

Pengaruh Atap Transparan Terhadap Kinerja Termal Gedung Persipda Kota Salatiga

The Effect of Transparent Roof on Thermal Performance of Persipda Building, Salatiga City

Ruliyanto¹, Eddy Prianto²

¹Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Email : ruliyanto@studens.undip.ac.id

² Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Email : eddyprianto@arsitektur.undip.ac.id

Abstrak

Gedung Perpustakaan dan Kearsipan Daerah (Persipda) Kota Salatiga memiliki tampilan arsitektural yang unik dan berbeda dengan bangunan sekitarnya, yaitu terdapat model atap transparan pada puncak atapnya. Hal ini dimaksudkan untuk memasukkan cahaya alami pada siang hari, sehingga dapat menghemat pemakaian energi. Konsep atap transparan tersebut membawa dampak pada ketidaknyamanan termal, sebab disamping memberikan sinar terang, cahaya alami dari sinar matahari juga membawa panas melalui proses radiasi. Kondisi tersebut menciptakan suhu ruang yang panas pada lantai 2. Berdasar dari permasalahan tersebut, dibutuhkan studi untuk mengevaluasi gedung Persipda sudah memenuhi kenyamanan termal atau belum dilihat dari indikator kinerja termalnya. Metode penelitian menggunakan metode kuantitatif, dengan cara melakukan pengukuran langsung indikator kinerja termal (temperatur & kelembaban) pada eksterior dan interior setiap lantai gedung ini. Sehingga kinerja termal pada bangunan ini dapat diketahui secara spesifik melalui indikator kinerja termal dari masing – masing selimut bangunannya.

Kata Kunci: Atap transparan; bukaan atap; kinerja termal; penerangan alami; perpustakaan salatiga

Abstract

The Salatiga City Regional Library and Archives Building (Persipda) has a unique architectural appearance and is different from the surrounding buildings, namely there is a transparent roof model at the top of the roof. This is intended to include natural light during the day, so as to save energy consumption. The transparent roof concept has an impact on thermal discomfort, because besides providing bright light, natural light from the sun also carries heat through the radiation process. These conditions create a hot room temperature on the 2nd floor. Based on these problems, a study is needed to evaluate whether the Persipda building has met thermal comfort or has not been seen from its thermal performance indicators. The research method uses quantitative methods, by directly measuring thermal performance indicators (temperature & humidity) on the exterior and interior of each floor of this building. So that the thermal performance of this building can be known specifically through the thermal performance indicators of each building envelope.

Keywords: *Transparent roof; roof openings; thermal performance; natural lighting; salatiga library*

PENDAHULUAN

Data penggunaan energi rata-rata gedung perkantoran di Indonesia adalah sebesar 250 KWh/m²/tahun, angka ini melebihi standar penggunaan energi pada gedung kantor yaitu 180

KWh/m²/tahun. Dapat disimpulkan bahwa banyak gedung perkantoran di Indonesia masih boros energi . (Erahman et al., 2015, p. 2). Kota Salatiga memiliki permintaan penyediaan kebutuhan energi listrik terus meningkat yang salah satu faktornya dipengaruhi dari sisi perencanaan pembangunan

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p67-83>

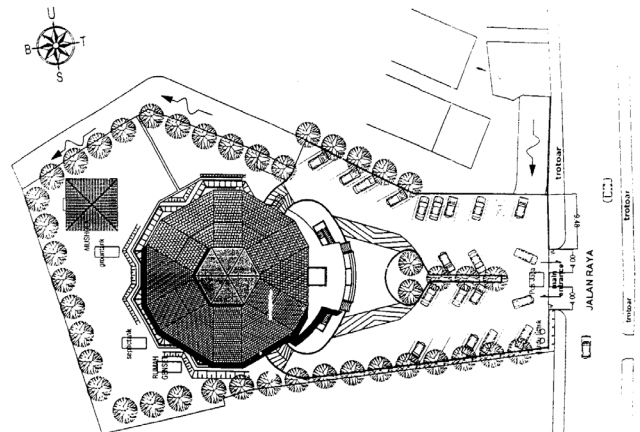
daerah. (Kholistianingsih, 2021, p. 104). Sehingga diperlukan perencanaan dengan konsep bangunan hemat energi, yaitu bangunan yang memiliki keseimbangan energi. Faktor faktornya antara lain: Pengoptimalan penggunaan internal heating load yang tinggi, menghindari overheating, perlindungan dari panas matahari dan silau, pengoptimalan pencahayaan alami, Fleksibilitas dalam penggantian dan perawatan alat di bangunan tanpa konsumsi energi yang berlebihan. (Gonzalo,2006) (Laksmiyanti et al., 2020, p. 1). Hasil rancangan tidak lagi memenuhi unsur estetika dan fungsional, tetapi harus memperhatikan tingkat keefisienan dalam penggunaan energi. Atau dengan kata lain hemat energi dimaksudkan mengurangi tingkat pemakaian listrik tanpa mengabaikan keindahan, fungsionalitas dan kenyamanannya.

Gedung Perpustakaan dan Kearsipan Daerah Kota Salatiga berada pada Jl. Adisucipto No. 7, Kota Salatiga. Gedung Persipda diresmikan oleh Walikota Salatiga tanggal 27 Februari 2013, untuk pelayanan perpustakaan mulai tanggal 1 maret 2013, sehingga dikenal Gedung Perpustakaan dan Kearsipan Daerah Kota Salatiga seperti terlihat sekarang ini. Bentuk arsitektural gedung ini memiliki ciri khusus berupa atap transparan pada puncaknya. Pada area interior dibawah konstruksi atap menggunakan plafond menempel pada konstruksi atap dengan pemasangan mengikuti kemiringan atap.



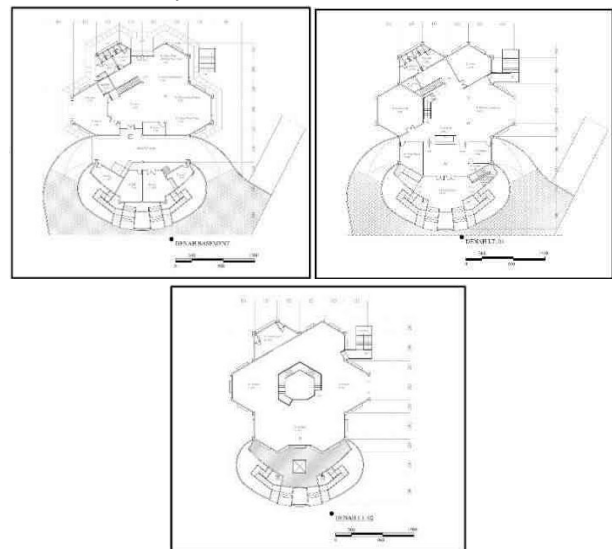
Gambar 1. Lokasi Persipda Salatiga.
sumber : Dok. Penulis 2022

Gedung Persipda menghadap arah timur serong ke arah tenggara. Pada area halaman merupakan land development dan sebagai area parkir, pada sisi belakang bangunan terdapat gasebo. Bangunan persipda dikelilingi dengan tata ruang luar yang hijau dengan banyak terdapat vegetasi terutama pada bagian belakang dan samping kiri.



Gambar 2. SitePlan Gedung Persipda Salatiga.
sumber : Dok. Pribadi 2022

Denah bangunan Gedung persipda berbentuk segi banyak beraturan dengan 18 belas bidang dinding terdapat bukaan jendela sebagai ventilasi alami kedalam bangunan. Pada tengah bangunan lantai 2 terdapat void sebagai penghubung dengan lantai 1 dan berfungsi sebagai area penerangan alami langsung dari atap transparan yang berada di atasnya.



Gambar 3. Denah Gedung Persipda Salatiga
sumber : Dok. Penulis 2022

Gedung persipda kota salatiga mempunyai tampak bangunan modern dengan penutup atap “menyerupai” kerucut, terbagi atas dua bagian kemiringan atap. Pada area teras lantai 1 menggunakan atap beton dengan ornament material “lisplank” berupa bahan alumunium berwarna orange.



Gambar 4. Tampak Gedung Persipda Salatiga
sumber : Dok. Penulis 2022

Sebagai bangunan publik bangunan Persipda harus mempertimbangkan kenyamanan pengguna bangunan yang berada di dalamnya dan dapat memenuhi beberapa faktor, salah satunya adalah faktor kenyamanan termal pada bangunan ini. Indikasi kenyamanan termal dikaji dari kinerja termal yang dikaji dari selimut bangunan dinding dan atap. Bangunan Persipda terdiri atas tiga lantai dengan denah segi banyak beraturan, terdapat void lebar ditengah bangunan sebagai penghubung lantai satu dengan lantai dua. Konstruksi atap berbentuk pipa dengan atap oundouline dan atap transparan model datar sebagai penutup atap puncaknya, yang bertujuan sebagai bukaan untuk mendapatkan intensitas sinar matahari dan penerangan alami di dalam bangunan ini.

