

PENGARUH MODEL TIRAI BAMBU PADA PERFORMA *HYGROTHERMAL* RUANGAN

Eddy Prianto^{1*}, Abdul Malik¹ dan Bharoto¹

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

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

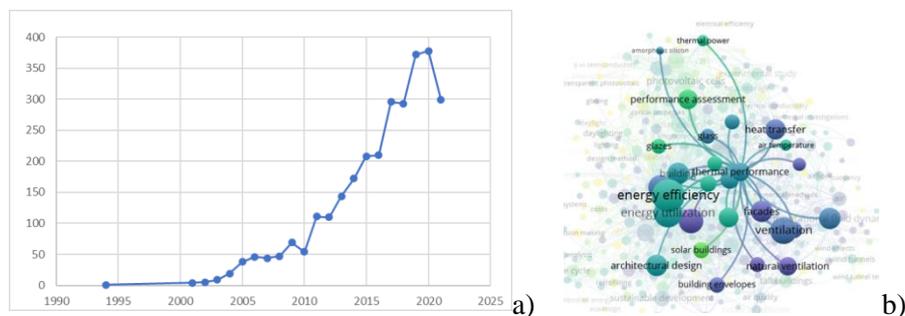
Abstrak

Aplikasi *Double Skin Façade (DSF)* dalam decade terakhir ini marak diaplikasikan pada bangunan perumahan/ bangunan bertingkat rendah. Dari berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan adanya peranan *DSF* terhadap terciptanya kenyamanan termal, visual hingga pada efisiensi energi yang sangat signifikan. Apalagi pilihan konfigurasi hingga material alami dari element layer inipun sangat bervariasi dan inovatif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui profil *hygrothermal* dalam ruangan dari akibat penggunaan pola tirai berlajur horizontal dan berpola berlajur vertical. Penelitian ini menggunakan obyek Model Rumah miniature yang berada di Department Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang. Pada bagian depan *façade* utama dipasang krey bambu. Dan pengamatan lapangan ini dilakukan dibawah pancaran sinar matahari dari pk.06.00-18.00. Hasil kinerja pilihan model krey bamboo terhadap profil suhu udara dan kelembaban udara dalam ruangan sangat signifikan. Bahwa Penggunaan krey bamboo berkonfigurasi horisontal akan menciptakan ruangan lebih dingin daripada penggunaan krey berkonfigurasi vertical, dengan penurunan suhu sebesar 34% dan penurunan kelembaban sebesar 10%.

Kata kunci: *DSF*, Krey Bambu, *hygrothermal*, Rumah model miniatur

1. PENDAHULUAN

Kinerja tirai suatu bangunan sangat tergantung pada konfigurasi arsitektur dan perilaku iklim mikronya serta beberapa aspek lainnya. Sejumlah penelitian terpetakan dengan kata kunci “skin *façade*” pada link scopus.com, dimana terdapat 2.929 dokumen dan progresifnya dari sangat signifikan dari tahun ke tahun hingga bulan agustus tahun 2021 (Scopus, 2021).



Gambar 1. a).Peta artikel tematik DSF pada laman scopus.com dan b). Progres luaran publikasi terkait sejak 1994-2021 (mulan austus)

Pada gambar 01.b menunjukkan sekian banyak parameter/ kata kunci terkait dengan peran *DSF* (*Double Skin Façade*), seperti tuntutan aspek efisiensi energi, disain arsitektur, performa termal, pengurangan beban pendinginan, kenyamanan termal, visual hingga analisa daur hidup (Wong dkk, 2008), (Kalyanova, 2008). (Fang dkk, 2011), (Karlsen dkk, 2016), (Matour dkk, 2019).

