

EVALUASI KESESUAIAN DESAIN BUKAAN DINDING AREA TANGGA UPITRA TERHADAP KONDISI IKLIM TROPIS

Yolanda Sapna Pramesjati

Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
d300220133@student.ums.ac.id

Rini Hidayati

Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
rh215@ums.ac.id

ABSTRAK

Bukaan dinding area tangga umumnya dirancang untuk menunjang sirkulasi udara dan pencahayaan alami pada siang hari, namun desain tersebut seringkali tidak mempertimbangkan aliran air hujan, sehingga mengurangi kenyamanan dan keamanan pengguna. Penelitian ini membahas permasalahan desain bukaan dinding pada area tangga di Universitas Pignatelli Triputra (UPITRA) terhadap iklim tropis Indonesia dan curah hujan tinggi, yang dapat menyebabkan masalah masuknya air dan genangan di bordes tangga. Tujuan penelitian ini adalah tidak hanya menggambarkan kondisi fisik bukaan dinding, tetapi juga mengevaluasi kinerja desain dalam konteks iklim tropis. Evaluasi ini menjadi dasar untuk mengidentifikasi tingkat kesesuaian desain serta menentukan aspek-aspek yang memerlukan penyesuaian guna meningkatkan respon desain terhadap kondisi lingkungan setempat. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif, data dikumpulkan melalui pengamatan langsung kondisi fisik area tangga UPITRA serta pengolahan informasi dari gambar DED.

KEYWORD:

bukaan dinding; tangga iklim tropis; sirkulasi udara; pencahayaan alami; secondary skin; penanganan air hujan

PENDAHULUAN

Bangunan pendidikan seperti universitas memerlukan desain arsitektur yang memperhatikan kenyamanan, keamanan, serta sesuai dengan kondisi cuaca setempat. Intensitas pengguna bangunan dalam berbagai aktivitas akademik menuntut perencanaan ruang yang responsif, dalam konteks iklim tropis di Indonesia sangat penting dalam mengutamakan bangunan yang sesuai dengan kemampuan dan ketahanan untuk merespon panas, hujan, dan aliran udara secara optimal.

Dalam keseluruhan sistem bangunan Pendidikan, ruang sirkulasi vertikal merupakan bagian penting dari aktivitas pengguna sehari-hari terutama sebagai penghubung antar lantai dalam bangunan yang digunakan secara intensif oleh mahasiswa, dosen, maupun staff. Tangga tidak hanya digunakan untuk berpindah ke lantai yang berbeda, tetapi juga menjadi ruangan yang mendukung kenyamanan pengguna melalui pengaturan

sirkulasi udara dan cahaya alami. Dalam iklim tropis Indonesia yang bercurah tinggi, pengaturan bukaan di dinding area tangga sangat penting untuk menyeimbangkan kebutuhan ventilasi, penerangan alami, serta perlindungan terhadap cuaca.

Jika desain bukaan di dinding tidak disesuaikan dengan kondisi iklim lokal, akan terjadi masalah teknis seperti air hujan masuk ke dalam area tangga dan menyebabkan genangan di lantai. Hal ini tidak hanya mengganggu fungsi dan kenyamanan pengguna, tetapi juga berisiko menyebabkan kecelakaan karena permukaan yang licin serta mempercepat rusaknya bangunan. Kondisi serupa ditemukan pada area tangga di Universitas Pignatelli Triputra (UPITRA), dimana bukaan dinding dengan desain terbuka menyebabkan air hujan masuk secara langsung ke area tangga.

Hujan yang terdorong angin dapat langsung masuk melalui bukaan yang disengaja atau air dapat meresap melalui bukaan yang

tidak disengaja akibat gaya pendorong eksternal, seperti tekanan hidrostatis dari aliran air di atas bukaan atau tekanan angin (Van Den Bossche et al, 2012). Hal ini diperlukan perencanaan dengan melihat keadaan iklim tropis yang memiliki cuaca panas dan curah hujan yang tinggi, sehingga dapat meningkatkan Tingkat kinerja aktivitas dan konsentrasi (Dewantoro & Widodo, 2021).