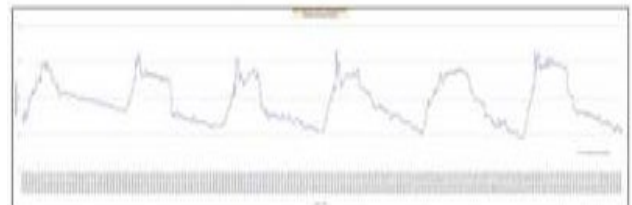
Kondisi eksisting tersebut menyebabkan kenyamanan ruang lantai satu dan dua pada gedung persipda ini, dirasakan udara yang panas dan pada ruang tertentu terdapat penerangan alami yang berlebih dan pada waktu – waktu tertentu menyebabkan silau pada ruangan terutama lantai dua dari bangunan ini. Kondisi bukaan pada atap transparan ini memberikan pengaruh terhadap kinerja termal pada ruang bangunan Persipda.



Gambar 5. Bukaan atap transferan Persipda Salatiga.
sumber : Dok. Penulis 2022

Iklm mikro

Sebelum pembahasan mengenai kinerja termal, sangat diperlukan mengenai data iklim lingkungan / iklim mikro pada suatu daerah penelitian. Pengertian iklim mikro dalam suatu penelitian adalah profil beberapa parameter iklim (suhu udara, kelembaban, angin, curah hujan dan panas terpaan sinar matahari) terdekat dengan obyek penelitian (Olgyay, 2015), (Lippsmeier, 1969), (Kindangan,2017) (Prianto, 2022, p. 118).



Gambar 6. Profil Iklim Mikro Kota Salatiga.
sumber : Puspa ragam bentuk
bentuk arsitektur setempat

Dilihat dari grafik profil iklim mikro diatas, kondisi temperature tidak terdapat pola perbedaan yang mencolok / signifikan dan cenderung berbentuk typical dari hari ke hari selama waktu pengukuran 2 hari. Berdasar dari hasil pengukuran tersebut didapatkan hasil profil iklim mikro kota salatiga seperti pada tabel berikut :

Tabel 1. Profil Iklim Mikro Kota Salatiga
sumber : *Puspa ragam bentuk bentuk arsitektur setempat*

Suhu (T_e) dan Temperatur (%)	T_e ($^{\circ}C$)	He (%)
Maksimal	31,8	96,7
Minimal	19,4	47
Rata – rata	24,6	81,1

Nilai kinerja termal suatu bahan atau bentuk bangunan didasarkan atas perbedaan suhu udara di dalam bangunan dengan suhu di lingkungan eksteriornya. Dalam kajian lebih detail kinerja termal suatu material sering disebut dengan Kinerja Termal (Eurolab, n.d.), (Soekardi, 2019), (Samodra, n.d.), dimana Faktor- U digunakan untuk menguji ketahanan suatu produk terhadap aliran panas, secara sederhana pengertian kinerja termal adalah faktor seberapa baik bangunan menahan panas.

Rumus perhitungan Kinerja Termal adalah sebagai berikut :

Teksterior – T interior = (+/-)..... Rumus 01
Heksterior – H interior = (+/-)..... Rumus 02
dimana : Tekst. Suhu udara ruang luar ($^{\circ}C$) T int. Suhu udara ruang dalam ($^{\circ}C$). Heks. Kelembaban udara ruang luar (%) H int. Kelembaban udara ruang dalam (%). Bilamana hasil (+) positif, berarti Suhu/ Kelembaban di interior dalam kondisi lebih sejuk, dan sebaliknya untuk hasil (-) negative. (Prianto, 2022, pp. 122–123)

Pendinginan Pasif

Selubung bangunan memberikan perlindungan terhadap pengaruh lingkungan luar yang tidak dikehendaki seperti panas radiasi, angin, hujan, kebisingan, polusi, dan memiliki peran penting dalam dalam mengurangi konsumsi untuk pendinginan dan pencahayaan. Pada bangunan berlantai satu dan dua, luas atap jauh lebih besar daripada luas dinding dan merupakan bagian dari bangunan yang terpapar sinar matahari langsung sepanjang hari, menyebabkan panas yang besar masuk ke dalam bangunan, oleh karena itu perancangan konstruksi atap bangunan harus dilakukan secara hati-hati untuk menghindari masuknya panas berlebih ke dalam bangunan dan

menjadi penentu beban panas yang masuk ke dalam bangunan. (Budhyowati, 2022, p. 46)

Tiga teknik pendinginan pasif yang diaplikasikan pada atap bangunan, yaitu; lapisan reflektif pada atap, isolasi termal pada langit-langit dan sirkulasi udara alami di zona loteng untuk meningkatkan kinerja termal bangunan residensial di Indonesia. (Lapisa et al., n.d., p. 208). Penerapan teknik pendinginan pasif bersamaan dalam menciptakan kenyamanan dalam suatu bangunan bahkan penghematan energi bangunan karena suatu beban panas radiasi matahari untuk bangunan di daerah tropis adalah dengan mengoptimalkan aspek lapisan reflektif pada atap, isolasi termal pada langit-langit dan sirkulasi udara alami di zona loteng. Pengolahan yang bijak terhadap aspek - aspek tersebut secara signifikan mengurangi suhu yang terlalu panas dan ketidaknyamanan termal pada bangunan secara keseluruhan. (Kindangan, 2017, p. 2) . Konstruksi atap hemat energi, memilih material penutup atap, plafon, dan insulasi atap yang memiliki nilai konduktivitas panas yang kecil dan memiliki nilai resistan yang besar sehingga sedikit mengalirkan panas. Tipe konstruksi atap yang paling baik adalah yang paling besar nilai resistannya sehingga nilai transmitannya menjadi kecil, dengan demikian panas yang dialirkan pun kecil. Jenis material penutup atap yang paling hemat energi adalah Panel Polystyrene dengan nilai konduktivitas 0.039 W/mK, nilai resistan 2.046 m²K/W dan nilai transmitan 0.489 W/m²K. untuk mengurangi nilai transmitan konstruksi atap dapat dilakukan dengan mendesain variasi tipe konstruksi. (Budhyowati, 2022, p. 55)

Teknik insulator dipengaruhi dari cara pemasangan insulator, material insulator, ketebalan insulator, maupun orientasi bangunan mempengaruhi penurunan suhu ruang. Dimana cara pemasangan terbaik adalah jika insulator dipasang miring mengikuti bentuk atap dan tepat di bawah atap terluar. Selain itu semakin tebal insulator maka semakin lambat perambatan panasnya, sehingga ruangan di bawahnya tidak secara langsung terasa panas. (Marina, 2020, p. 485)

Teknik bukaan ventilasi, bukaan pada keongan atap dapat dimanfaatkan untuk mengalirkan

udara yang berguna untuk mendinginkan udara panas dibawah atap yang sekaligus akan menurunkan suhu di dalam atap rumah. (Sukawi et al., 2016, p. 9) . Peran ventilasi dalam menciptakan kenyamanan termal dalam ruang sangat penting, hal ini terlihat pada bangunan yang berventilasi lebih terbuka pada material batu efektif dalam perambatan kalor, sehingga suhu dalam ruang lebih cepat beradaptasi dengan suhu luar ruangan saat suhu luar ruangan mulai hangat, dan saat malam hari saat ventilasi di tutup dengan adanya celah kecil pada ventilasi, dapat mempertahankan kondisi termal dalam ruang serta mengurangi efek gerah pada penghuni bangunan yang dikarenakan penumpukan kalor dalam ruang. (Retyanto & Hendriani, 2018, pp. 104–105)

METODE

Metode penelitian dilakukan dengan pengukuran langsung ke lapangan menggunakan alat ukur 10 buah data logger elitech GSP-6 dan peralatan penunjang lainnya, seperti tripot, dan payung sebagai pelindung alat dari hujan dan panas. Pengukuran dilakukan mulai pukul \pm 06.00 wib, dengan durasi selama 2 hari x 24 jam. Durasi pengukuran setiap 15 menit, jadi diperoleh data ukur pada masing – masing titiknya sebanyak 192 buah. Titik pengukuran berada pada setiap lantai bangunan di tambah dengan area outdoor. Dengan penomoran alat ukur sebagai berikut , T1 (outdoor depan), T2 (outdoor basement), T3 (lantai Basement), T4 (Lantai 01), T5 (Lantai 02), T6 (outdoor teras), T7 (outdoor atap), T08 (outdoor belakang), T09 (outdoor samping kanan) dan T10 (outdoor samping kiri).