Dengan maraknya aplikasi tampilan *DSF* pada bangunan hunian bertingkat rendah, terutama kita dapat temukan pada disain perumahan di perkotaan, baik itu disain tampilan *façade* pada bangunan tradisional, mapun bangunan modern, pada bangunan privat ataupun bangunan public, yang pada prinsipnya dalam pengamatan kami, pengaplikasiannya kini tidak sebatas untuk bangunan besar/monumental/tinggi (lihat gambar 02). Salah satu bentuk elemen *DSF* yang dapat kita temukan dari dulu hingga sekarang adalah Krey Bambu. Elemen natural ini memiliki kandungan airnya 65-165%, dan element ini dapat dikatakan salah satu profil dari *Green Façade*. (Yoshikawa, 2009), (Minke, 2010), (Basri & Saefudin, 2016), (Vox dkk, 2018), (Huang, 2019), (Nan dkk, 2020)

Untuk obyek dalam pengamatan studi kasus ini adalah sebagaimana dapat dilihat pada gambar 02, dengan suatu pertanyaan sebagai berikut : Pilihan disain krey mana yang tepat untuk tujuan pengurangan beban dingin, atau pilihan mana yang merekomendasikan pada disain rumah yang berperan dalam penyebaran virus COVID-19?, bukankah alokasi waktu kita hingga kini mencapai 90% beraktifitas dalam rumah? Sebagaimana kita ketahui, pemakaian bahan natural ini (bambu) merupakan salah satu langkah untuk selalu mendekati disain rancangan arsitektur yang ramah lingkungan (Khan & Masiid, 2020), maka pada kesempatan ini, kami akan paparan hasil kajian lapangan dengan menggunakan rumah model, dengan tujuan mengetahui lebih jauh profil hygrotermal dari aplikasi pilihan krey berpola horizontal dan vertical. Pengamatan ini merupakan serial kajian terhadap peran krey bambu yang kami kerjakan di era pandemi ini (Prianto dkk, 2021).



Gambar 2. Tampilan aplikasi penggunaan tirai pelindung bangunan berpola horisontal dan vertikal pada bangunan modern (ArchDaily, 2021)

2. METODOLOGI

2.1. Obyek Penelitian

Penelitian ini menggunakan model rumah miniatur yang berada di laboratorium Teknologi Bangunan di Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang. Model bangunan berukuran 1.00 meter x 1.00 meter x 1.00 meter, dibuat dengan dinding bermaterial batu bata, terdapat pelubangan padan bagian depan dan belakang dengan porositas 30%, beratap joglo bermaterial asbes yang di cat warna. Rumah model ini telah digunakan beberapa pemodelan seperti simulasi green façade, batu alam, ragam atap, model bukaan (Prianto, 2010), (Prianto & Dwiyanto, 2013), (Widiastuti dkk, 2018,2000). Untuk kajian pada kesempatan ini dikaji 2 model. Model 01 adalah bangunan yang dipasang krey bambu pada bagian depan bangunan dengan pola vertikal sedangkan model 02 krey bambu berpola horisontal.



Gambar 3. a) foto model bangunan miniatur dengan krey horisontal dan b) krey vertikal dan c) posisi titik ukur

2.2. Metode Pelaksanaan

Pengukuran terhadap kedua titik ukur dilakukan pada kedua model rumah miniatur. Data suhu udara dan kelembaban udara didapat dengan menggunakan alat ukur bernama thermohygrometer. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- Kedua model di ukur dari pukul 06.00 hingga 18.00 dibawah pancaran sinar matahari langsung, dengan rentang pengukuran setiap 60 menit. Agar model selalu terpapar sinar matahari sepanjang hari secara optimal/kondisi ekstrim, maka model rumah miniatur harus diputar mengikuti arah gerak sinar matahari. Artinya, diawal pengukuran (pagi) model akan dihadapkan ke arah timur dan diakhir pengukuran pk 18.00, posisi model akan menghadap kearah barat.

- Pengukuran dilakukan pada dua titik utama : Titik pertama berada di bagian eksterior dan titik kedua berada di interior bangunan model (lihat gambar 3.c).
- Setelah selesai pengukuran terhadap model pertama, maka pada hari berikutnya akan dilakukan pengukuran serupa terhadap model kedua, hal ini dilakukan karena obyek rumah miniatur hanya ada satu buah.
- Dan pada tahap penganalisaan, maka perhitungan kinerja keduanya akan diperbandingkan. Pola kerja seperti ini kami mengadopsi/bersependapat dengan penelitian yang dilakukan oleh Vesques (Vesques dkk, 2020). Untuk mengetahui kinerja krey bambu, maka dilakukan perhitungan suhu udara dan kelembaban dari hasil ukur lapangan dengan persamaan:

$$T_{akhir} = T_{eksterior} - T_{interior} \dots \dots \dots (1)$$

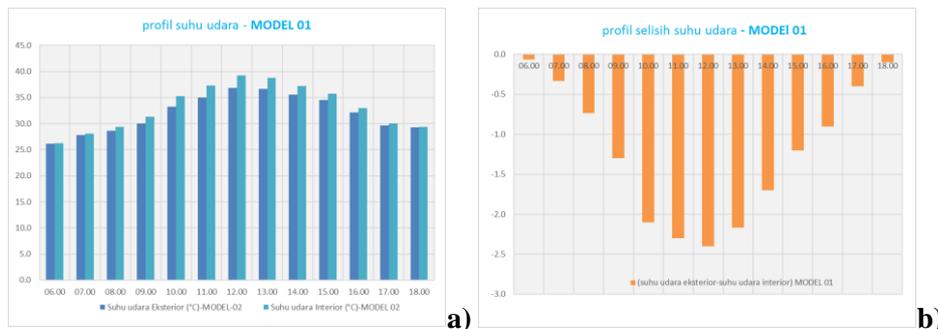
$$H_{akhir} = H_{eksterior} - H_{interior} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana : T adalah suhu udara (°C) dan H adalah kelembaban udara (%)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Ukur Model dengan krey berpola vertikal.

Hasil pengukuran lapangan dan hasil perhitungan selisih kondisi eksterior dan interior terhadap suhu udara dan kelembaban udara dari model 01 ini, dapat dilihat pada gambar-gambar dibawah ini.



Gambar 4: Profil suhu udara model 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.

Grafik tersebut menunjukkan visualisasi secara umum dari profil suhu udara harian pada suatu daerah beriklim tropis, dimana grafik membentuk suatu garis lengkung keatas yang mencapai puncaknya pada tengah hari. Untuk kondisi pengukuran kali ini, suhu udara berkisar antara 26°C pada pagi hari, 39°C pada tengah hari dan 29°C pada sore hari (cek gambar 4.a)

Data ukur secara detail, dimana suhu udara EKSTERIOR tertinggi sebesar 36,8°C pada pk. 12.00 dan terendah sebesar 26,1°C pada pk.06.00 dengan rata-rata suhu udara eksterior sebesar 31,9°C. Sedangkan suhu udara INTERIOR tertinggi sebesar 39,2°C pada pk. 12.00 dan terendah sebesar 26,2°C pada pk.06.00 dengan rata-rata suhu udara eksterior sebesar 33,1°C.

Profil selisih suhu udara interior terhadap suhu eksterior dapat dilihat pada gambar 4.b, dimana hasil akhir seluruh pengukuran nilainya berstatus NEGATIF, artinya bahwa sepanjang hari kondisi suhu udara interior jauh lebih besar/panas dari pada suhu udara eksteriornya.

Secara detail, nilai selisih suhu udara pada model ini, yaitu, pertama, memiliki selisih rata-rata sebesar 1,2°C, dimana selisih maksimumnya/terkecil sebesar 0,1°C pada pk 08.00 dan selisih miniminnya/terbesar sebesar 2,4°C pada pk12.00.

