

PENELITIAN PERFORMA HYGROTHERMAL DARI DOUBLE SKIN FAÇADE (DSF) DENGAN PENGGUNAAN TIRAI DALAM JENDELA : ANALISA EXPERIMENTAL DI KOTA SEMARANG

Eddy Prianto^{1*}, Maria Carizza Pandora Raharja¹, Vira Ansari¹, Ashim Furqoni¹,
Muhammad Syndu Yoga Pratama¹ dan Riza Adi Pratama¹

¹Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jalan Prof. Sudarto, S.H. Tembalang Semarang Kode Pos 50275

*Email: eddyprianto@arsitektur.undip.ac.id

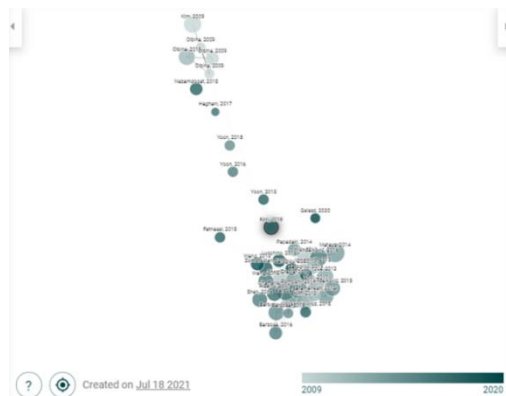
Abstrak

Penggunaan tirai dalam ruangan merupakan salah satu konfigurasi aplikasi Double Skin Façade (DSF). Dan sudah banyak studi yang menyatakan bahwa DSF berperan dalam mengurangi beban panas ruangan, konsumsi energi serta merupakan salah satu cara dalam meningkatkan performa tampilan envelop, terutama façade utama bangunan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui profil hygrotermal suatu ruangan yang berorientasi ke arah timur dari efek penggunaan tirai dalam ruangan berjendela full kaca. Penelitian ini menggunakan metode pengukuran lapangan dengan obyek full skala yang berada disalah satu bangunan hotel berbintang 4 di kota Semarang. Dua kondisi diperbandingkan, yaitu kondisi ruangan dengan jendela tanpa tirai dan kondisi lainnya berupa ruangan dengan jendela terpasang tirai. Pengukuran dilakukan dengan seperangkat alat digital datalogger dengan rentang waktu 15 menit selama 24 jam. Hasil kinerja penggunaan tirai terhadap profil suhu udara dan kelembaban udara dalam ruangan sangat signifikan, bahwa penggunaan tirai akan menciptakan ruangan lebih dingin dua jam lebih daripada ruangan tanpa tirai.

Kata kunci: Tirai jendela, DSF, hygrotermal, Experimental Full Skala, Semarang

1. PENDAHULUAN

Double skin dengan system pasif sudah sangat dikenal sebagai elemen disain façade arsitektur bangunan untuk meminimalkan ambience interior yang terlalu panas. Dan sudah banyak studi yang menyatakan bahwa DSF (*Double Skin Façade*) dapat berperan dalam mengurangi konsumsi energi serta merupakan salah satu system untuk meningkatkan performa tampilan envelop bangunannya (Wong dkk, 2008), (Kalyanova, 2008). (Fang dkk, 2011), (Prianto, 2012), (Matour dkk, 2019).



Gambar 1. Sajian peta tematik DSF dengan fasilitas *connectedpapers* (*connectedpapers*,2021)