Dengan adanya bukaan dalam arsitektur tropis bertujuan untuk mengatur aliran udara dan cahaya alami agar ruang tetap sejuk dan nyaman sehingga mendukung kenyamanan penghuni. Pencahayaan alami memanfaatkan cahaya matahari sebagai penerangan pada siang hari, pemanfaatan Cahaya matahari melalui bukaan dinding tidak hanya membantu menghemat listrik tetapi juga meningkatkan kenyamanan visual dan kualitas lingkungan. Penghawaan alami adalah sistem pertukaran udara yang memanfaatkan pergerakan udara alami dari lingkungan tanpa bantuan alat mekanis dengan melalui bukaan dinding untuk memperlancar aliran udara masuk dan keluar, mengurangi kelembapan, dan menjaga suhu ruang.

Pengaturan bukaan yang efektif tidak hanya berkaitan dengan aspek teknis ruang, tetapi juga membutuhkan elemen pendukung seperti fasad bangunan sebagai elemen terluar yang secara langsung berinteraksi dengan lingkungan. Fasad merupakan elemen penting dalam desain arsitektur tropis modern karena berperan dalam menentukan estetika bangunan, mengontrol masuknya cahaya alami, serta mempengaruhi kenyamanan dalam ruang. Berbagai penelitian terdahulu telah mengidentifikasi bahwa strategi desain fasad yang adaptif terhadap kondisi iklim dapat meningkatkan efisiensi bangunan dan memberikan pengalaman ruang yang lebih baik bagi pengguna (Dananjaya et al., 2015).

Evaluasi bukaan yang responsif terhadap lingkungan dan iklim tropis yang bertujuan apakah desain tersebut sesuai dengan kondisi iklim sekitar. Aspek yang perlu diperhatikan pada penelitian ini adalah bukaan area tangga yang berfungsi sebagai ventilasi vertikal yang menjadi tempat keluar masuknya angin dan cahaya alami di area tangga. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi

bukaan dinding tangga pada Universitas Pignatelli Triputra.

Ditemukan kondisi bukaan area dinding pada Universitas Pignatelli Triputra (UPITRA), pembahasan analisis dilakukan dengan menilai respon desain bukaan terhadap faktor lingkungan utama, sehingga dapat diketahui tingkat kesesuaian desain serta aspek-aspek yang memerlukan penyesuaian dalam konteks iklim setempat. Desain bukaan dinding area tangga yang belum sepenuhnya sesuai dengan karakteristik iklim tropis, kondisi tersebut menyebabkan adanya celah pada bukaan yang memungkinkan air hujan masuk ke dalam area tangga atau bordes, terutama saat terjadinya hujan deras disertai angin. Memperlihatkan bahwa dampak dari permasalahan tersebut tidak hanya menurunkan tingkat kenyamanan pengguna tetapi juga berpotensi menimbulkan genangan air pada lantai tangga khususnya pada bordes, sehingga dapat membahayakan keselamatan dan kenyamanan pengguna.

TINJAUAN PUSTAKA

Iklim Tropis

Dalam konteks iklim tropis di Indonesia, seringkali menghadapi tantangan yang berupa radiasi matahari yang tinggi, curah hujan yang lebat, dan kelembapan udara yang besar. Dengan karakter iklim ini, bangunan dirancang untuk mengelola suhu, kelembapan, dan kualitas udara secara optimal (Samsudin, 2017). Kondisi iklim ini menuntut pendekatan desain bangunan yang bukan hanya sekadar estetis tetapi juga adaptif terhadap lingkungan. Menurut Lippsmiere (1980).

Indonesia termasuk dalam wilayah beriklim tropis lembap yang ditandai dengan intensitas radiasi matahari yang tinggi, curah hujan besar, serta kelembapan udara yang relatif tinggi sepanjang tahun. Menurut Szokolay (2004), kondisi iklim tropis menuntut pendekatan desain bangunan yang adaptif, khususnya dalam mengendalikan panas, hujan, dan aliran udara. Dalam arsitektur tropis, strategi utama dalam arsitektur tropis meliputi pengoptimalan ventilasi silang, penggunaan elemen pelindung matahari, serta perancangan bukaan yang mampu mengurangi

dampak hujan dan panas secara langsung. Lechner (2015) menekankan bahwa desain pasif yang responsif terhadap iklim dapat meningkatkan kenyamanan ruang sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap sistem mekanikal.