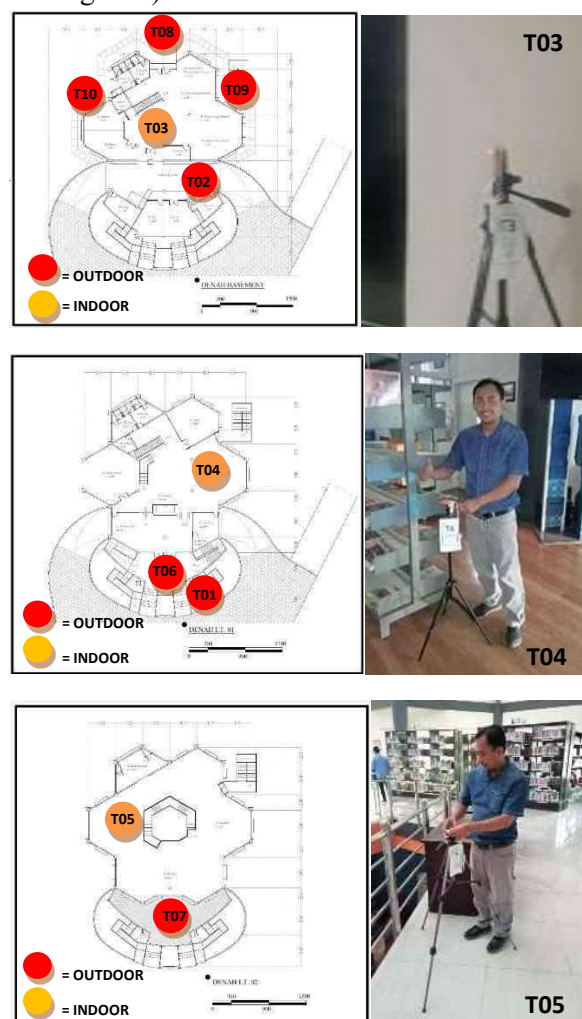


Gambar 7. Data Logger Elitech GSP-06.
sumber : Dok. Penulis 2022

HASIL & PEMBAHASAN

Pengambilan Data Lapangan

Pengambilan data dilakukan pada tanggal 12 s/d 13 september tahun 2022 (2 hari), dengan waktu pengambilan data selama satu hari penuh (24 jam) dimulai dari jam 6.00 wib s/d 6.00 hari berikutnya dengan menggunakan data logger elitech GSP-6. Titik pengukuran ditempatkan pada area outdoor dan indoor bangunan sejumlah 10 titik. Dimulai dari T1 (outdoor depan), T2 (outdoor basement), T3 (lt. basement), T4 (lt. 01), T5 (lt. 02), T6 (outdoor teras), T7 (outdoor atap), T8 (outdoor belakang), T09 (outdoor samping kanan) dan T10 (outdoor samping kiri bangunan).

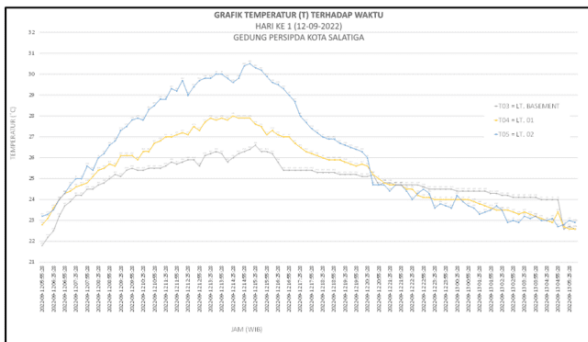


Gambar 8. Penempatan Titik Ukur
sumber : Dok. Penulis 2022

Hasil Pengukuran

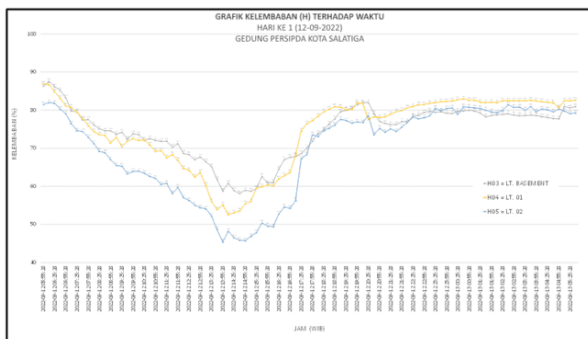
a. Hari pertama

Data temperature (T)°C dan kelembaban (H) % hari pertama didapat terlihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 9. *T int. Hari 01, Gedung Persipda*
sumber : Dok. Penulis 2022

Temperature interior (Tint) lantai gedung persipda Salatiga menunjukkan suhu tertinggi secara berurut mulai dari lantai 02 (Tmaks. 30,5°C terjadi pada jam 14.55 wib), lantai 01 (Tmaks. 28°C terjadi pada jam 14.25 wib) dan lantai basement (T maks. 26,6°C terjadi pada jam 15.25 wib). Perbedaan temperatur lantai 02 dengan lantai 01 sebesar 2,5 °C dan lantai 01 dengan lantai basement sebesar 1,4 °C.

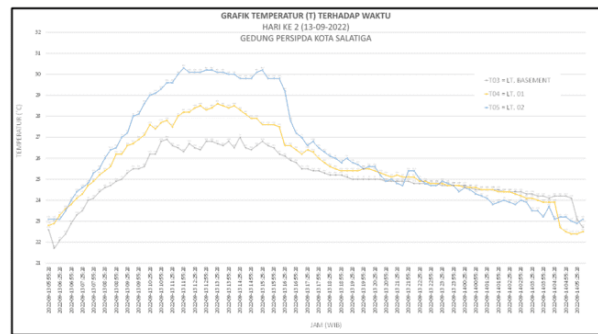


Gambar 10. *H int. Hari 01, Gedung Persipda*
sumber : Dok. Penulis 2022

Nilai kelembaban (Hint) berbanding terbalik dengan nilai temperaturnya. Kelembaban tertinggi secara berurut mulai dari lantai basement (Hmaks. 87,5% terjadi pada jam 06.25 wib), lantai 01(Hmaks. 86,7% terjadi pada jam 06.25 wib), dan lantai 02 (Hmaks. 82% terjadi pada jam 06.25 wib),

b. Hari kedua

Data temperature (T)°C dan kelembaban (H) % hari pertama didapat terlihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 11. *T int. Hari 02, Gedung Persipda*
sumber : Dok. Penulis 2022

Temperature interior (Tint) tertinggi secara berurut terjadi pada lantai 02 (Tmaks. 30,3°C terjadi pada jam 11.55 wib), lantai 01 (Tmaks. 28,6°C terjadi pada jam 13.25 wib) dan lantai basement (T maks. 27°C terjadi pada jam 14.25 wib). Perbedaan temperatur lantai 02 dengan lantai 01 sebesar 1,7 °C dan lantai 01 dengan lantai basement sebesar 1,6 °C.



Gambar 12. *H int. Hari 01, Gedung Persipda*
sumber : Dok. Penulis 2022

Kelembaban (Hint) berbanding terbalik dengan nilai temperaturnya. Kelembaban tertinggi secara berurut mulai dari lantai basement (Hmaks. 85,6% terjadi pada jam 07.25 wib), lantai 01(Hmaks. 82,6% terjadi pada jam 05.25 wib), dan lantai 02 (Hmaks. 81,6% terjadi pada jam 04.25 wib),

Pengaruh Atap Transparan Terhadap Kinerja Termal

Untuk mengetahui pengaruh atap transparan terhadap kinerja termal, dilakukan kajian kinerja termal gedung persipda dari setiap lantainya (lantai basement, lantai 01 dan lantai 02), dengan kajian kinerja termal pada 4 sisi dinding (depan, kanan, belakang dan kiri). Setelah didapat hasil kinerja

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p67-83>

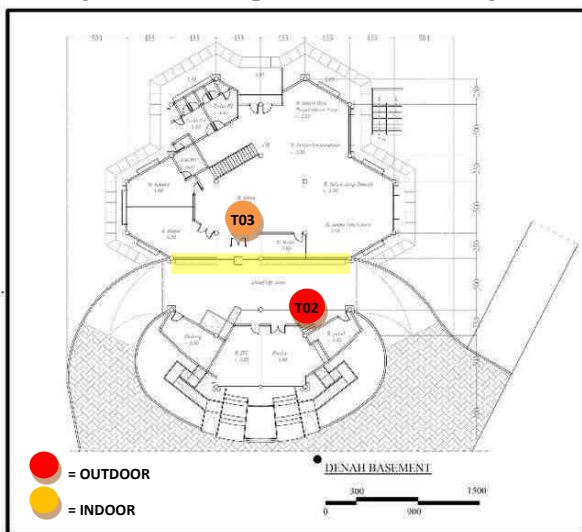
termal tersebut khusus lantai 02 dikaji dari kinerja termal atap bangunannya, karena pada lantai 02 ini selain dinding terdapat juga selimut bangunan yang berupa atap.

Dinding Depan Lt. Basement
sumber : Dok. Penulis 2022

A. Lantai Basement

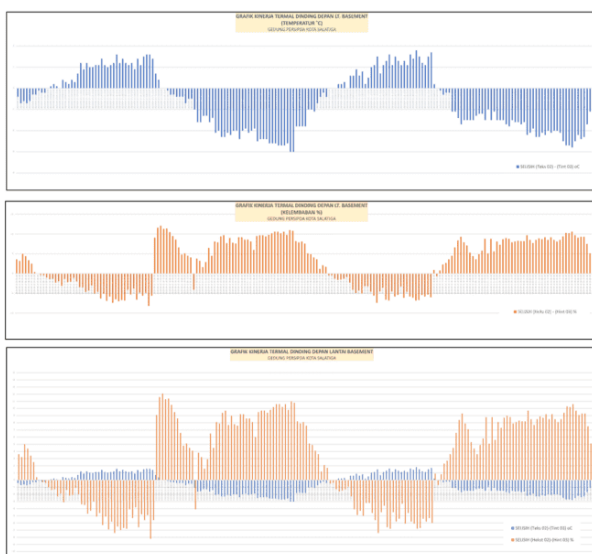
- Kinerja Termal Dinding Depan

Bidang dinding warna kuning sebagai area kajian kinerja termal pada lantai basement ini. Dinding berada pada area droof off basement berada ditengah antara ruangan servis dan ruangan kantor arsip daerah kota Salatiga.