3.1.2. Hasil ukur dan perhitungan selisih kelembaban suhu udara.

Pada gambar 5.a menunjukkan visualisasi secara umum dari profil kelembaban udara harian pada suatu daerah beriklim tropis, dimana grafik membentuk suatu garis lengkung kebawah yang mencapai puncak terendahnya pada tengah hari. Untuk kondisi pengukuran kali ini, suhu udara berkisar antara 80% pada pagi hari, 38% pada tengah hari dan 68% pada sore hari.

Data ukur secara detail, dimana kelembaban udara EKSTERIOR tertinggi sebesar 78,6 % pada pk. 06.00 dan terendah sebesar 38,5% pada pk.13.00 dengan rata-rata kelembaban udara eksterior sebesar 55,6%. Sedangkan kelembaban udara INTERIOR tertinggi sebesar 80% pada pk. 06.00 dan terendah sebesar 38,2% pada pk.13.00 dengan rata-rata kelembaban udara eksterior sebesar 56%.

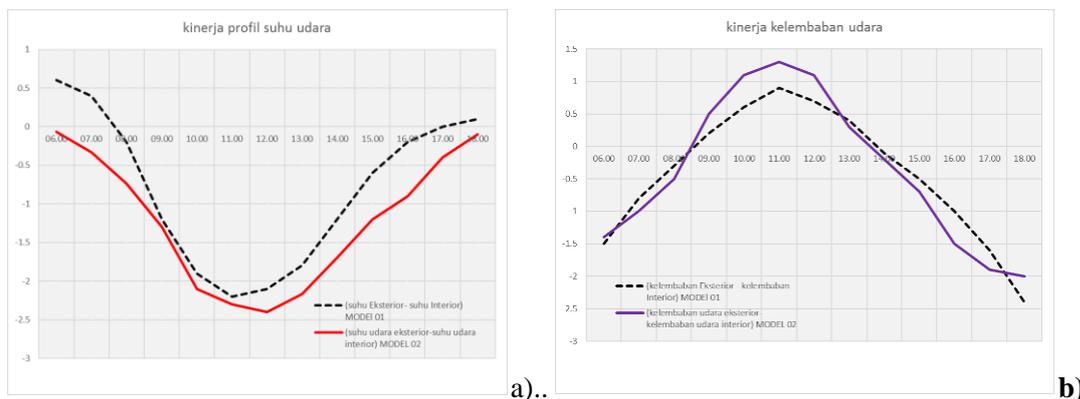


Gambar 5: Profil kelembaban udara model 01 : a) grafik hasil pengukuran, b) grafik hasil perhitungan selisih suhu udara interior terhadap eksterior

Profil selisih kelembaban udara interior terhadap suhu eksterior pada gambar 5.b, dapat kita kelompokkan menjadi 2 zona. Zona pertama terjadi pada pk.06.00-pk 08.00 dan pk.14-pk16.00, dimana kondisi kelembaban udara interior lebih tinggi (NILAI NEGATIF) dari pada kelembaban udara eksterior. Kondisi ini memiliki selisih rata-rata sebesar 1,0% (untuk pagi hari) dan sebesar 1,3% untuk sore hari. Artinya pada kondisi zona ini kelembaban udara interior memiliki nilai lebih tinggi dari pada eksterior atau ambience interior lebih lembab. Sedangkan zona kedua terjadi pk.08.00-pk.14.00, dimana kondisi kelembaban udara interior lebih rendah dari ada kelembaban udara eksteriornya (NILAI POSITIF). Kondisi ini memiliki selisih kelembabannya rata-rata sebesar 0,9 % dengan selisih maksimumnya/terkecil sebesar 1,3% pada pk 11.00 sedangkan selisih minimalnya sebesar 0,3% pada pk.13.00.

3.2. Pembahasan kinerja krey berpola vertikal dan horisontal: interior mana yang lebih dingin ?

Dalam bagian ini, akan dilakukan kajian kinerja suatu krey antara krey berpola berpola vertikal (sebagaimana telah dideskripsikan model 01 diatas) dengan krey berpola horisontal dari kajian penelitian sebelumnya (Prianto, 2021). Sebagaimana telah dipaparkan didepan, bahwa untuk mengetahui kinerja detail dari suatu obyek yang diukur dengan beda waktu/beda tempat, maka dipergunakanlah data hasil akhir perhitungan dari selisih pengukuran eksterior dan interiornya.