Menurut studi dengan obyek bangunan di daerah yang tropis sangat panas (United Arab Emirates), disampaikan oleh Aldawoud dkk di tahun 2020 bahwa salah satu manfaat DSF adalah diperolehnya penghematan energi sebesar 22% dibandingkan dengan bangunan yang tidak menggunakan DSF (Aldawoud dkk, 2020). Sedangkan menurut Kim dkk ditahun 2018, disampaikan bahwa penghematan beban panas ruangan tanpa tirai bisa mencapai 40%, sedangkan ruangan bertirai eksterior bisa mencapai 27-52% (Kim dkk, 2018). Kedua kajian ini tidak menjelaskan secara rinci arah orientasi obyek bangunannya, padahal menurut Pathirana dkk bahwa orientasi sangat signifikan dalam mengubah terciptanya kenyamanan thermal sebesar 20-55% (Pathirana dan Halwatura, 2019). Terkait kajian tematik sejenis, kami gunakan aplikasi *connectedpapers*, dimana dengan aplikasi ini

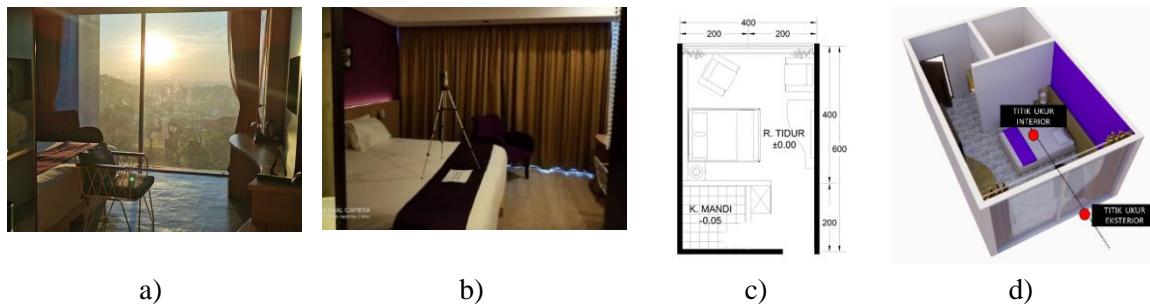
kita dapat menjelajahi literatur dengan topik serupa serta tersajikan dalam bentuk grafik. Fasilitas ini lebih praktis dan melengkapi pencarian basis data tradisional yang sekedar menggunakan kata kunci (lihat gambar 01). (Wong, 2021), (Connectedpapers, 2021).

Dalam pengamatan kali ini kami mencoba mengisi dan melengkapi kajian-kajian tersebut diatas(GAP analisis), dan metodenya adalah analisa experimental dengan full skala. Obyek kasus bangunan tropis-modern di kota Semarang, bangunan diposisikan mendapat pancaran sinar matahari langsung pada pagi-siang hari (orientasi Timur). Karakteristik spesifik ruangan ini adalah berupa ruangan hunian yang salah satu dindingnya berupa kaca full dan pada area kaca ini dimungkinkan dipasang secara pasif tirai pada bagian dalamnya. Pengamatan ini merupakan serial kajian terhadap peran DSF yang kami kembangkan di departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro (Prianto dkk, 2021).

2. METODOLOGI

2.1. Obyek Penelitian

Penelitian ini menggunakan obyek skala 1:1 (full skala), yaitu sebuah kamar tidur hotel berbintang 4 di kota Semarang yang terletak antara garis $6^{\circ} 50'$ - $7^{\circ} 10'$ Lintang Selatan dan garis $109^{\circ} 35'$ - $110^{\circ} 50'$ Bujur Timur (Carizza dan Prianto, 2021). Ruangan berukuran 4.00meter x 6.00meter x tinggi 2.50meter ini berorientasi ke arah Timur. Sekeliling dinding kamar tidur ini terbuat dari batu bata berlapis gypsum, kecuali pada bagian depannya berupa dinding kaca berdemensi lebar 4.00 meter x tinggi 2.50 meter dengan type *double tempered laminated blue* 6mm+6mm. Pengukuran *hygrotermal* dilakukan dengan 2 (dua) kondisi : KONDISI 01 adalah ruangan dengan posisi dinding kaca terbuka, sedangkan KONDISI 02 adalah ruangan dengan posisi dinding kaca tertutup tirai. (lihat gambar 2).



Gambar 2. Visualisasi obyek : a) ruangan berjendela terbuka, b) ruangan berjendela tertutup tirai, c) denah ruangan; d) posisi pengambilan titik ukur pada obyek studi.

2.2. Metode Pelaksanaan

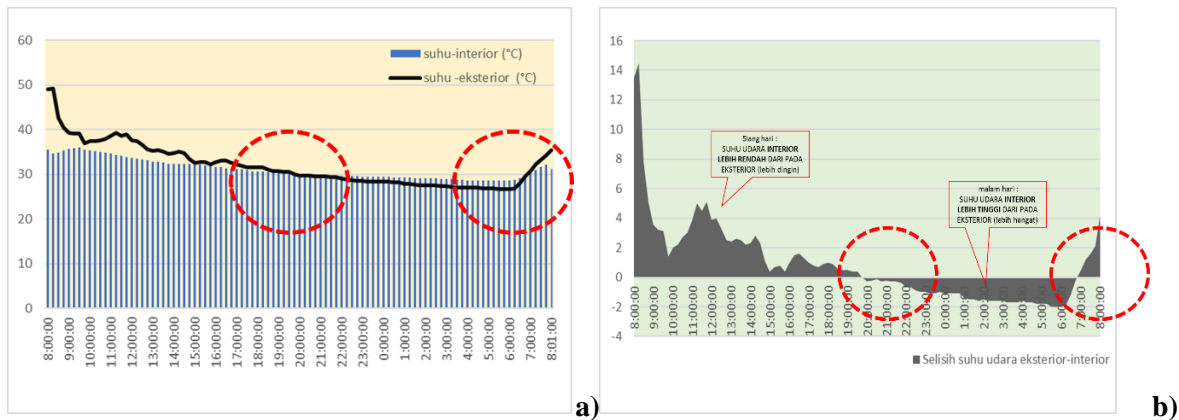
Pengukuran untuk mendapatkan data suhu udara dan kelembaban udara dilakukan pada 2 (dua) titik ukur (eksterior dan interior) (lihat gambar 2.d). Pengukuran ini menggunakan perangkat digital bernama Datalogger hygrotermometer. Adapun langkah-langkah pengamatannya sebagai berikut :

- Pengukuran dilakukan full 24 jam dan perekaman data ukur diatur setiap 15 menit, sehingga selama 24 jam akan didapatkan rekaman sebanyak 96/ data. Secara detail ada 4 data ukur : suhu udara interior dan eksterior serta kelembaban udara interior dan eksterior.
- Pengukuran model Kondisi-01 dilakukan hari pertama dan model Kondisi 02 dilakukan hari berikutnya dan rekapitulasi data berupa selisih kondisi eksterior terhadap kondisi interior.
- Perhitungan kinerja dinding kaca terbuka dan tertutup tirai dari obyek ini kami perbandingkan. Pola kerja mengukur kinerja suatu obyek dengan cara menghitung selisih kondisi eksterior terhadap interiornya kami mengadap/bersependapat dengan penelitian yang dilakukan oleh Vesques (Vesques dkk, 2020).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Ukur Kondisi Dinding Kaca tanpa tirai (MODEL-KONDISI 01)

Gambar 3 merupakan grafik visualisasi hasil rekam digital dari datalogger dan hasil perhitungan selisih kondisi eksterior terhadap interiornya.



Gambar 3: Profil suhu udara KONDISI 01: a) grafik hasil pengukuran, b) grafik hasil perhitungan selisih suhu udara interior terhadap eksterior

3.1.1. Hasil ukur dan perhitungan selisih suhu udara.

Profil suhu udara interior dan eksterior diamati selama 24 jam pada bulan april 2021. Grafik profil suhu udara interior dan eksterior pada gambar 3 membentuk suatu garis linier yang menurun landai dari pk 08.00 hingga pk.06.00 pada hari berikutnya. Besaran suhu udara Interior selama 24 jam mencapai maksimal pada jam 09.30 sebesar 36°C dan terendah sebesar 28.7°C pada pk.05.30 dengan rata-rata sebesar 29.4°C. Sedangkan besaran suhu udara Eksteriornya mencapai maksimal sebesar 49.2°C pada pk.08.15 dan minimalnya sebesar 26.7°C pada pk.05.30 dengan rata-rata suhu udara eksterior sebesar 32.1°C. (lihat gambar 3.a)

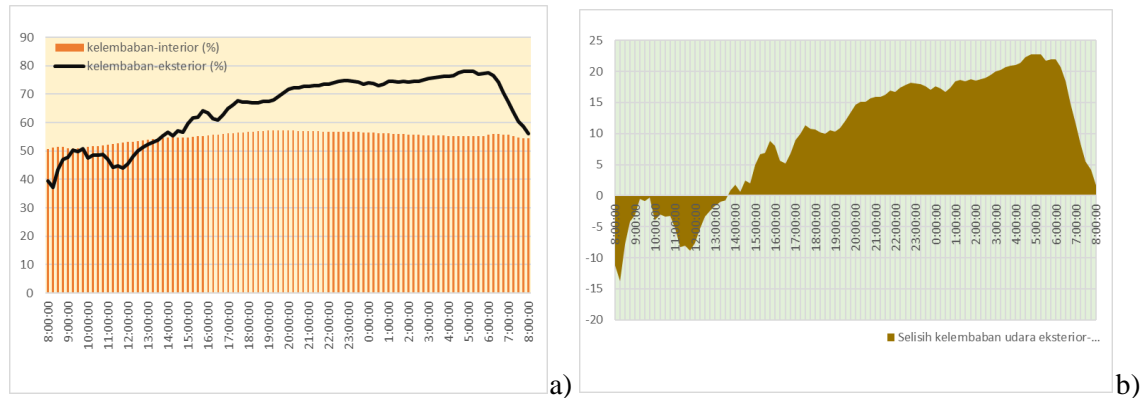
Profil selisih suhu udara Eksterior terhadap suhu Interior dapat dilihat pada gambar 3.b, dimana ambience Interior berada pada nilai POSITIF. Nilai ini memiliki arti bahwa kondisi suhu udara Interior jauh lebih dingin dari pada suhu udara Eksteriornya, yaitu berada pada rentang pk.06.00 hingga pk.20.00. Dan malam hari (pk.20.00-pk.06.00) kondisi nilai suhu udara sebaliknya. Pada kondisi pertama (ambience interior terasa lebih dingin dari pada eksteriornya), nilai selisih suhu udara rata-rata sebesar 2,7°C dan selisih maksimumnya sebesar 14°C pada pk 08.00 serta selisih minimnya sebesar 0°C pada pk20.00. Sedangkan kondisi kedua (ambience interior lebih hangat) terjadi antara pk.20.00 hingga pk.06.00. Situasi ini memiliki selisih suhu udara rata-ratanya sebesar 1,2°C dan nilai maksimal sebesar 0,1°C (pk.20.30) serta minimal sebesar 2°C (pk.06.00)

Kesimpulannya, bahwa ruangan dengan dinding jendela full (tanpa penghalang tirai) dengan posisi/orientasi menghadap ke Timur ini, memiliki ambience interior lebih dingin daripada suhu udara eksteriornya selama 12jam (dari pk 08.00 hingga pk.20.00). Artinya sepanjang siang hari dari matahari terbit hingga terbenam (pk.06.00-pk.18.00) dan berlanjut hingga pk 20.00.

3.1.2. Hasil ukur dan perhitungan selisih kelembaban suhu udara.

Sedang gambar 4, memperlihatkan profil kelembaban interior dan eksterior. Grafik profil ini memiliki bentuk yang dinamis, karena pada saat itu terjadi turun hujan pada pagi hari dengan adanya angin relatif cukup besar. Besaran kelembaban udara Interior selama 24 jam mencapai maksimal pada jam 19.30 sebesar 57,2% dan terendah sebesar 50,7% pada pk.08.00 dengan rata-rata sebesar 55%. Sedangkan besaran kelembaban udara Eksteriornya mencapai maksimal pada jam 05.00 sebesar 78% dan terendah sebesar 37,3% pada pk.08.00 dengan rata-rata sebesar 64,6%.

Profil selisih kelembaban udara Eksterior terhadap kelembaban Interior, dalam pengukuran 24 jam dapat dikelompokkan menjadi dua bagian. Bagian pertama, ambience Interior berada dengan nilai NEGATIF yang terjadi pada waktu siang hari (pk.08.00 hingga pk.13.00) dan kondisi POSITIF nya berada pada rentang pk.14.00 hingga pk.08.00 esok harinya. Pada kondisi kelembaban udara interior lebih tinggi dari pada eksteriornya (nilai negatif), nilai selisih suhu udara rata-rata sebesar 5,1%, dimana selisih maksimumnya sebesar 0,3% pada pk 09.45 (saat hujan deras) dan selisih minimnya sebesar 13,8% pada pk08.15 (saat udara cerah/ada sinar matahari). Sedangkan kondisi kelembaban udara ruangan interior lebih rendah dari pada eksterior, yang terjadi antara pk.13.30 hingga pk.08.00 esok harinya. Situasi ini memiliki selisih kelembaban udara rata-ratanya sebesar 14,1%, dengan nilai maksimal sebesar 22,8% (pk.05.00) dan minimal sebesar 0,6% (pk.14.15)

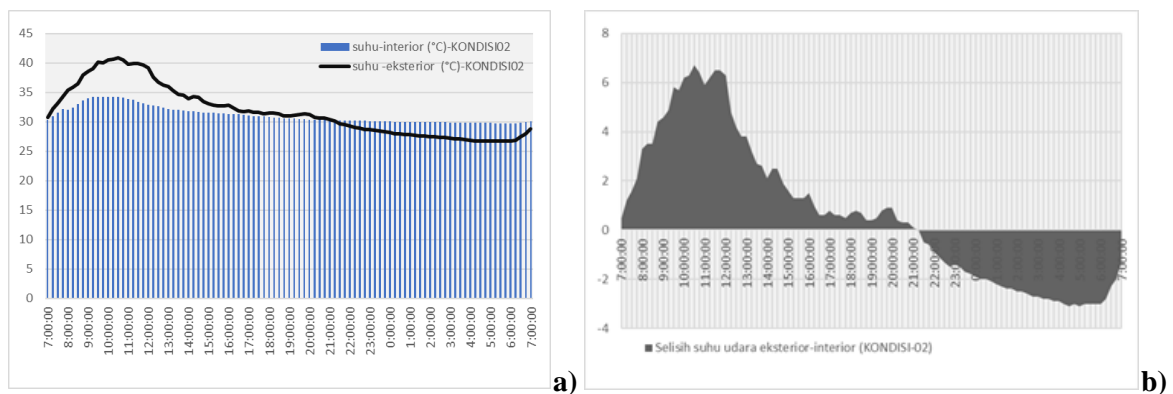


Gambar 4: Profil kelembaban udara KONDISI 01 : a) grafik hasil pengukuran, b) grafik hasil perhitungan selisih suhu udara interior terhadap eksterior

Kesimpulannya, bahwa ambience Interior dengan dinding jendela tanpa penghalang tirai ini memiliki kondisi kelembaban udara interior lebih tinggi daripada suhu udara eksteriornya selama 5jam 30 menit (dari pk 08.00 hingga pk.13.30), dikarenakan pada saat pengukuran – kondisi pada bagian eksteriornya terjadi turun hujan. Dan selebihnya pk.13.30 hingga pengukuran berakhir, kondisi kelembaban udara interiornya selalu berposisi lebih rendah daripada eksteriornya.

3.2. Hasil Ukur Kondisi Dinding Kaca tertutup tirai (MODEL KONDISI 02)

Menyimak gambar 5 yang menunjukkan grafik visualisasi hasil rekam digital dari datalogger dan hasil perhitungan selisih eksterior terhadap interiornya dari KONDISI 02 (ruangan tertutup tirai jendela pada bagian dalamnya).



Gambar 5: Profil suhu udara KONDISI 02 : a) grafik hasil pengukuran, b) grafik hasil perhitungan selisih suhu udara interior terhadap eksterior

3.2.1. Hasil ukur dan perhitungan selisih suhu udara.

Pola tampilan nya membentuk suatu garis linier mulai menurun landai dari pk 10.00 hingga pk.06.00 pada hari berikutnya. Besaran suhu udara Interior selama 24 jam mencapai maksimal pada jam 09.30 sebesar 34,3°C dan terendah sebesar 29,7°C pada pk.05.15-pk06.00 dengan rata-rata sebesar 31,14°C. Sedangkan besaran suhu udara Eksteriornya mencapai maksimal sebesar 40,9°C pada pk.10.30 dan minimalnya sebesar 26,7°C pada pk.05.00-pk.06.00 dengan rata-rata suhu udara eksterior sebesar 31,8°C. (lihat gambar 6.a)

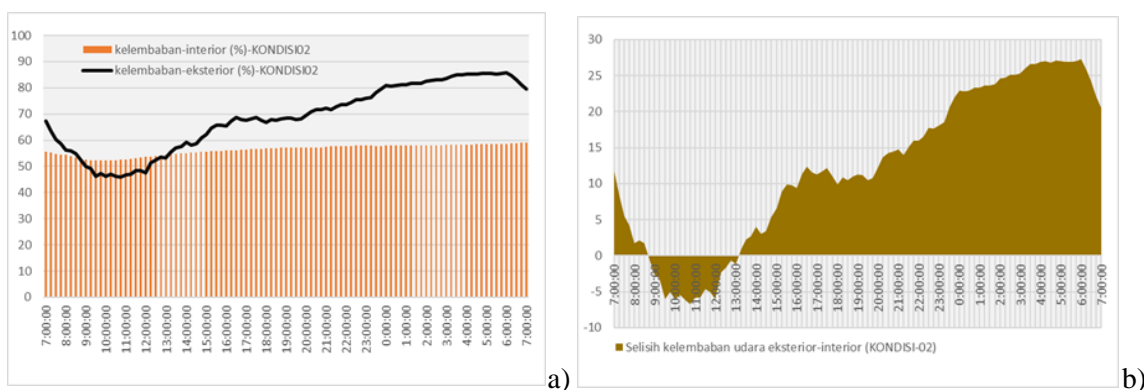
Profil selisih suhu udara interior terhadap suhu eksterior dapat dilihat pada gambar 6.b, kondisi Interior berada pada nilai POSITIF yang berada pada rentang pk 07.00 hingga pk 21.15 atau lebih lama 60 menit dari pada kondisi 01. Dan selama malam hari (pk.21.00-pk.07.00) kondisinya sebaliknya. Pada kondisi interior terasa dingin (pk.07.00-pk.21.00) nilai selisih suhu udara rata-rata sebesar 2,6°C, dimana selisih maksimumnya sebesar 6,7°C pada pk 10.30 dan selisih miniminnya sebesar 0°C pada pk.21.00. Kondisi ini relatif lebih stabil karena cuaca cerah/tidak hujan sebagaimana pengukuran pertama. Sedangkan untuk kondisi interior terasa hangat yang terjadi antara

pk.21.00 hingga pk.06.00, situasi ini memiliki selisih suhu udara rata-ratanya sebesar 2,2°C, dengan nilai maksimal sebesar 0,5°C (pk.21.30) dan minimal sebesar 3,1°C (pk.05.00)

Kesimpulannya, bahwa ruangan dengan dinding jendela tertutup tirai full ini, memiliki ambience interior lebih dingin daripada suhu udara eksteriornya selama 14jam (dari pk 07.00 hingga pk.21.00) atau 2 jam lebih lama dari pada kondisi pertama. Artinya kondisi sore hari atau matahari telah terbenampun ambience ruangan ini masih memiliki suasana suhu udara dingin hingga pk.21.00.

3.2.2. Hasil ukur dan perhitungan selisih kelembaban suhu udara.

Mencermati gambar 6, memperlihatkan tampilan profil kelembaban interior dengan nilai positif jauh lebih bsar dari pada nilai negatif. Besaran kelembaban udara Interior rata-rata sehariannya (selama pengukuran) selama 24 jam mencapai maksimal sebesar 59,1% dan terendah sebesar 52,2%, dimana keduanya terjadi pada pagi hari pk 07.00, sedangkan nilai kelmbaban udara rata-rata sebesar 56,3%. Untuk besaran kelembaban udara Eksteriornya mencapai maksimal pada jam 06.00 sebesar 85,8% dan terendah sebesar 45,8% pada pk.10.00 dengan rata-rata sebesar 68,5% atau lebih tinggi 12% dari kelembaban interiornya (56,3%).



Gambar 6: Profil kelembaban udara KONDISI 02 : a) grafik hasil pengukuran, b) grafik hasil perhitungan selisih suhu udara interior terhadap eksterior

Profil selisih kelembaban udaranya yang bernilai NEGATIF terjadi pada waktu siang hari (pk.08.00 hingga pk.13.00) sedangkan nilai POSITIF berada pada rentang pk.13.00 hingga pk.08.00 esok harinya. Untuk kondisi kelembaban bernilai negatif (berdurasi hanya 5 jam) selisih suhu udara rata-rata sebesar 4,1%, dimana selisih maksimumnya sebesar 0,5% pada pk 10.45 dan selisih miniminnya sebesar 6,7% pada pk08.45 (saat udara lebih cerah dari pada pengukuran sebelumnya/ada sinar matahari). Sedangkan kondisi kelembaban udara ruangan bernilai positif memiliki selisih kelembaban udara rata-ratanya sebesar 17%, dengan nilai maksimal sebesar 27,3% (pk.06.00) dan minimal sebesar 0,8% (pk.13.15)

Kesimpulannya, bahwa ruangan dengan dinding jendela tertutup tirai full memiliki kondisi kelembaban udara interior lebih rendah/kering selama 5 jam, yaitu dari pk 08.30 hingga pk.13.30. Atau lebih pendek waktunya dibanding kondisi model 01, hal ini dapat dipahami karena kondisi eksteriornya tidak hujan.

4. KESIMPULAN

- Pengukuran suatu obyek yang berada dalam kondisi waktu yang berbeda, dimana hasil ukur keduanya akan diperbandingkan, maka perhitungan nilai akhir masing-masing harus “distandartkan”, yaitu daam hal ini dilakukan dengan menentukan “nilai akhir” dari hasil selesai data ukur eksterior dan interiornya. Hal inilah kita sebut dengan “nilai kinerja” suatu obyek.
- Ruangn dengan jendela kaca tanpa penutup tirai dan berorientasi ke arah Timur, memiliki suhu udara interior lebih dingin dari pada eksteriornya selama 12jam (pk.08.00-20.00) Sedangkan untuk ruangan yang tertutup tirai memiliki durasi lebih lama 2 jam atau 14 jam.
- Kondisi kelembaban interior, secara prinsip pada kedua pengukuran ini, memilki nilai POSITIF lebih dominan dari pada nilai negatif. Nilai positif mengandung pengertian tingkat kelembaban interior lebih kecil dari pada eksteriornya.