Gambar 13. *Dinding Depan Lt. Basement*
sumber : Dok. Penulis 2022

Kinerja termal pada dinding depan lantai basement diperoleh selisih perbedaan T02 – T03 dan H02 – H03. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.



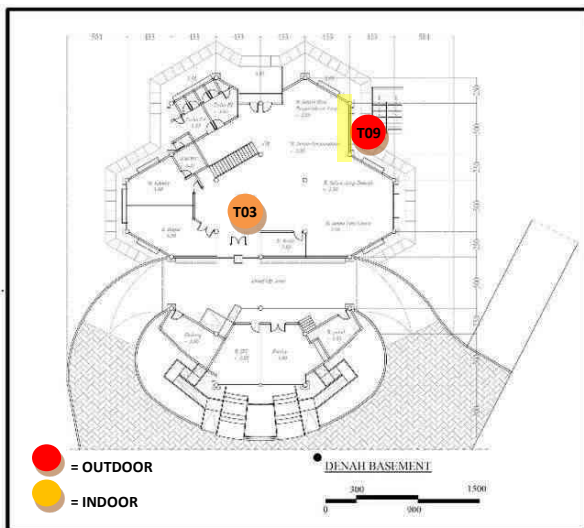
Gambar 14. *Grafik Kinerja Termal*

Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembabannya (H) %. Grafik kinerja termal antara pengukuran hari pertama dengan hari kedua berbentuk serupa / typical, urain kinerja termal digunakan dari salah satu waktu pengukurannya, yaitu hari pertama. Kinerja termal dinding depan lantai basement menunjukkan :

- Jam 5.55 s/d jam 8.00 wib **Tint lebih panas dari Teks** (bernilai negatif) dengan nilai < 1 °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).
- Jam 8.00 s/d jam 18.00 wib **Tint lebih dingin dari Teks** (bernilai positif) dengan selisih tertinggi mencapai 1,6 °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 08.00 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 14.00 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 18.00 wib.
- Jam 18.00 wib s/d jam 6.00 wib hari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** (bernilai negatif) dengan selisih tertinggi mencapai ≥ 3 °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 18.00 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 04.30 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 06.00 wib hari berikutnya.

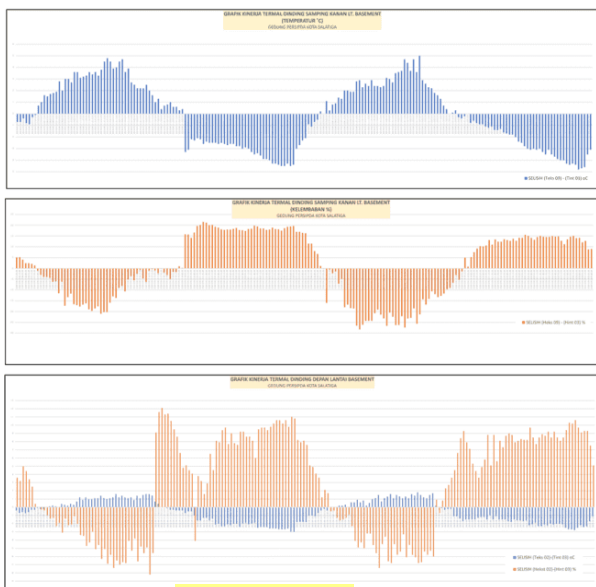
- Kinerja termal dinding samping kanan

Dinding samping kanan lantai basement terlihat pada bidang yang berwarna kuning. Dinding berada diantara area tangga outdoor yang merupakan tangga servis ke area lantai atasnya dan ke area tandon, pada area bawah bordes sebagai area genset.



Gambar 15. Dinding Samping Kanan Lt. Basement
sumber : Dok. Penulis 2022

Kinerja termal pada dinding samping kanan lantai basement diperoleh selisih perbedaan T09 – T03 dan H09 – H03. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.



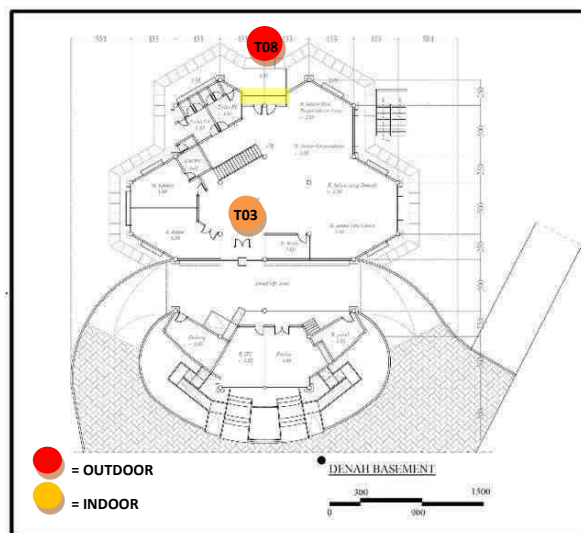
Gambar 16. Grafik Kinerja Termal Dinding Samping Kanan Lt. Basement
sumber : Dok. Penulis 2022

Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding samping kanan lantai basement menunjukkan :

- Jam 5.55 s/d jam 7.25 wib **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai < 1 °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).
- Jam 7.25 s/d jam 19.40 wib **Tint lebih dingin dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai 4,8 °C , berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 07.25 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 13.25 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 19.40 wib.
- Jam 19.40 wib s/d jam 6.55 wib hari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai 4,5 °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 19.40 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 03.55 s/d 4.40 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 06.55 wib hari berikutnya.

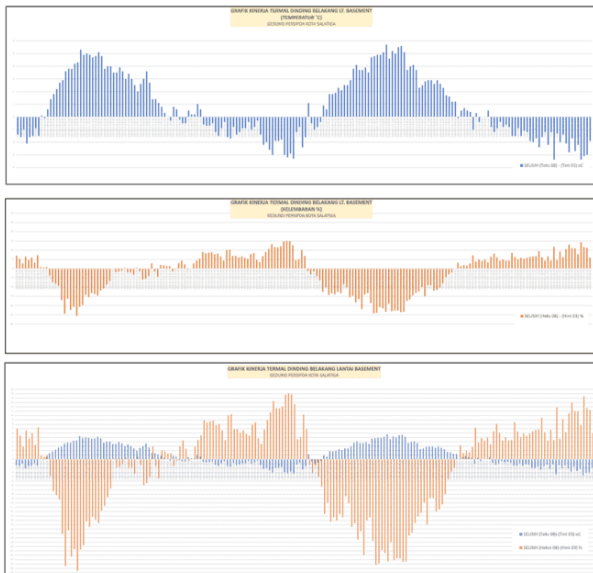
- **Kinerja termal dinding belakang**

Dinding belakang lantai basement terlihat pada bidang yang berwarna kuning. Dinding berhadapan langsung dengan halaman belakang yang berupa area taman.



Gambar 17. Dinding Belakang Lt. Basement
sumber : Dok. Penulis 2022

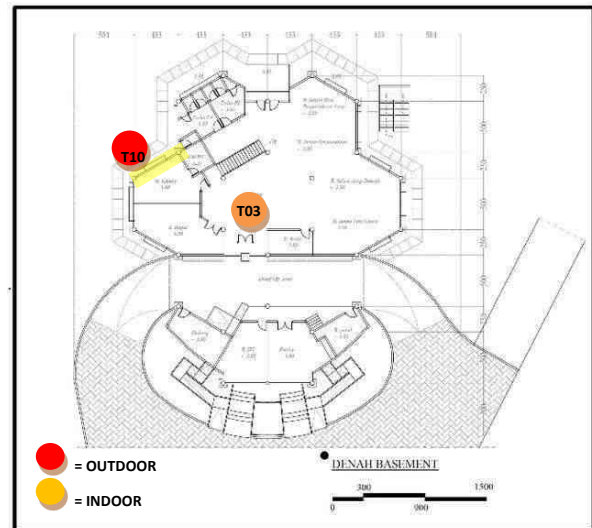
Kinerja termal pada dinding belakang lantai basement diperoleh selisih perbedaan T08 – T03 dan H08 – H03. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.



Gambar 18. Grafik Kinerja Termal Dinding Belakang Lt. Basement
sumber : Dok. Penulis 2022

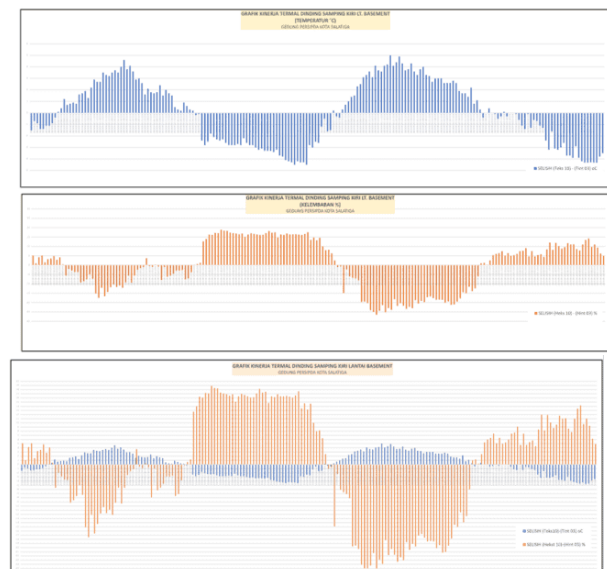
Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding belakang lantai basement menunjukkan :

- Jam 5.55 s/d jam 7.40 wib **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai $< 2,1$ °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).
- Jam 7.40 s/d jam 21.25 wib **Tint lebih dingin dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai $5,1$ °C , berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 7.40 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 12.40 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 21.25 wib.
- Jam 21.25 wib s/d jam 7.10 wib hari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai $3,2$ °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 21.25 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 04.55 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 07.10 wib hari berikutnya.
- **Kinerja termal dinding samping kiri**
Dinding samping kanan lantai basement terlihat pada bidang yang berwarna kuning. Dinding berhadapan langsung dengan area taman sisi kiri bangunan.



Gambar 19. Dinding Samping Kiri Lt. Basement
sumber : Dok. Penulis 2022

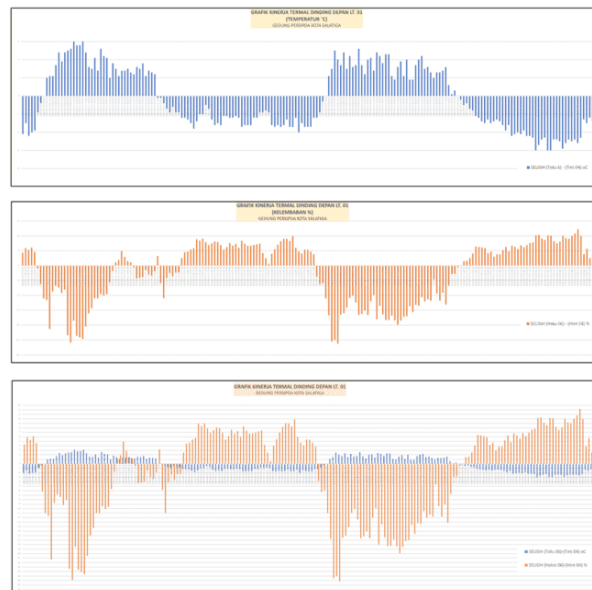
Kinerja termal pada dinding samping kiri lantai basement diperoleh selisih perbedaan T10 – T03 dan H10 – H03. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.



Gambar 20. Grafik Kinerja Termal Dinding Samping Kiri Lt. Basement.
sumber : Dok. Penulis 2022

Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding samping kiri lantai basement menunjukkan :

- Jam 5.55 s/d jam 7.55 wib **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai $< 1,5$ °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).
- Jam 7.55 s/d jam 19.25 wib **Tint lebih dingin dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai $4,6$ °C , berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 7.55 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 13.40 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 19.25 wib.
- Jam 19.25 wib s/d jam 6.55 wib hari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai $4,5$ °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 19.25 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 3.55 wib s/d 04.55 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 06.55 wib hari berikutnya.

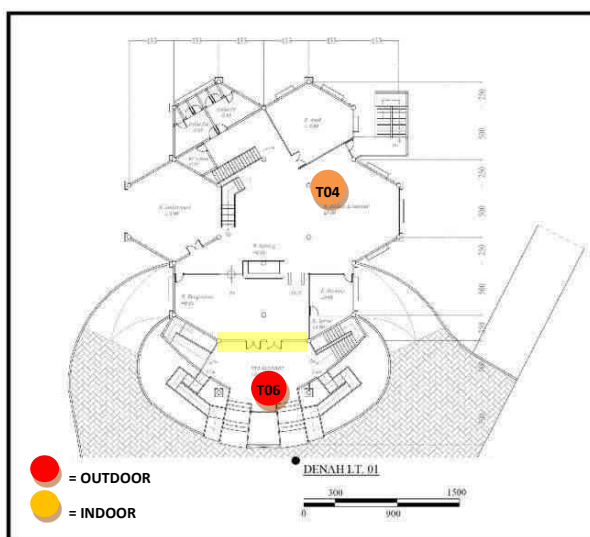


Gambar 22. *Grafik Kinerja Termal Dinding Depan Lt. 01*
sumber : Dok. Penulis 2022

B. Lantai 01

- Kinerja termal dinding depan

Bidang dinding warna kuning sebagai area kajian kinerja termal pada dinding depan lantai 01 ini. Merupakan dinding pembatas antara teras dengan ruang perpustakaan.

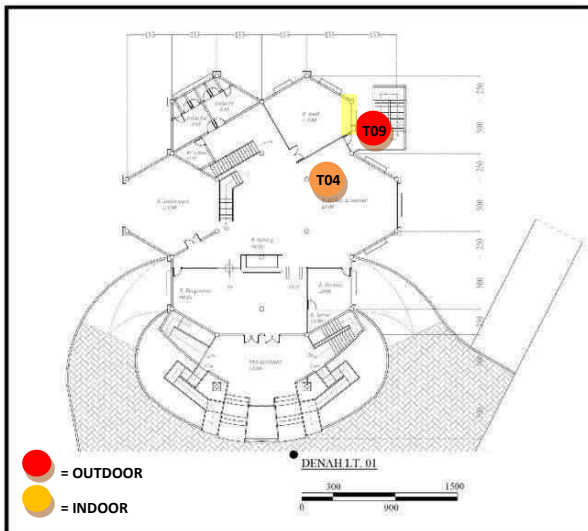


Gambar 21. *Dinding Depan Lt. 01*
sumber : Dok. Penulis 2022

Kinerja termal pada dinding depan lantai 01 diperoleh selisih perbedaan T06 – T04 dan H06 – H04. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.

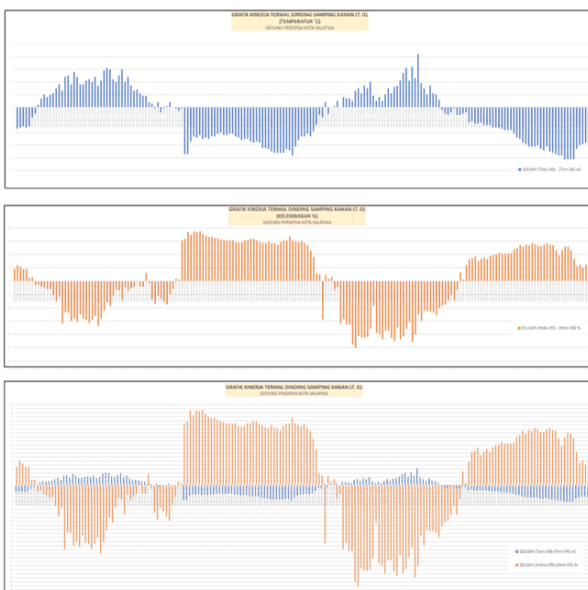
Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding depan lantai 01 menunjukkan :

- Jam 5.55 s/d jam 7.40 wib **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai $< 2,2$ °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).
- Jam 7.40 s/d jam 16.55 wib **Tint lebih dingin dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai $3,1$ °C , berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 7.40 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 10.55 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 16.55 wib.
- Jam 16.55 wib s/d jam 6.55 wib hari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai 2 °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 16.55 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 4.55 dan mengalami penurunan sampai dengan jam 06.55 wib hari berikutnya.
- **Kinerja termal dinding samping kanan**
Bidang dinding warna kuning sebagai area kajian kinerja termal pada dinding samping kanan lantai 01 ini. Berada pada area disebelah tangga outdoor.



Gambar 23. Dinding Samping Kanan Lt. 01
sumber : Dok. Penulis 2022

Kinerja termal pada dinding samping kanan lantai 01 diperoleh selisih perbedaan T09 – T04 dan H09 – H04. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.



Gambar 24. Grafik Kinerja Termal
Dinding Samping Kanan Lt. 01
sumber : Dok. Penulis 2022

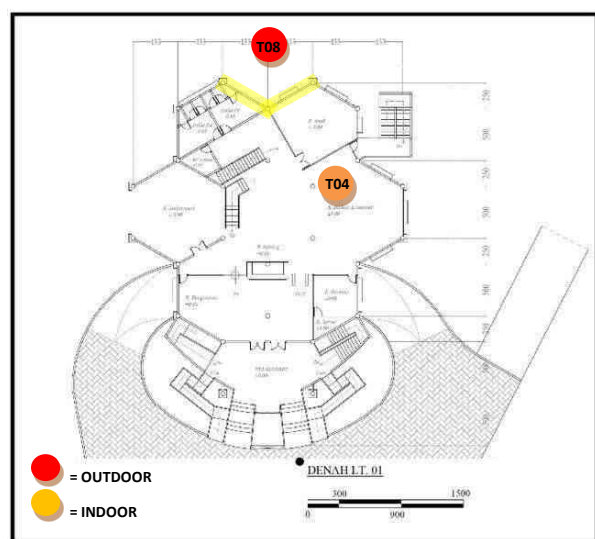
Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding samping kanan lantai 01 menunjukkan :

- Jam 5.55 s/d jam 7.25 wib **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai $< 1,7$ °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).

- Jam 7.25 s/d jam 18.55 wib **Tint lebih dingin dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai $3,1$ °C , berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 7.25 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 13.25 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 18.55 wib.
- Jam 18.55 wib s/d jam 8.10 wib hari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai $3,8$ °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 18.55 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 4.55 dan mengalami penurunan sampai dengan jam 8.10 wib hari berikutnya.

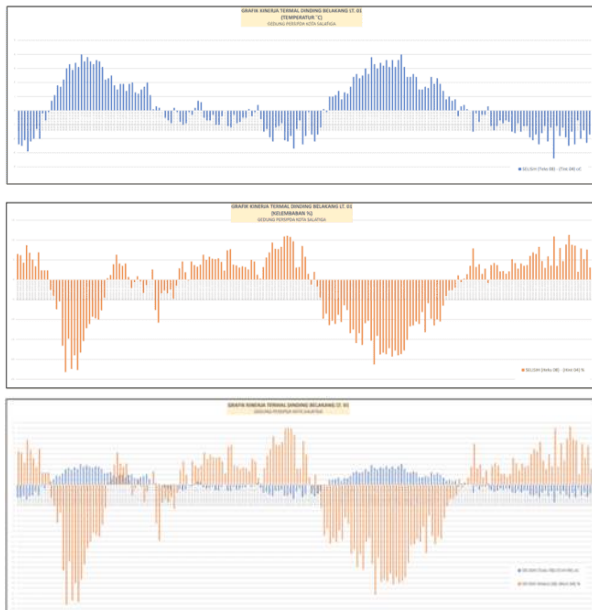
- **Kinerja termal dinding belakang**

Bidang dinding warna kuning sebagai area kajian kinerja termal pada dinding belakang lantai 01, menghadap taman sisi belakang bangunan.



Gambar 25. Dinding Belakang Lt. 01
sumber : Dok. Penulis 2022

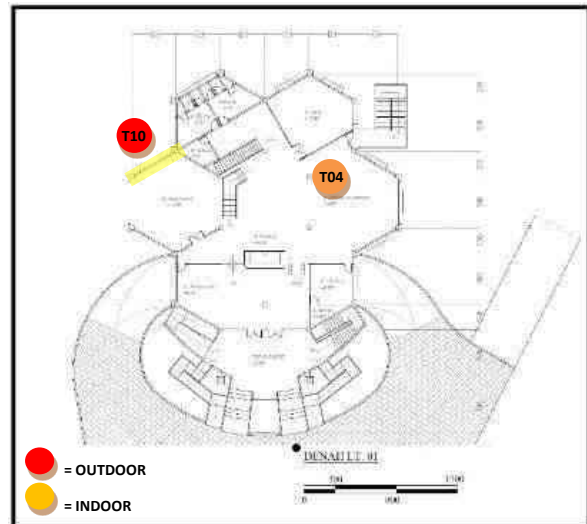
Kinerja termal pada dinding belakang lantai 01 diperoleh selisih perbedaan T08 – T04 dan H08 – H04. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.



Gambar 26. Grafik Kinerja Termal Dinding Belakang Lt. 01
sumber : Dok. Penulis 2022

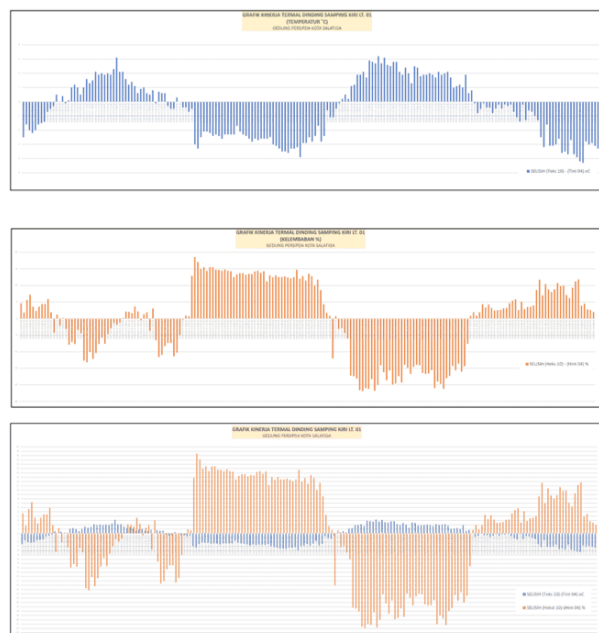
Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding samping kanan lantai 01 menunjukkan :

- Jam 5.55 s/d jam 8.25 wib **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai $< 2,2$ °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).
- Jam 8.25 s/d jam 17.55 wib **Tint lebih dingin dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai 4 °C , berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 8.25 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 11.10 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 17.55 wib.
- Jam 17.55 wib s/d jam 7.40 wib hari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai 2,7 °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 17.55 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 4.55 dan mengalami penurunan sampai dengan jam 7.40 wib hari berikutnya.
- **Kinerja termal dinding samping kiri**
Bidang dinding warna kuning sebagai area kajian kinerja termal pada dinding samping kiri lantai 01, menghada taman sisi kiri bangunan.



Gambar 27. Dinding Samping Kiri Lt. 01
sumber : Dok. Penulis 2022

Kinerja termal pada dinding samping kiri lantai 01 diperoleh selisih perbedaan T10 – T04 dan H10 – H04. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.



Gambar 28. Grafik Kinerja Termal Dinding Samping Kiri Lt. 01
sumber : Dok. Penulis 2022

Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding samping kanan lantai 01 menunjukkan :

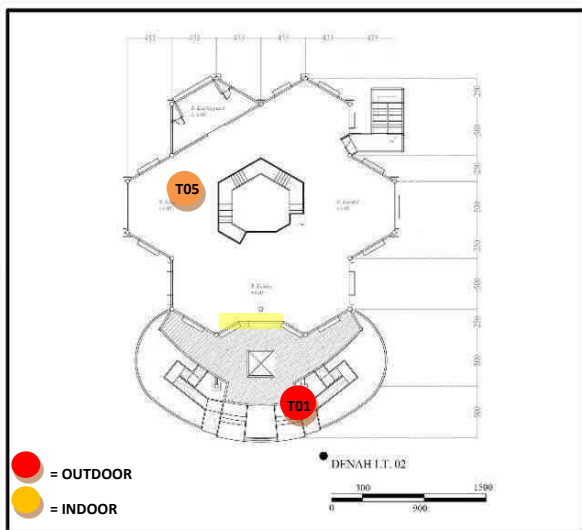
- Jam 5.55 s/d jam 8.25 wib **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai $< 2,5$ °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).

- Jam 8.25 s/d jam 17.55 wib **Tint lebih dingin dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai $3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 8.25 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 13.40 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 17.55 wib.
- Jam 17.55 wib s/d jam 8.25 wib hari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai $3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 17.55 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 4.55 dan mengalami penurunan sampai dengan jam 8.25 wib hari berikutnya.

C. Lantai 02

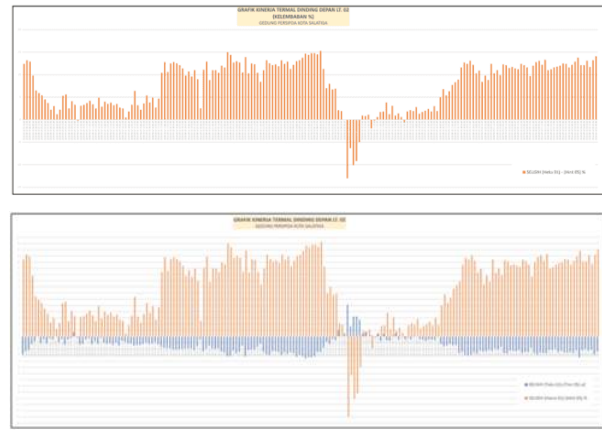
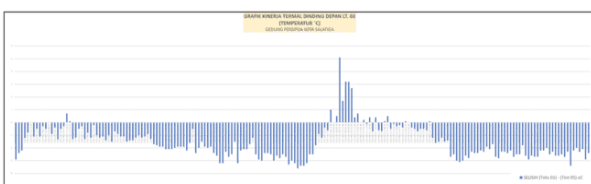
- Kinerja termal dinding depan

Bidang dinding warna kuning sebagai area kajian kinerja termal pada dinding depan lantai 02, merupakan dinding pembatas area atap beton teras dengan ruang perpustakaan lantai02.



Gambar 29. Dinding Depan Lt. 02
sumber : Dok. Penulis 2022

Kinerja termal pada dinding depan lantai 02 diperoleh selisih perbedaan T01 – T05 dan H01 – H05. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.



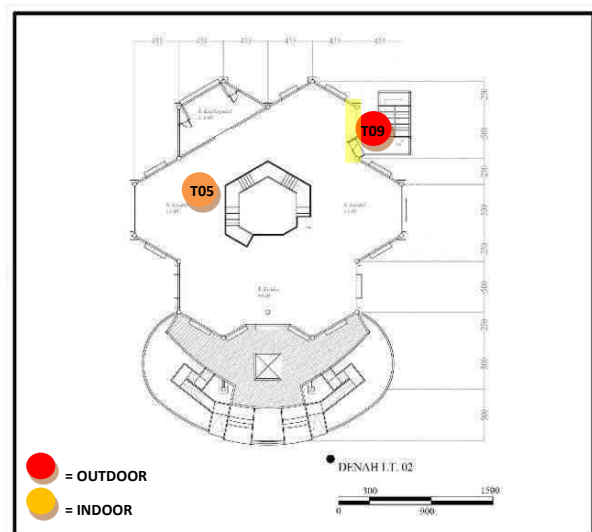
Gambar 30. Grafik Kinerja Termal Dinding Depan Lt. 02
sumber : Dok. Penulis 2022

Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) $^{\circ}\text{C}$, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding depan lantai 02 menunjukkan perbedaan pola dengan lanatai basement dan lantai 01.

- Jam 5.55 s/d jam 7.55 wib dihari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai $< 2,9^{\circ}\text{C}$, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). pada waktu tertentu terdapat Tint lebih dingin dari Teks (sekali / dua kali) disebabkan faktor lain, secara umum Tint lebih tinggi daripada Teks dan terjadi sepanjang hari.

- Kinerja termal dinding samping kanan

Bidang dinding warna kuning sebagai area kajian kinerja termal pada dinding samping kanan lantai 02, berada diantara tangga outdoor.

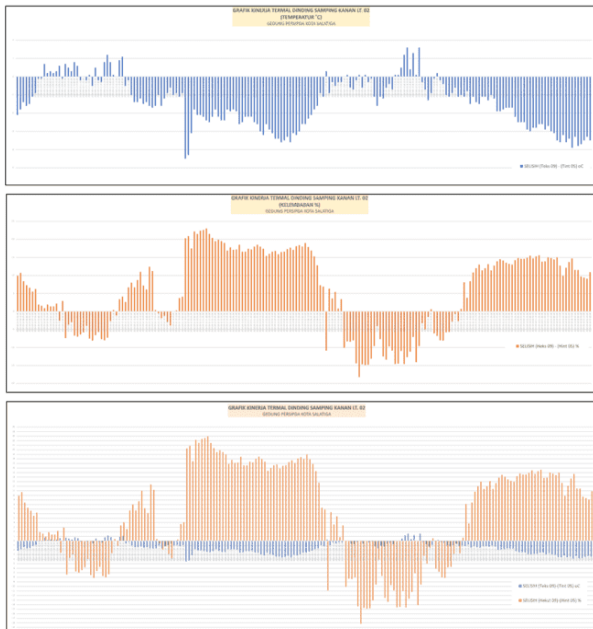


Gambar 31. Dinding Samping Kanan Lt. 02

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p67-83>

sumber : Dok. Penulis 2022

Kinerja termal pada dinding samping kanan lantai 02 diperoleh selisih perbedaan T09 – T05 dan H09 – H05. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.

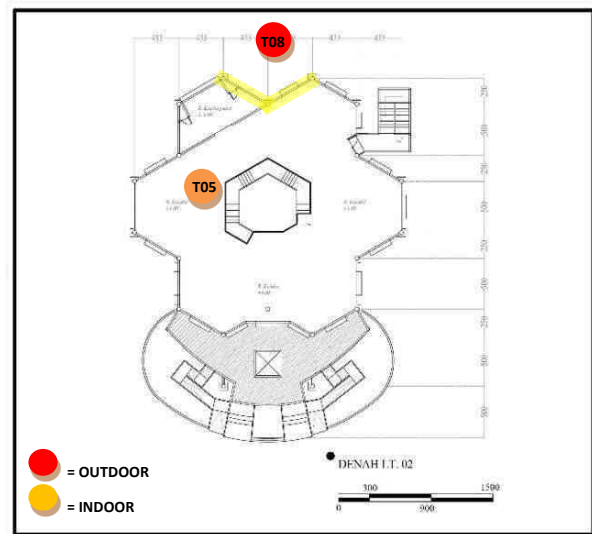


Gambar 32. Grafik Kinerja Termal Dinding Samping Kanan Lt. 02
sumber : Dok. Penulis 2022

Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding samping kanan lantai 02 menunjukkan :

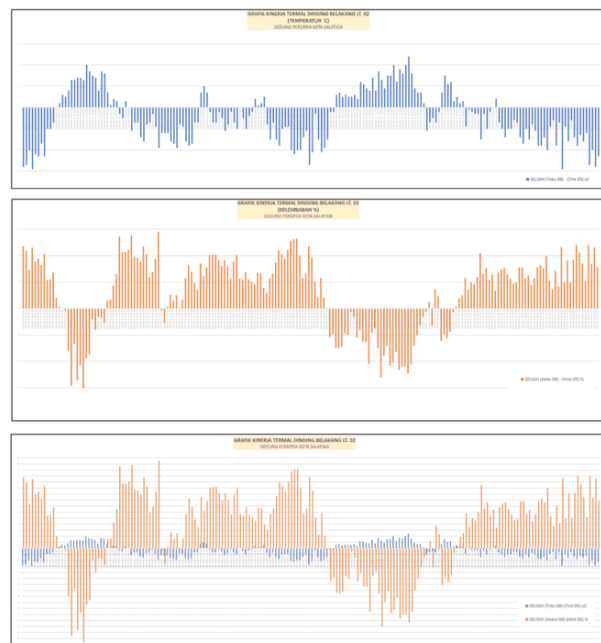
- Jam 5.55 s/d jam 7.40 wib **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai $< 2,1$ °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).
- Jam 7.40 s/d jam 14.55 wib **Tint tidak stabil**, kadang Tint lebih dingin dari Teks begitu juga sebaliknya. Tint lebih dingin dari Teks (1,2 °C), Tint lebih panas dari Teks (0,5 °C)
- Jam 14.55 wib s/d jam 7.25 wib hari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai 4,5°C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 14.55 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 19.55 dan mengalami penurunan sampai dengan jam 7.25 wib hari berikutnya.
- **Kinerja termal dinding belakang**

Bidang dinding warna kuning sebagai area kajian kinerja termal pada dinding belakang lantai 02, menghadap ke taman belakang.



Gambar 33. Dinding Belakang Lt. 02
sumber : Dok. Penulis 2022

Kinerja termal pada dinding belakang lantai 02 diperoleh selisih perbedaan T08 – T05 dan H08 – H05. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.

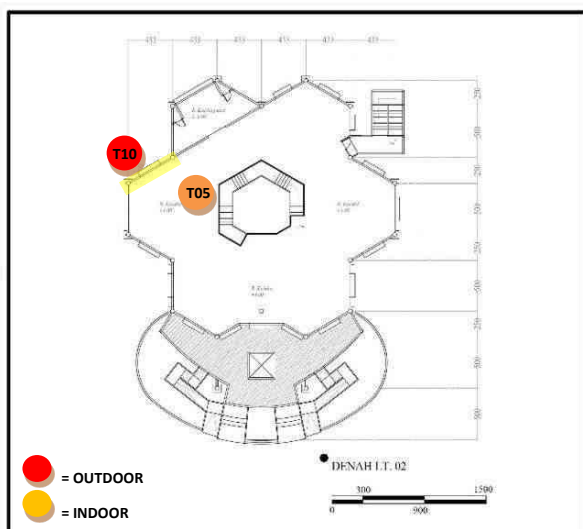


Gambar 34. Grafik Kinerja Termal Dinding Belakang Lt. 02
sumber : Dok. Penulis 2022

Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding belakang lantai 02 menunjukkan :

- Jam 5.55 s/d jam 8.40 wib **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai $< 2,9$ °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).
- Jam 8.40 s/d jam 14.40 wib **Tint lebih dingin dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai 2 °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).
- Jam 14.40 wib s/d jam 1.55 wib hari berikutnya **Tint tidak stabil**, kadang Tint dominan lebih panas dari Teks, tetapi pada waktu tertentu Tint bisa lebih dingin dari Teks. Tint lebih panas dari Teks ($1,8$ °C) dan Tint lebih dingin dari Teks (1 °C).
- Jam 1.55 wib s/d jam 7.40 wib hari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai $2,7$ °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 1.55 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 5.40 dan mengalami penurunan sampai dengan jam 7.40 wib hari berikutnya.

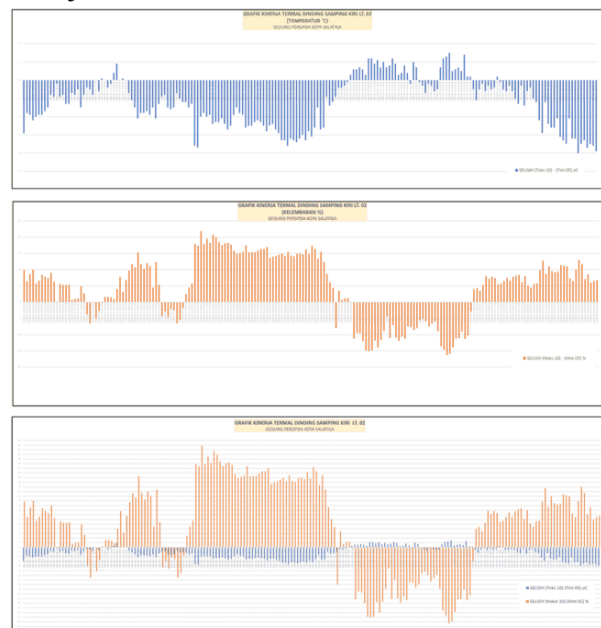
- **Kinerja termal dinding samping kiri**
Bidang dinding warna kuning sebagai area kajian kinerja termal pada dinding samping kiri lantai 02, menghadap ke taman samping kiri.



Gambar 35. Dinding Samping Kiri Lt. 02
sumber : Dok. Penulis 2022

Kinerja termal pada dinding samping kiri lantai 02 diperoleh selisih perbedaan T10 – T05 dan H10 –

H05. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.



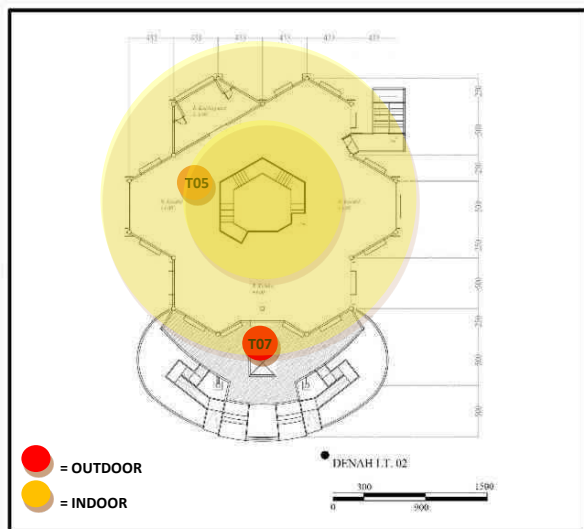
Gambar 36. Grafik Kinerja Termal Dinding Samping Kiri Lt. 02
sumber : Dok. Penulis 2022

Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding samping kiri lantai 02 menunjukkan pola yang sama dengan kinerja termal dinding depan lantai 02 ini.

- Jam 5.55 s/d jam 8.55 wib dihari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai $< 2,9$ °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). pada waktu tertentu terdapat Tint lebih dingin dari Teks (sekali / dua kali) disebabkan faktor lain, secara umum Tint lebih tinggi dari Teks terjadi sepanjang hari.

- **Kinerja termal atap**

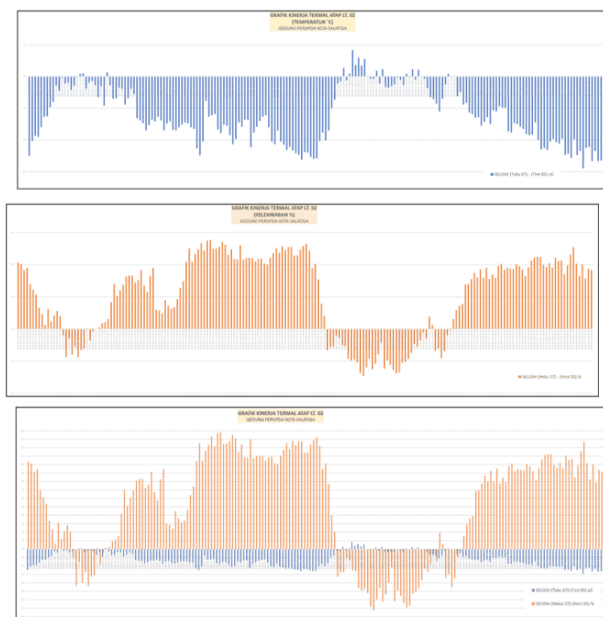
Pada lantai 02 terdapat selimut bangunan bidang atap, terlihat pada bidang lingkaran kuning. Lingkaran kuning besar atap jenis ondouline, lingkaran kuning kecil atap transparan model datar.



Gambar 37. Bidang Atap

sumber : Dok. Penulis 2022

Kinerja termal atap lantai 02 diperoleh selisih perbedaan T07 – T05 dan H07 – H05. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.



Grafik biru adalah kinerja termal nilai T (°C), grafik oranye kinerja termal nilai H (%).

Kinerja atap menunjukkan pola yang sama dengan kinerja termal dinding depan dan dinding samping kiri lantai 02.

- Jam 5.55 s/d jam 8.10 wib dihari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai 2,5°C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). pada waktu tertentu terdapat Tint lebih dingin dari Teks (sekali / dua kali) disebabkan faktor lain, secara

umum Tint lebih tinggi dari Teks terjadi sepanjang hari.

KESIMPULAN

Pengaruh atap transparan terhadap kinerja termal gedung Persipda kota Salatiga ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Untuk mendapatkan jawaban pengaruh atap terhadap kinerja termal dilakukan pengukuran pada selimut bangunan seluruh lantai. Lantai basement & lantai 01 pengukuran kinerja termal dinding depan, samping kanan, belakang dan samping kiri. Untuk lantai 02 selain semua semua sisi dinding ditambah dengan sisi bidang atap.
- Data pengukuran diperoleh kondisi Temperatur (T °C) dan Kelembaban (%) ruang. Temperatur tertinggi / panas secara urut adalah lantai 02, lantai 01 dan lantai basement.
- Kinerja termal pada semua sisi dinding lantai basement diperoleh hasil rata – rata nilai kinerja termalnya jam ± 6.00 wib s/d 9.00 wib (pagi hari) Tint lebih panas daripada Teks. Selanjutnya Jam 9.00 wib s/d 18.00 wib (siang s/d sore) Tint lebih dingin dari Teks. Jam 18.00 wib s/d 6.00 wib (malam s/d pagi) hari selanjutnya Tint lebih panas dari Teks.
- Kinerja termal pada semua sisi dinding lantai 01 memiliki pola yang sama dengan lantai basement.
- Kinerja termal pada semua sisi dinding lantai 02 diperoleh hasil rata – rata nilai kinerja termalnya jam ± 6.00 wib s/d 6.00 wib hari selanjutnya Tint lebih panas daripada Teks.
- Kinerja termal pada bidang atap lantai 02 diperoleh selisih temperature yang mencapai 2,5°C, dengan waktu yang stabil nilai temperature tidak jauh berbeda dari angka tersebut.
- Hasil penelitian kinerja termal pada selimut bangunan lantai basement dan lantai 01 membentuk pola selisih temperature Tint lebih panas dari Teks, jam ± 6.00 wib s/d 9.00 wib (pagi hari), Tint lebih dingin dari Teks, 9.00 wib s/d 18.00 wib (siang hari s/d sore hari), Tint lebih panas dari Teks, Jam 18.00 wib s/d 6.00 wib (malam s/d pagi hari). Pola sebaliknya terjadi pada lantai 02, yaitu sepanjang hari Tint lebih panas dari Teks (Jam 6.00 wib s/d 6.00 wib hari berikutnya), hal ini dikarenakan pada area lantai 02 terdapat atap transparan. Jadi atap transparan ini

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p67-83>

- memberikan pengaruh terhadap Tint selalu lebih panas dibanding dengan Teks.
- Solusi kinerja termal atap lantai 02, menggunakan lapisan reflektif pada atap, isolasi termal pada langit-langit dan sirkulasi udara alami di zona loteng, karena gedung Persipda tidak terdapat loteng, digunakan jendela atap untuk sirkulasi udaranya.
 - Penelitian ini membahas secara umum kinerja termal karena keberadaan dari atap transparan, untuk analisa dan perhitungan karakteristik bahan bangunan, dimensi bukaan dan faktor – faktor teknis lainnya, dibutuhkan penelitian lebih lanjut.

REFERENSI

- Budhyowati, M.N, 2022, "Kajian Konstruksi Atap Bangunan Hemat Energi", *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, Vol. 4 No. 2 , 45–57.
- Erahman, P. F., Nugroho, A. M., & Sujudwijono, N. ,2015, "Kantor Sewa dengan Pendekatan Pencahayaan Alami di Kota Malang [PhD Thesis]". *Brawijaya University*.
- Kholistianingsih, K. ,2021, "Perencanaan dan Pemenuhan Energi Listrik Di Kota Salatiga". *Teodolita: Media Komunikasi Ilmiah Di Bidang Teknik*, Vol. 22 No.2, 102–110.
- Kindangen, J. I., 2017, "Pendinginan Pasif untuk Arsitektur Tropis Lembab". *Deepublish (CB Budi Utama)*.
- Laksmiyanti, D. P. E., Nilasari, P. F., & Hendra, F. H, 2020, Desain Tanggap Iklim. "In Desain Tanggap Iklim". *CV. Pilar Edukasi*.
- Lapisa, R., Setiawan, M. Y., Arwizet, F. R., & Krismadinata, N. (n.d.). "Pemanfaatan Teknik Pendinginan Pasif Untuk Meningkatkan Performa Termal Bangunan Residensial di Indonesia".
- Marina, N. F.,2020, "Dampak Lapisan Konstruksi Atap terhadap Suhu Ruang". *AGREGAT*, Vol. 5 No.2.
- Prianto, E.,2022, "Belajar Mengkaji Kinerja Termal pada Loteng Atap Kampung (Studi Eksperimen dengan Rumah Model)".
- Retyanto, B. D., & Hendriani, A. S.,2018, "Aspek Ventilasi Dan Aktivitas Penghuni Menciptakan Kenyamanan Termal Rumah Vernakuler Lereng Sindoro-Sumbing". *Gravity: Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Fisika*, Vol. 4 No.1.
- Sukawi, S., Dwiyanto, A., Sari, S. R., & Hardiman, G. (2016). Keongan Atap: Model Ventilasi Atap Pada Hunian Kampung Kota Di Kampung Pendrikan Semarang. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, Vol. 1 No. 1.