Gambar 6: Profil perbandingan selisih suhu dan kelembaban udara dari kedua model : a) grafik perbandingan selisih suhu udara, b) grafik perbandingan selisih kelembaban udara

3.2.1. Kinerja krey berdasarkan profil suhu udara

Mencermati gambar 6.a, merupakan visualisasi grafik yang memperbandingkan selisih suhu udara dari model berpola vertikal dan model berpola horisontal.

- Profil selisih suhu udara kedua model tersebut memiliki pola yang sama, yaitu membentuk garis lengkung kebawah. Artinya kondisi suhu udara interior dari pemakaian krey horisontal maupun krey vertikal, secara prinsip suhu udara bagian interior berposisi lebih tinggi dari pada suhu udara eksteriornya.
- Mencermati perbandingan profil kinerja krey model horisontal (model 02), nilai selisih suhu udaranya dari pagi hingga sore berposisi selalu lebih kecil dari pada model krey vertikal (model 01). Artinya penggunaan krey model horisontal, mengakibatkan kondisi suhu udara interiornya tidak jauh beda dengan kondisi suhu eksteriornya.
- Lebih detail dapat dicermati, bahwa penggunaan krey horisontal, masih menempatkan kondisi suhu udara interior jauh lebih dingin dari pada suhu udara eksteriornya (NILAI POSITIF) yang berada pada rentang pk 06.00-pk 08.00. Dan kondisi ini (lebih dingin) tidak terjadi pada penggunaan krey vertikal.
- Nilai maksimum peningkatan suhu rata-rata dari kedua model ini secara beraturan adalah pada model 02 (-0,97°C) sedangkan model 01 (-1,21°C). Atau dapat dikatakan dalam prosentase perubahan dari model krey horisontal (model 02) ke model dengan krey vertikal (model 01) adalah mengalami perubahan kenaikan suhu rata-rata sebesar 52%. Atau juga dapat dikatakan bahwa prosentase perubahan dari model krey vertikal (model 01) ke model dengan krey horisontal (model 02) adalah mengalami perubahan penurunan suhu rata-rata sebesar 34%..
- Dapat disimpulkan bahwa dengan penggunaan krey bamboo pola horisontal mengakibatkan suhu ruangan lebih dingin dibanding penggunaan krey pola vertikal.

3.2.2. Kinerja krey berdasarkan profil kelembaban udara

Mencermati gambar 6.a, merupakan visualisasi grafik yang memperbandingkan selisih kelembaban udara dari model berpola vertikal dan model berpola horisontal.

- Profil selisih kelembaban udara kedua model memiliki pola yang sama, yaitu membentuk garis lengkung keatas. Hanya saja posisinya ada di dua zona yang berbeda : Zona pertama terjadi pada pengamatan antara pk.06.00 – pk 08.00 dan pengamatan pk 14.00-pk 18.00. Dimana kedua model memposisikan nilai kelembabannya NEGATIF (nilai kelembaban udara interior lebih tinggi daripada nilai eksteriornya). Sedangkan zona kedua terjadi pada pengamatan pk.08.00-pk.14.00, dimana kedua model inipun memposisikan nilai kelembabannya POSITIF (nilai kelembaban udara interior jauh lebih rendah daripada nilai eksteriornya).
- Mencermati lebih detail, kedua model ini memiliki posisi nilai kelembabannya yang relatif lebih dinamis. Artinya tidak selalu nilai kelembaban udara model 01 berada dibawah nilai kelembaban udara model 02 atau sebaliknya.
- Pada zona pagi (pk.06.00-08.00) dan sore (pk.14.00-16.00), nilai selisih kelembaban udara model 02 lebih kecil dibanding model 01, walau keduanya pada posisi nilai NEGATIF. Artinya pada kondisi ini nilai kelembaban udara untuk model yang menggunakan krey horisontal (model02) memiliki posisi kelembaban jauh lebih lembab dari pada model vertikal (model 01).
- Sedangkan pada zona siang (pk.08.00-pk.14.00), nilai selisih kelembaban udara model 02 lebih kecil dibanding model 01 dengan posisi nilai POSITIF. Artinya pada kondisi ini nilai kelembaban udara untuk model yang menggunakan krey horisontal (model02) memiliki posisi kelembaban jauh lebih lembab dari pada model verikal (model 01).
- Nilai maksimum peningkatan kelembaban pada siang hari kedua model ini secara beraturan adalah model 02 (0,9%) sedangkan model 01 (1,3%). Atau dapat dikatakan perubahan dari model krey horisontal (model 02) ke model dengan krey vertikal (model 01) adalah mengalami perubahan penurunan kelembaban rata-rata sebesar 9%. Atau juga dapat dikatakan bahwa prosentase perubahan dari model krey vertikal (model 01) ke model dengan krey horisontal (model 02) adalah mengalami perubahan kenaikan kelembaban rata-rata sebesar 10%..
- Bilamana dikaitkan kondisi pandemi COVID-19, dengan mengacu statement Tang bahwa sinar matahari pagi yang mengandung radiasi UVB (260-320 nm) dapat menonaktifkan virus corona (Tang dkk, 2021), ataupun beberapa referensi lainnya, seperti kepengaruhannya faktor iklim (Sarkodie dkk, 2020), (Yuan dkk, 2021), maka disain ruangan hendaknya lebih hangat pada pagi hari. Terkait pilihan krey, maka aplikasi krey model model vertikal lebih tepat dari pada model horisontal. Namun bilamana dikaitkan dengan efek konsumsi energi, dimana memberi

efek pendinginan ruangan, maka pilihan krey berpola horisontal lebih hemat dari pada pola vertikal.

4. KESIMPULAN

- Pengukuran suatu obyek yang berada pada kondisi waktu yang berbeda dan hasil pengukuran tersebut hendak diperbandingkan, maka standart ukurnya harus disamakan terlebih dulu. Dalam penelitian ini kita sebut dengan istilah kinerja hasil ukur.
- Kinerja krey terhadap terciptanya ambience interior yang diharapkan, dilakukan pengurangan hasil ukur eksterior terhadap interiornya pada aspek iklim suhu udara dan kelembaban udara
- Prosentase perubahan aspek suhu udara interior, dari model krey horisontal (model 02) ke model dengan krey vertikal (model 01) terjadi kenaikan suhu rata-rata sebesar 52%. Atau juga dapat dikatakan bahwa prosentase perubahan dari model krey vertikal (model 01) ke model dengan krey horisontal (model 02) mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 34%..
- Prosentase perubahan aspek kelembaban udara interior, dari model krey horisontal (model 02) ke model dengan krey vertikal (model 01) mengalami penurunan kelembaban rata-rata sebesar 9%. Atau juga dapat dikatakan perubahan dari model krey vertikal (model 01) ke model dengan krey horisontal (model 02) akan mengalami kenaikan kelembaban rata-rata sebesar 10%..
- Bilamana dibutuhkan ambience hangat pada interiornya, maka pilihan krey terbaik adalah tirai berpola vertikal. Dan bilamana dikaikan dengan tingkat effisiensi energi, maka pilihan tirai terbaik adalah krey berpola horisontal.
- Studi ini juga masih berpeluang untuk dikembangkan dengan kajian ragam bentuk-bentuk krey lainnya, ragam bahan krey dan kajian komprehensif terhadap aspek iklim lainnya (seperti gerakan udara dan pancaran sinar matahari). Sedangkan pengembangan kajian lanjut terkait metode pengamatannya adalah eksplorasi studi modelisasi simulasi numerik dan CFD.

Ucapan Terimakasih

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

DAFTAR PUSTAKA

- ArchDaily.com. (2021, 08 5). *Nanjing Hongfeng Technology Park*. Retrieved from Malik Road: <https://id.pinterest.com/pin/655625658258192013/>
- Basri, E., & Saefudin. (2016). Sifat Kembang-susut dan kadar air keseimbangan bambu tali pada berbagai umur. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 241-250.
- 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.
- Huang, Z. (2019). *Application of Bamboo in Building Envelope*. Guangzhou, China: Springer Nature Switzerland AG 2019. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-030-12032-0>
- Kalyanova, O. (2008). Double-Skin Facade: Modelling and Experimental Investigations of Thermal Performance. *Engineering*, -.
- Khan, Z., & Masood, S. (2020). Adoption of Green Building Technique: Replacement of Steel by Bamboo. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, 452-457.
- L. Karlsen, P. H. (2016). Solar shading control strategy for office buildings in cold climate, . *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*, -.
- Minke, G. (2010). *Building with Bamboo*. Germany: The German National Library. Retrieved from www.birkhauser.com - <http://dnb.ddb.de>
- Nan, X., Yan, H., Wu, R., Shi, Y., & Bao, Z. (2020, Xinge Nan, Hai Yan, Renwu Wu, Yan Shi, Zhiyi Bao.). Assessing the thermal performance of living wall systems in wet and cold climates during the winter. *Building and Environment* 208.
- Prianto, E. (2010). Efek warna dinding terhadap pemakaian energi listrik dalam rumah tangga. *Jurnal Riptek*, 31-35.

- Prianto, E., & Dwiyanto, A. (2013). PROFIL PENUTUP ATAP GENTENG BETON DALAM EFFESIENSI. *Jurnal MODUL*, 23-34.
- Prianto, E., Malik, A., & Bharoto, B. (2021). Design façade strategy with bamboo blinds during the pandemic COVID-19. *ICENIS 2021* (p. ENV.1557). Semarang: SPS Universitas Diponegoro Semarang. Retrieved from <http://econference.undip.ac.id/index.php/icenis/2021/paper/view/1557>
- Sarkodie, S. A., & Owusu, P. A. (2020). Impact of meteorological factors on COVID-19 pandemic: Evidence from top 20 countries with confirmed cases. *Environmental Research*, 191, -. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110101>
- Scopus.com. (2021, Augustus 10). 2,929 document results "skin facade" by Vosviewer. Semarang, Universitas Diponegoro, Indonesia.
- Tang, L., Liu, M., Ren, B., Wu, Z., Yu, X., Peng, C., & Tian, J. (2021). Sunlight ultraviolet radiation dose is negatively correlated with the percent positive of SARS-CoV-2 and four other common human coronaviruses in the U.S. *Science of The Total Environment*, 751. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141816>
- 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.
- Vox, G., Blanco, I., & Schettini, E. (2018). Green façades to control wall surface temperature in buildings. *Building Environment* 129, 154-166.
- Widiastuti, R., Juliana, Z., & Caesarendra. (2020). Field measurement on the model of green facade systems and its effect to building indoor thermal comfort. *Measurement*, 166, -.
- Widiastuti, R., Prianto, E., & Wahyu, B. S. (2018). Investigation on the thermal performance of green facade in tropical climate based on the modelling experiment. *Int. J. Archit. Eng. Constr* 7, 26-33.
- Wong, P., Prasad, D., & Behnia, M. (2008). A new type of double-skin façade configuration for the hot and humid climate. *Environmental Science*.
- Yoshikawa, I. (2009). *Bamboo Fences*. New York: PRINCETON ARCHITECTURAL PRESS.
- Yuan, J., Wu, Y., Jing, W., Liu, J., Du, M., Wang, Y., & Liu, M. (2021). Association between meteorological factors and daily new cases of COVID-19 in 188 countries: A time series analysis. *Science of The Total Environment*, -. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146538>