatasan penelitian ini meliputi: (1) perbedaan kondisi cuaca antara periode sebelum dan sesudah pengecatan; (2) penelitian difokuskan pada pengaruh cat reflektif

surya terhadap kondisi termal ruang tanpa menganalisis secara rinci kontribusi elemen bangunan lainnya; (3) evaluasi kenyamanan termal hanya didasarkan pada parameter lingkungan tertentu, sementara faktor subjektif pengguna seperti tingkat aktivitas, jenis pakaian, dan persepsi termal belum dikaji; dan (4) penelitian ini hanya dilakukan pada satu masjid dengan karakteristik arsitektur, material atap, dan konteks lingkungan yang spesifik di Kota Gorontalo, sehingga temuan ini tidak dapat secara langsung digeneralisasi ke bangunan masjid lain dengan tipologi yang berbeda, material atap berbeda, atau yang berlokasi di kawasan dengan kondisi iklim mikro yang berbeda.

Penelitian mendatang disarankan untuk: (1) mengkombinasikan penggunaan cat reflektif surya dengan strategi pasif lainnya seperti optimasi ventilasi silang, peneduhan fasad, dan penghijauan sekitar bangunan; (2) mengambil parameter kenyamanan termal yang lebih komprehensif dengan menambahkan survei persepsi termal pengguna, termasuk penilaian tingkat aktivitas, jenis pakaian (clothing insulation/clo), dan sensasi termal secara subjektif sesuai protokol standar kenyamanan adaptif; dan (3) melakukan penelitian serupa pada masjid atau bangunan ibadah lain dengan tipologi berbeda, material atap beragam, dan lokasi yang tersebar di berbagai kawasan iklim tropis Indonesia, agar generalisasi temuan dapat diperkuat dan rekomendasi teknis yang dihasilkan lebih aplikatif secara luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashrae. (2017). Standard 55-2017. Thermal Environmental Conditions For Human Occupancy, Atlanta, Ga. *American Society Of Heating, Refrigerating And Air-Conditioning Engineers, Inc*, 8400, 12.
- Attaufiq, M. (2015). Simulasi Termal Pada Rumah Adat Di Gorontalo. *Radial : Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi, Volume 3*, 78–87.
- Dornelles, K. (2021). Effect Of Aging On Solar Reflectance Of White *Cool roof* Coatings: Natural Weathering And The Influence On Building Energy Needs For Different Climate Conditions In Brazil. *Journal Of Architectural Environment & Structural Engineering Research*, 4, 8–19. <https://doi.org/10.30564/Jaeser.V4i2.2812>
- Gani Koto, A. (2016). Analisis Suhu Permukaan Kota Gorontalo Dan Sekitarnya Menggunakan Saluran Thermal Citra Landsat 7 Etm+. *Radial : Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 4, 1–7. <https://doi.org/10.37971/Radial.V4i1.117>
- Lapisa, R., Karudin, A., Rizal, F., Krismadinata, & Nasruddin. (2019). Passive Cooling Strategies In Roof Design To Improve The Residential Building Thermal Performance In Tropical Region. *Asian Journal Of Civil Engineering*, 20(4), 571–580. <https://doi.org/10.1007/S42107-019-00125-1>
- Mohammad Yusoff, W. F. (2021). Indoor Thermal Comfort In Modern Mosque Of Tropical Climate . *Iconarp International Journal Of Architecture And Planning*, 9(2 Se-Articles), 720–741. <https://doi.org/10.15320/Iconarp.2021.178>
- Novita, R., Sari, L., & Ariatsyah, A. (2023). An Appraisal Of Indoor Thermal Comfort In A Naturally Ventilated Modified Old Mosque In Banda Aceh, Indonesia. *Journal Of Islamic Architecture*, 7, 364–370. <https://doi.org/10.18860/Jia.V7i3.17131>

- Pisello, A. L. (2017). State Of The Art On The Development Of Cool Coatings For Buildings And Cities. *Solar Energy*, 144, 660–680. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.01.068>
- Santamouris, M. (2014). Cooling The Cities – A Review Of Reflective And Green Roof Mitigation Technologies To Fight Heat Island And Improve Comfort In Urban Environments. *Solar Energy*, 103, 682–703. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.07.003>
- Siola, A., & Apriyanto, B. (2022). Evaluasi Keyamanan Termal Dengan Model Statis Pada Kantin Kampus Universitas Ichsan Gorontalo. *Radial: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 9, 289–296. <https://doi.org/10.37971/radial.v9i2.252>
- Synnefa, A., Santamouris, M., & Akbari, H. (2007). Estimating the effect of using cool coatings on energy loads and thermal comfort in residential buildings in various climatic conditions. *Energy and Buildings*, 39(11), 1167–1174. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.01.004>
- Yang, J., Mohan Kumar, D. Ilamathy, Pyrgou, A., Chong, A., Santamouris, M., Kolokotsa, D., & Lee, S. E. (2018). Green and cool roofs' urban heat island mitigation potential in tropical climate. *Solar Energy*, 173(April), 597–609. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.08.006>

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Diwangkara Wihaya Nusantara (Driya) selaku mitra penyedia produk cat *BeCool*, Laboratorium Sains, Teknologi, dan Material Bangunan Program Studi Arsitektur Universitas Pendidikan Indonesia Laboratorium Sains Bangunan Program Studi Teknik Arsitektur Universitas Negeri Gorontalo atas dukungan yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini.