



PENERAPAN SECONDARY SKIN ACP BERLUBANG RASIO 50% PADA GEDUNG PARIPURNA DPRD KABUPATEN PEMALANG

Rizki Dwi Saputra¹, Agung Dwiyanto²

Magister Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia

E-mail: rizkidwisaputra@students.undip.ac.id, agungdwiyanto@lecturer.undip.ac.id

Informasi Naskah:

Diterima:

25 Juni 2025

Direvisi:

15 Juni 2025

Disetujui terbit:

10 Agustus 2025

Diterbitkan:

Cetak:

29 September 2025

Online

29 September 2025

Abstract: This study examines the application of Aluminum Composite Panel (ACP) with a 50% perforated pattern as a secondary skin on the Plenary Building of DPRD Pemalang Regency to enhance thermal performance and energy efficiency in a tropical climate. The research aims to evaluate the thermal performance of buildings with and without the secondary skin, analyze temperature changes, and identify factors affecting its effectiveness. Field surveys, thermal sensor measurements, and statistical analysis were employed to collect and evaluate data. Results indicate that the secondary skin reduces indoor temperatures by 4%-5%, with further reductions of 16% for brick wall elements and 13% for 5 mm clear glass elements. The findings suggest that material selection and secondary skin design significantly influence thermal comfort, offering a viable solution for office buildings in tropical regions like Pemalang Regency.

Keyword: Aluminum Composite Panel, Secondary Skin, Thermal Performance

Abstrak: Penelitian ini mengkaji penerapan Aluminum Composite Panel (ACP) dengan pola berlubang 50% sebagai secondary skin pada Gedung Paripurna DPRD Kabupaten Pemalang untuk meningkatkan kinerja termal dan efisiensi energi di iklim tropis. Penelitian bertujuan mengevaluasi kinerja termal bangunan dengan dan tanpa secondary skin, menganalisis perubahan suhu, serta mengidentifikasi faktor yang memengaruhi efektivitasnya. Survei lapangan, pengukuran sensor termal, dan analisis statistik digunakan untuk mengumpulkan dan mengevaluasi data. Hasil menunjukkan secondary skin menurunkan suhu dalam ruangan sebesar 4%-5%, dengan penurunan tambahan 16% untuk elemen dinding bata dan 13% untuk kaca clear 5 mm. Temuan ini menunjukkan bahwa pemilihan material dan desain secondary skin sangat memengaruhi kenyamanan termal, menawarkan solusi untuk bangunan perkantoran di wilayah tropis seperti Pemalang.

Kata Kunci: Aluminum Composite Panel, Secondary Skin, Kinerja Termal

PENDAHULUAN

Kabupaten Pemalang terletak dalam iklim tropis dengan suhu rata-rata yang cenderung tinggi sepanjang tahun, serta kelembaban udara yang bervariasi. Sinar matahari memiliki dampak positif dan negative bagi bangunan dan penggunanya, dampaknya adalah suhu dalam ruangan dapat meningkat ketika bangunan terpapar sinar matahari langsung. Variasi suhu eksternal yang signifikan dapat menyebabkan masalah termal di dalam ruang hunian. Untuk mengurangi dampak negative dapat dengan pengolahan fasad bangunan. Salah satu alternatif untuk mengendalikan sinar matahari langsung adalah penggunaan Secondary Skin.

Penerapan Secondary Skin berkaitan erat dengan konsep keberlanjutan, pengendalian udara, dan manajemen konsumsi energi Nugrahati et al. (2023). Selain itu, komponen ini merupakan bagian integral dari teknologi Double Skin Facade (DSF), yang berfokus pada kemajuan dalam teknologi envelope bangunan. Penerapan Secondary Skin dapat mengurangi panas, memblokir sinar matahari, dan

meningkatkan kualitas pencahayaan alami di dalam bangunan (Zulkodri, 2020), sekaligus meningkatkan identitas dan nilai estetika bangunan (Ricardo et al., 2022). Mengingat berbagai parameter ini, instalasi Secondary Skin harus dilakukan secara komprehensif untuk memastikan efektivitas dan kesesuaiannya (Harisun, 2020). Penelitian oleh Dewi et al. (2020) menunjukkan bahwa penggunaan material ACP dapat menurunkan suhu hingga 0,7%. Hal ini disebabkan oleh proses transfer panas yang dipengaruhi oleh jarak antara Secondary Skin dan lapisan terluar bangunan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengukur dan menganalisis secara mendalam penerapan material ACP 50% sebagai Secondary Skin dalam mereduksi sinar matahari di Kantor DPRD Kabupaten Pemalang. Menganalisis perubahan suhu ruangan yang tidak menerapkan dan menerapkan material ACP sebagai Secondary Skin untuk mengidentifikasi dampaknya terhadap kenyamanan termal di dalam bangunan. Selain itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi

keberhasilan atau kegagalan penerapan Material ACP sebagai Secondary Skin dalam mereduksi sinar matahari di Kantor DPRD Kabupaten Pematang.

TINJUAN PUSTAKA

Konsep Secondary Skin dalam Desain Arsitektur Secondary skin merupakan lapisan tambahan pada fasad bangunan yang dirancang untuk meningkatkan kinerja termal, efisiensi energi, dan estetika struktur dalam konteks arsitektur modern. Konsep ini berkembang sebagai respons terhadap kebutuhan akan desain bangunan yang adaptif terhadap kondisi iklim, khususnya di wilayah tropis seperti Indonesia yang memiliki suhu tinggi, kelembapan udara yang bervariasi, dan paparan sinar matahari intens (Nugrahati et al., 2023). Menurut Nugrahati et al. (2023), secondary skin adalah komponen integral dari teknologi Double Skin Facade (DSF), yang berfokus pada pengembangan selubung bangunan untuk mendukung keberlanjutan lingkungan melalui pengendalian udara dan manajemen konsumsi energi. Fungsi utama secondary skin meliputi perlindungan terhadap radiasi matahari langsung, pengurangan panas masuk ke dalam ruangan, peningkatan kualitas pencahayaan alami, dan penyediaan isolasi akustik alami (Zulkodri, 2020). Selain itu, Ricardo et al. (2022) menegaskan bahwa secondary skin tidak hanya berperan fungsional, tetapi juga memperkuat identitas visual bangunan, memberikan nilai estetika yang meningkatkan daya tarik arsitektural. Dalam konteks gedung perkantoran seperti Gedung Paripurna DPRD Pematang, penerapan secondary skin menjadi relevan untuk mengatasi tantangan termal akibat iklim tropis, yang sering kali meningkatkan kebutuhan sistem pendingin udara dan memengaruhi kenyamanan penghuni (Harisun, 2020). Pendekatan ini juga mendukung prinsip arsitektur berkelanjutan dengan mengurangi ketergantungan pada energi buatan untuk pendinginan.

Material Aluminium Composite Panel (ACP) sebagai Secondary Skin

Aluminium Composite Panel (ACP) adalah material berupa plat datar yang terdiri dari inti polietilena (PE) atau material mineral yang dilapisi aluminium pada kedua sisi, menjadikannya pilihan populer untuk secondary skin karena sifatnya yang ringan, tahan korosi, dan fleksibel untuk desain perforasi (Bahari & Anam, 2021). Menurut Djafar dan Pratiwi (2021), ACP efektif dalam mengurangi akumulasi panas melalui sifat isolasi termal dari lapisan intinya, yang menghambat konduktivitas panas, serta permukaan reflektifnya yang meminimalkan penyerapan radiasi matahari. Wingrum (2024) dalam penelitiannya tentang penerapan ACP pada bangunan apartemen di Surabaya menunjukkan bahwa ACP memiliki keunggulan dalam penyerapan panas dibandingkan aluminium sheet, terutama karena inti polimer yang berfungsi sebagai insulator termal. Uji termal pada produk ACP Seven menunjukkan koefisien ekspansi

termal sebesar $7.9 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, yang berada dalam batas standar ($<4.00 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$), serta suhu distorsi panas 105°C , sesuai standar ($>105^\circ\text{C}$), menandakan ketahanan material terhadap fluktuasi suhu (ACP Seven, n.d.). Dalam penelitian ini, pola berlubang 50% pada ACP memungkinkan ventilasi udara yang cukup sekaligus mengurangi panas masuk, sebagaimana ditemukan oleh Dewi et al. (2020) yang melaporkan penurunan suhu hingga 0,7% dengan penggunaan ACP. Fleksibilitas desain ACP, termasuk kemampuan untuk membentuk pola perforasi, juga memungkinkan penyesuaian estetika dengan kebutuhan fungsional bangunan perkantoran (Ricardo et al., 2022).

Kinerja Termal pada Bangunan di Iklim Tropis

Kinerja termal bangunan di iklim tropis sangat dipengaruhi oleh proses transfer panas melalui konduksi, konveksi, dan radiasi, yang ditentukan oleh faktor seperti material bangunan, ketebalan, dan orientasi bangunan. Purwanto dan Budijanto (2023) menjelaskan bahwa nilai k (thermal conductivity) mengukur kemampuan material menghantarkan panas, sedangkan nilai r (resistivity) menunjukkan ketahanan material terhadap panas. Nilai U -value (thermal transmittance) menjadi indikator utama konduktivitas termal keseluruhan suatu elemen bangunan. Di wilayah tropis, suhu permukaan luar bangunan sering kali lebih tinggi daripada suhu udara karena penumpukan panas akibat radiasi matahari (Purwanto, 2023). Orientasi bangunan, khususnya sisi timur yang terpapar sinar matahari pagi, meningkatkan beban termal, sehingga memerlukan strategi seperti secondary skin untuk mengurangi panas masuk (Samodra, 2009). Selain itu, faktor seperti bukaan ventilasi dan pemilihan material berperan penting dalam mengoptimalkan kinerja termal. Menurut Arifin dan Hidayat (2018), ventilasi yang baik dapat menurunkan suhu dalam ruangan melalui konveksi alami, sementara material dengan U -value rendah, seperti ACP, meningkatkan isolasi termal (Hermawan & Fikri, 2020). Dalam konteks Gedung DPRD Pematang, penggunaan secondary skin ACP pada sisi timur gedung diharapkan dapat mengurangi dampak paparan sinar matahari langsung pada pagi hari.

Faktor Penentu Efektivitas Secondary Skin

Efektivitas secondary skin bergantung pada beberapa faktor kunci. Pertama, jarak antara secondary skin dan dinding atau kaca (40–100 cm) memengaruhi ventilasi udara dan transfer panas, dengan jarak optimal memungkinkan aliran udara yang mengurangi panas yang terperangkap (Annisa, 2008). Kedua, pola perforasi, seperti rasio 50% pada ACP, menyeimbangkan pengendalian panas dan pencahayaan alami, memungkinkan ventilasi tanpa mengorbankan perlindungan termal (Zulkodri, 2020). Ketiga, pemilihan material dengan U -value rendah, seperti ACP, meningkatkan isolasi termal dibandingkan material seperti kaca atau dinding bata tanpa pelapis (Dewi et al., 2020). Keempat, kondisi lingkungan, termasuk arah sinar matahari, kecepatan angin, dan tingkat kelembapan,

memengaruhi kinerja secondary skin (Suteja, 2022). Kelima, desain estetika harus selaras dengan konsep arsitektur bangunan untuk memastikan secondary skin tidak hanya fungsional tetapi juga memperkuat identitas visual, seperti pada gedung pemerintahan (Ricardo et al., 2022). Dalam penelitian ini, faktor-faktor seperti jarak secondary skin (1,15 m ke dinding, 1,50 m ke kaca) dan orientasi sisi timur gedung menjadi variabel penting untuk dievaluasi.

Kelebihan dan Kelemahan Secondary Skin

Penerapan secondary skin menawarkan sejumlah kelebihan, seperti mengurangi radiasi matahari langsung, meningkatkan efisiensi termal, dan memperbaiki kualitas pencahayaan alami di dalam bangunan (Bonifacio Bayu Senasaputro, 2016; Kania Dekoruma, 2020). Selain itu, secondary skin dapat meningkatkan estetika dan identitas bangunan, menjadikannya solusi yang menarik untuk gedung perkantoran seperti DPRD Pemalang (Ricardo et al., 2022). Namun, terdapat kelemahan yang perlu diperhatikan, termasuk biaya pemasangan yang relatif tinggi, kebutuhan perawatan rutin untuk menjaga kebersihan dan integritas material, serta potensi pengurangan pencahayaan alami jika jarak atau pola perforasi tidak optimal (Hadi, 2018; Fadli, 2022). Pemilihan material yang tidak sesuai, seperti material dengan U-value tinggi, juga dapat mengurangi efektivitas secondary skin dalam mengendalikan panas (Ricardo, 2022). Oleh karena itu, desain dan implementasi secondary skin harus dilakukan secara cermat untuk memaksimalkan manfaatnya.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian deskriptif analitik merupakan jenis penelitian yang bertujuan untuk menjelaskan atau menggambarkan fenomena yang ada serta menganalisis hubungan antara variabel-variabel yang terlibat. Pendekatan ini menggabungkan unsur-unsur penelitian deskriptif, yang fokus pada penggambaran keadaan yang ada, dengan unsur-unsur penelitian analitik, yang fokus pada pemahaman hubungan antara variabel. Teknik pengumpulan data menggunakan pengukuran suhu. Teknik ini melibatkan penggunaan Infrared Thermometer dan data logger untuk mengukur suhu ruangan dan permukaan. Pengukuran dilakukan pada lantai 1 & lantai 2 sisi Timur bangunan (09.00-12.00 WIB) untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif tentang perubahan suhu yang terjadi. Selain pengukuran suhu juga menggunakan teknik observasi. Observasi langsung dilakukan untuk mengamati perubahan dalam kondisi termal bangunan yang menggunakan Secondary Skin dan tidak menggunakan Secondary Skin. Kemudian data akan di analisis menggunakan Software Pshitherm, Software ini digunakan untuk menghitung dan mensimulasikan transfer panas pada material yang masuk ke dalam ruangan. Lokasi penelitian berada di sisi Timur (09.00 WIB-12.00 WIB) Gedung Paripurna, lokasi tersebut dipilih karena massa bangunan Gedung Paripurna sisi Selatan dan Utara

terdapat bangunan yang membayangi sisi gedung tersebut.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

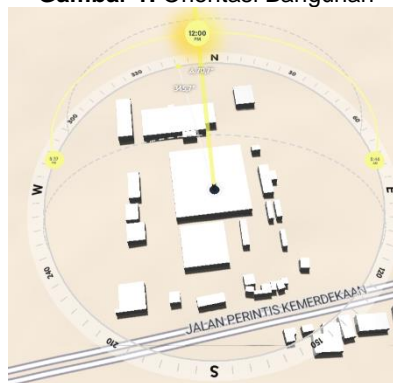
Pada penelitian ini akan digunakan beberapa pendekatan dalam perhitungan, yaitu variasi bentuk elemen bangunan horizontal, mata angin sebagai variable, dan variasi elemen dinding dilantai 1 dan di lantai 2. Material Secondary Skin yang digunakan di Kantor DPRD Kabupaten Pemalang adalah Panel Komposit Aluminium (ACP) berlubang dengan rasio lubang sekitar 50% dan ketebalan 4 mm. Jarak antara dinding dan Secondary Skin adalah 1,15 m, sedangkan jarak ke jendela kaca adalah 1,50 m. Posisi secondary Skin berada di keliling bangunan Gedung Paripurna Lantai 2.

Orientasi Bangunan

Orientasi bangunan memiliki peran penting dalam menentukan suhu dalam ruangan, terutama di wilayah beriklim tropis seperti Indonesia. Arah hadap bangunan memengaruhi seberapa besar radiasi matahari yang diterima oleh permukaan bangunan sepanjang hari. Sisi timur misalnya, menerima paparan sinar matahari langsung pada pagi hari, yang menyebabkan suhu dalam ruangan meningkat lebih cepat pada pagi hari. Sebaliknya, sisi barat menerima radiasi yang lebih kuat pada sore hari, sehingga suhu ruangan cenderung meningkat secara signifikan menjelang petang. Jika permukaan bangunan pada sisi-sisi ini tidak dilengkapi dengan perlindungan seperti secondary skin, shading, atau elemen pasif lainnya, maka panas dari radiasi matahari akan langsung masuk ke dalam ruangan dan meningkatkan beban sistem pendingin (AC). Akibatnya, konsumsi energi dalam gedung menjadi lebih tinggi dan kenyamanan termal pengguna menurun.

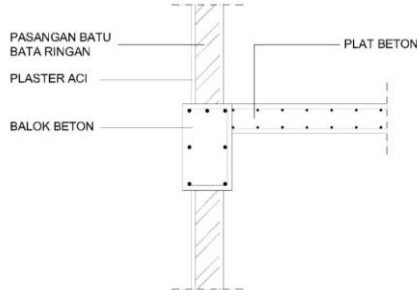


Gambar 1. Orientasi Bangunan

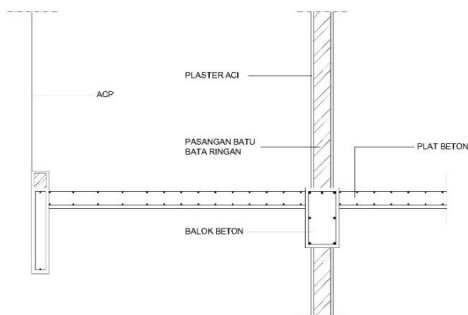


Gambar 2. Orientasi Bangunan

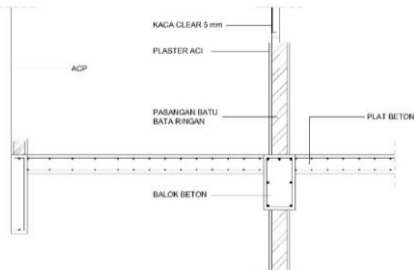
Dinding pada lantai 1 dan lantai 2 memiliki variasi yang berbeda, bentuk dinding lantai 1 adalah dinding solid tanpa bukaan jendela sedangkan lantai 2 terdapat variasi dinding solid dengan bukaan jendela. Selain itu, pada sisi terluar lantai 2 terdapat secondary skin ACP (Aluminium Composite Panel) dengan rasio 50%. Variasi dinding tersebut dapat dilihat pada gambar.



Gambar 3. Detail Dinding Lantai 1

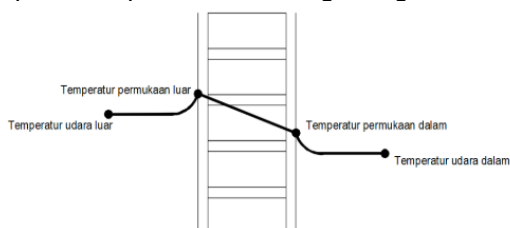


Gambar 4. Detail Dinding Lantai 2



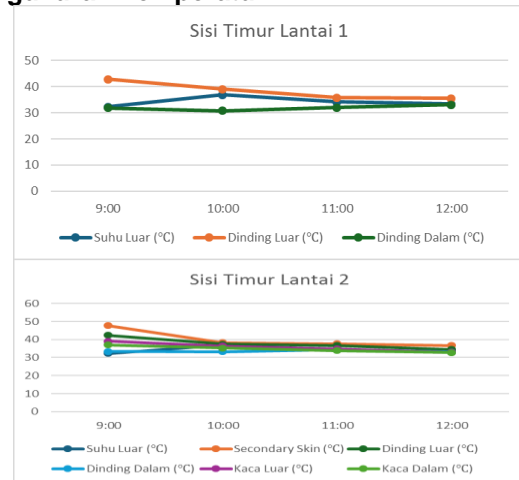
Gambar 5. Detail Dinding dan Kaca Lantai 2

Menurut Purwanto (2023), tipe perpindahan melalui konduksi di daerah tropis pada umumnya adalah perpindahan panas dari suhu luar gedung yang lebih panas dari pada di dalam gedung melalui dinding maupun atap. Suhu udara dan radiasi matahari berpengaruh terhadap meningkatnya suhu permukaan lapisan terluar gedung, sehingga suhu permukaan lapisan terluar akan lebih tinggi dari pada suhu udara luar. Penyebab terjadinya perbedaan antara suhu luar gedung dan suhu permukaan gedung adalah adanya penumpukan panas pada sisi permukaan luar gedung.



Gambar 6. Transfer Panas Daerah Tropis (Sumber: Purwanto, 2023)

Pengukuran Temperatur



Gambar 7. Pengukuran Temperatur Lantai 1 dan 2

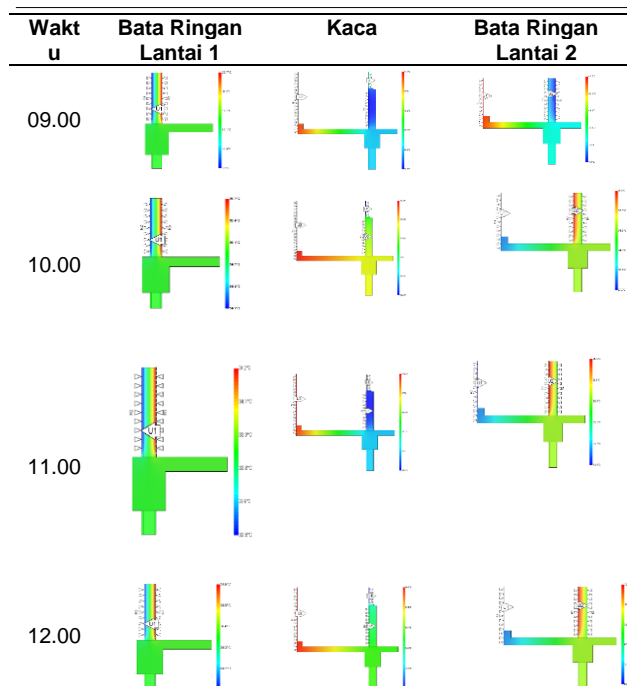
Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa suhu tertinggi terdapat pada permukaan terluar bangunan pada pukul 09.00 WIB yaitu 47.74 °C pada suhu permukaan secondary skin lantai 2 dan 42.86 °C pada suhu permukaan dinding luar lantai 1. Suhu dalam bangunan pada lantai 2 relative konstan, berbeda dengan suhu permukaan dinding dalam yang meningkat hingga pukul 12.00 WIB sekitar 1.24 °C dan pada pukul 12.00 WIB merupakan waktu suhu terendah pada suhu permukaan luar yaitu 35.54 °C.

Pada lantai 1 sisi Timur bangunan, memiliki perbedaan suhu permukaan dinding luar dan suhu permukaan dinding dalam yang relative tinggi yaitu sekitar 6.34 °C sedangkan pada lantai 2 sisi timur bangunan juga terjadi selisih yang relative tinggi, perbedaan suhu permukaan secondary skin dan suhu permukaan dinding dalam sekitar 7.60 °C. Suhu permukaan dalam pada lantai 1 dan 2 memiliki perbedaan atau selisih, hal ini terjadi karena dinding pada lantai 1 sinar matahari tidak terpapar secara menyeluruh sehingga permukaan dinding dalam pada lantai 1 relatif lebih rendah dibanding pada lantai 2.

Perbedaan material juga berpengaruh terhadap suhu dalam ruangan. Hal ini terjadi pada lantai 2 yang memiliki variasi elemen bangunan yang berbeda yaitu kaca dan dinding batu bata ringan. Suhu permukaan kaca dalam relative lebih tinggi dari pada suhu permukaan dinding dalam. Selisih tertinggi dari kedua elemen tersebut berkisar 3.64 °C pada pukul 09.00 WIB dan suhu permukaan kaca dalam selalu lebih tinggi dari pada suhu permukaan dinding dalam.

Simulasi Psitherm

Simulasi transfer panas dilakukan dengan menggunakan software psitherm yang nantinya transfer panas dapat disimulasikan dan divisualisasikan. Data yang perlu dimasukan antara lain nilai temperature permukaan Secondary Skin, dinding bagian luar, dinding bagian dalam, kaca bagian dalam, kaca bagian luar dan u-value material yang digunakan. Memasukan nilai u-value ini mempengaruhi hasil perpindahan panas pada material bangunan.



Pada simulasi psitherm diatas terlihat bahwa material yang memiliki kontribusi panas terbesar adalah material kaca dan kontribusi panas paling rendah adalah material dinding dengan peneduh atau dengan meminimalisir penyinaran yang menyeluruh seperti yang terjadi pada lantai 1. Pada simulasi tersebut tersebut efektifitas material dinding dan kaca dalam pada sisi timur bangunan menurunkan suhu permukaan secondary skin hingga suhu permukaan dinding dalam adalah 16% untuk material dinding dan 13% untuk material kaca. Sedangkan efektifitas penurunan suhu material ACP (Aluminium Composite Panel) pada lantai 2 hanya dapat mereduksi suhu sebesar 5%.

Perbedaan yang signifikan pada material dinding, kaca, dan ACP terjadi karena setiap material memiliki ketebalan dan U-Value yang berbeda, karena pada dasarnya semakin tinggi nilai U akan semakin sedikit nilai isolasi maka semakin besar panas yang dilepaskan.

KESIMPULAN

Penerapan material ACP (Aluminium Composite Panel) dengan rasio 50% hanya dapat mereduksi sinar matahari sebesar 5% pada suhu tertinggi yaitu 41°C. Penurunan suhu hingga suhu ruang dalam tergantung dari elemen bangunan yang digunakan pada selubung utama bangunan. Pada penelitian ini terdapat 2 jenis material yang digunakan pada selubung utama bangunan yaitu material dinding bata dan material kaca clear 5 mm. Spesifikasi material sangatlah berpengaruh pada konduktivitas panas pada bangunan, seperti jenis material, nilai U, dan ketebalan pada material, dan pola pada material secondary skin. Karena ketebalan material mempengaruhi nilai konduktivitas termal pada bangunan. Sedangkan pola pada desain secondary skin dapat mempengaruhi suhu, semakin luas pola berlubang pada desain secondary skin

mengakibatkan semakin banyak sinar matahari langsung yang masuk ke dalam bangunan.