- Untuk kasus ini, dimana saat pengukuran hari pertama terjadi hujan pada pagi hari, memberi dampak signifikan terhadap nilai kelembaban interiornya (selama 5 jam berstatus negatif).
- Studi ini juga masih berpeluang untuk dikembangkan dengan kajian penggunaan tirai pada bagian luarnya, ragam faktor iklim yang beragam (misalnya kondisi full cerah, mempertimbangkan aspek iklim lainnya). Sedangkan keakuratan/validasi dari pengukuran ini dapat diperbandingkan dengan metode pengamatan lainnya seperti eksplorasi studi modelisasi simulasi numerik dan CFD. Dan eksplorasi penelitian terkait, perlu dipahami bahwa hasil performa hygrothermal bahkan efisiensi energi sangatlah bervariasi tergantung tipe-tipe double skin façade dan karakteristik konstruksinya.

Ucapan Terimakasih

“Penelitian ini didanai oleh Dana RKAT Fakultas Teknik Tahun 2021, Universitas Diponegoro dengan skema Penelitian Strategis”

DAFTAR PUSTAKA

- Carizza, M. P., & Prianto, E. (2021). The Effect of the Distribution of Occupants on the Consumption of Energy amidst Pandemic at Hotel in Semarang (Case Study of Grand Edge Hotel Semarang). *ICENIS 2021* (p. ENG 1573). Semarang: SPS Universitas Diponegoro.
- Fang, W., Xiaosong, Z., Junjie, T., & Xiuwei, L. (2011). The thermal performance of double skin façade with *Tillandsia usneoides* plant curtain. *Energy and Buildings* 43, 2127-2133.
- Kalyanova, O. (2008). Double-Skin Facade: Modelling and Experimental Investigations of Thermal Performance. *Engineering*, -.
- Matour, S., Hansen, V., Hansen, R., Drogemuller, R., & Omran, S. (2019). Adaptation of Double Skin Facade for warm climate from a wind harvesting perspective in tall buildings. *Environmental Science*, -.
- Pathirana, S., Rodrigo, A., & Halwatura, R. (2019). Effect of building shape, orientation, window to wall ratios and zones on energy efficiency and thermal comfort of naturally ventilated houses in tropical climate. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*.
- Prianto, E. (2012). Strategi desain fasad rumah tinggal hemat energi. *Jurnal Riptek*, 6-1, 54-64.
- Prianto, E., Malik, A., & Bharoto, B. (2021). Design façade strategy with bamboo blinds during the pandemic COVID-19. *ICENIS 2021- INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENERGY, ENVIRONMENT, EPIDEMIOLOGY, AND INFORMATION SYSTEM* (p. ENV.1557). Semarang: SPS Universitas Diponegoro Semarang. Retrieved from <http://econference.undip.ac.id/index.php/icenis/2021/paper/view/1557>
- Vásquez, C., D'Alençon, R., Pablo de la Barra, P., Salza, F., & Fagalde, M. (2020). Hygrothermal Potential of Applying Green Screen Façades in Warm-dry Summer Mediterranean Climates. *JOURNAL OF FACADE DESIGN & ENGINEERING*, 08(02), 19-38.
- Wong (library), G. (2021, agustus 8). research bridge. Retrieved from Connected Papers: A Free Tool to Explore Research Papers: <https://library.ust.hk/sc/connected-papers/>
- Wong, P., Prasad, D., & Behnia, M. (2008). A new type of double-skin façade configuration for the hot and humid climate. *Environmental Science*.
- www.connectedpapers. (2021, agustus 10). connected papers. Retrieved from Comparative-investigation-on-building-energy-performance-of-double-skin-faade-DSF-slat-blinds: <https://www.connectedpapers.com/main/46e29645acdb65a78381de25b60b034d4ad805af/Comparative-investigation-on-building-energy-performance-of-double-skin-faade-DSF-with-interior-or-exterior-slat-blinds/graph>