Terdapat faktor lain yang mempengaruhi konduktivitas panas yaitu jarak antara secondary skin dengan dinding maupun shading device yang digunakan. Selain itu kecepatan angin juga berpengaruh terhadap penurunan suhu material bangunan. Ketika angin bertiup, aliran udara akan membantu menghilangkan panas yang terkumpul pada permukaan material bangunan. Proses ini terjadi melalui konveksi, di mana udara yang bergerak menggantikan udara panas di sekitar permukaan material dengan udara yang lebih dingin, sehingga suhu material tersebut cenderung turun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Diponegoro atas fasilitas dan dukungan akademik, pengelola Gedung Paripurna DPRD Pemalang atas izin penelitian, serta tim teknis yang membantu pengukuran data. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen, keluarga, dan teman atas dukungan moral. Semoga penelitian ini bermanfaat untuk desain arsitektur berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariestadi, D., Antariksa, Salura, P., & Wardhana, G. (2014). Karakteristik kinerja termal bangunan tradisional di Indonesia. *Jurnal Arsitektur dan Perencanaan*, 12(2), 45–56.
- Arifin, Z., & Hidayat, A. (2018). Pengaruh bukaan ventilasi terhadap kinerja termal bangunan di iklim tropis. *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 15(1), 23–30.
- Bahari, A., & Anam, M. (2021). Aplikasi Aluminium Composite Panel (ACP) pada fasad bangunan komersial. *Jurnal Arsitektur Nusantara*, 8(3), 112–120.
- Dewi, C., Santosa, H., & Prihatman, K. (2020). Pengaruh material Aluminium Composite Panel terhadap kinerja termal bangunan di iklim tropis. *Jurnal Teknologi Bangunan*, 17(2), 78–85.
- Djafar, Z., & Pratiwi, D. (2021). Optimalisasi kinerja termal bangunan menggunakan Aluminium Composite Panel. *Jurnal Arsitektur dan Lingkungan Binaan*, 10(4), 201–210.
- Fadli, M. (2022). Tantangan perawatan secondary skin pada bangunan di iklim tropis. *Jurnal Desain Arsitektur*, 9(1), 34–42.
- Hadi, S. (2018). Evaluasi desain secondary skin untuk efisiensi energi pada bangunan perkantoran. *Jurnal Arsitektur Tropis*, 6(2), 89–97.
- Harisun, Y. (2020). Strategi penerapan secondary skin untuk kenyamanan termal di bangunan tropis. *Jurnal Ilmu Arsitektur*, 7(3), 145–153.
- Hermawan, A., & Fikri, M. (2020). Faktor desain dalam optimalisasi kinerja termal bangunan perkantoran. *Jurnal Teknik Arsitektur*, 11(2), 67–75.
- Kania Dekoruma. (2020). Panduan praktis penerapan secondary skin pada bangunan residensial dan komersial. *Jurnal Desain dan Dekorasi*, 5(1), 12–20.
- Mannan, A. (2015). Faktor kenyamanan termal dalam desain arsitektur tropis. *Jurnal Lingkungan Binaan*, 4(2), 55–63.

- Noprimus, D. (2022). Konsep secondary skin sebagai elemen pelindung fasad bangunan. *Jurnal Arsitektur Modern*, 9(4), 178–185.
- Nugrahati, A., Santosa, R., & Wibowo, T. (2023). Peran double skin facade dalam arsitektur berkelanjutan. *Jurnal Teknologi dan Desain Bangunan*, 20(1), 101–110.
- Purwanto, D., & Budijanto, S. (2023). Transfer panas pada desain bangunan tropis. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 18(2), 88–97.
- Ricardo, J., Santoso, H., & Pratama, A. (2022). Estetika dan fungsi secondary skin pada bangunan perkantoran. *Jurnal Arsitektur Kontemporer*, 14(3), 123–132.
- Samodra, F. (2009). Kinerja termal bangunan tradisional di iklim tropis. *Jurnal Arsitektur dan Perencanaan Kota*, 5(1), 33–41.
- Suteja, A. (2022). Pengaruh kondisi lingkungan terhadap efektivitas secondary skin di bangunan tropis. *Jurnal Teknologi Arsitektur*, 10(2), 56–64.
- Wingrum, M. (2024). Perbandingan penerapan material fasad ACP dan aluminium sheet terhadap iklim tropis pada bangunan apartemen di Surabaya. *Jurnal Arsitektur dan Lingkungan*, 21(1), 45–53.
- Zulkodri, R. (2020). Optimalisasi secondary skin untuk pengendalian termal pada bangunan di iklim tropis. *Jurnal Desain Bangunan*, 8(2), 76–84.