Bukaan Dinding

Desain bukaan dinding pada bangunan khususnya di iklim tropis Indonesia tanpa memperhatikan kondisi lingkungan yang ada dapat memberikan efek samping seperti pada saat hujan deras air masuk dari luar melalui bukaan dinding yang menyebabkan banjir dan air menggenangi pada bangunan yang dapat membuat pengguna merasa tidak nyaman dan membahayakan pengguna "Pada bangunan di wilayah beriklim tropis, bukaan dinding yang dirancang tanpa mempertimbangkan hujan yang terdorong oleh angin (*wind-driven rain*) berpotensi menyebabkan air hujan masuk ke dalam bangunan, terutama pada area terbuka seperti koridor dan tangga, sehingga mengakibatkan lantai menjadi licin dan tergenang." (Blocken, Carmeliet, & Poesen, 2011). Kondisi ini diperkuat oleh Van Den Bossche et al. (2012) yang menyatakan bahwa tekanan angin dan aliran air hujan dapat mendorong air masuk melalui bukaan vertikal apabila tidak dilengkapi sistem perlindungan yang memadai. Menurut Neufert (2002), perancangan bukaan harus mempertimbangkan dimensi ruang, aktivitas pengguna, serta orientasi bangunan. Bukaan yang dirancang tanpa mengacu pada standar berpotensi menimbulkan ketidakseimbangan antara kebutuhan pencahayaan dan kenyamanan termal, seperti ruang yang terlalu panas, silau, atau kurang ventilasi.

Fasad Bangunan

Fasad bangunan merupakan elemen pembungkus terluar yang berfungsi sebagai mediator antara lingkungan luar dan ruang dalam, sehingga berperan penting dalam mengontrol masuknya panas, cahaya matahari, dan aliran udara ke dalam bangunan (Knaack, Klein, Bilow, & Auer, 2014). Fasad tropis yang efektif bukan sekedar elemen estetika, tetapi berkaitan erat dengan

pendinginan alami (*natural cooling*) melalui bukaan yang seimbang antara pencahayaan, ventilasi, dan perlindungan terhadap faktor panas serta kelembapan udara. Bukaan yang ditempatkan secara strategis pada fasad mampu meningkatkan sirkulasi udara dan menurunkan suhu dalam bangunan, sehingga mendukung kenyamanan penghuni tanpa ketergantungan pada sistem mekanis. Hal ini menunjukkan bahwa desain fasad dan bukaan harus mempertimbangkan kondisi iklim tropis yang khas (Banu Abdurrahman & Agung Murti Nugroho, 2019).

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian terletak di Universitas Pignatelli Triputra, yang beralamatkan di Jl. Duwet Raya No.1, Karangasem, Kecamatan. Laweyan, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57145. Menetapkan bukaan dinding area tangga sebagai objek penelitian yang berfokus pada kesesuaian desain terhadap iklim tropis. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif, data dikumpulkan melalui pengamatan langsung kondisi fisik area tangga UPITRA serta pengolahan informasi dari gambar DED bangunan terkait. Metode ini dipilih karena penelitian berfokus pada evaluasi kondisi eksisting bukaan dinding area tangga dan kesesuaiannya dengan prinsip desain bangunan beriklim tropis.

Pendekatan ini bertujuan untuk menggambarkan bagaimana bukaan dinding berfungsi bersamaan dengan kondisi lingkungan sekitar, terutama terhadap hujan deras yang terdorong angin, pencahayaan alami, dan sirkulasi udara yang mempengaruhi kondisi fisik area tangga seperti keamanan dan kenyamanan terhadap pengguna.

TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Observasi Lapangan

Mengidentifikasi kondisi eksisting bukaan dinding pada area tangga dan mendokumentasikan kondisi fisik area tangga sebagai bukti visual, dan pengumpulan data

yang memanfaatkan dokumen visual seperti gambar langsung kondisi di lapangan

Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan deskriptif untuk menilai tingkat kesesuaian desain buka​an dinding area tangga terhadap karakteristik iklim tropis. Data yang diperoleh melalui observasi lapangan dianalisis dengan cara menguraikan kondisi eksisting buka​an dinding dengan prinsip desain bangunan beriklim tropis yang relevan. Proses evaluasi dilakukan dengan mengidentifikasi desain buka​an, seperti ukuran buka​an, orientasi, dan respon buka​an dinding merespon faktor lingkungan utama, termasuk hujan yang disertai angin, pencahayaan alami, dan aliran udara. Hasil pengamatan kemudian diinterpretasikan untuk menilai apakah desain buka​an telah berfungsi secara optimal dalam mendukung keamanan dan kenyamanan pengguna area tangga.

Melalui tahapan analisis tersebut, penelitian ini tidak hanya menggambarkan kondisi fisik buka​an dinding, tetapi juga mengevaluasi kinerja desain dalam konteks iklim tropis. Evaluasi ini menjadi dasar untuk mengidentifikasi tingkat kesesuaian desain serta menentukan aspek-aspek yang memerlukan penyesuaian guna meningkatkan respon desain terhadap kondisi lingkungan setempat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi buka​an dinding pada area tangga Universitas Pignatelli Triputra (UPITRA) terhadap karakteristik iklim tropis Indonesia, khususnya saat terjadinya curah hujan tinggi dan disertai angin. buka​an dinding pada bangunan di iklim tropis yang tidak dirancang untuk merespons *wind-driven rain* berpotensi menyebabkan masuknya air hujan ke dalam ruang. hasil pembahasan terhadap pencahayaan alami dan sirkulasi udara menunjukkan bahwa desain buka​an telah berkontribusi positif terhadap masuknya cahaya alami dan aliran udara ke dalam ruang tangga. Namun, keunggulan tersebut belum

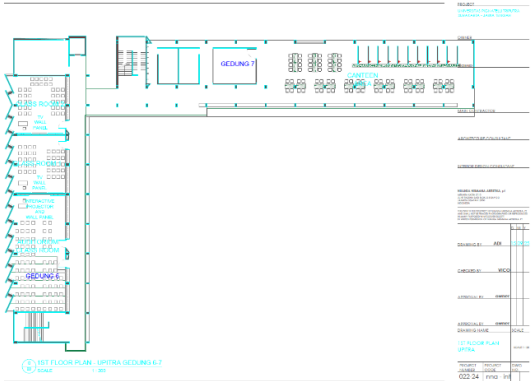
diimbangi dengan pengendalian lingkungan yang baik, sehingga manfaat pencahayaan dan ventilasi alami justru menimbulkan permasalahan baru ketika berhadapan dengan kondisi iklim ekstrem. Temuan ini menegaskan adanya ketidakseimbangan antara keterbukaan desain dan aspek perlindungan iklim. Desain buka​an dinding area tangga UPITRA belum sepenuhnya sesuai dengan prinsip desain bangunan beriklim tropis. Evaluasi yang dilakukan menunjukkan perlunya penyesuaian desain buka​an agar mampu merespons kondisi lingkungan secara lebih adaptif, sehingga aspek keamanan, kenyamanan, dan fungsi ruang tangga dapat terpenuhi secara optimal.

Kondisi Eksisting Buka​an Dinding Area Tangga UPITRA

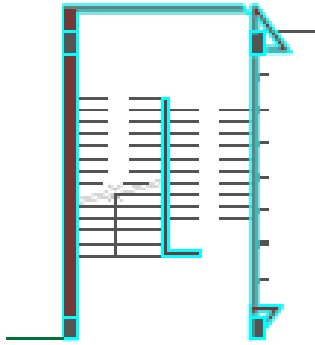
Terdapat 5 buka​an dinding pada area tangga Universitas Pignatelli Triputra dengan ukuran buka​an 20cm dan tinggi 4.12meter setiap lantai. Buka​an dinding terletak di bagian pojok bangunan bagian timur. Menerapkan konsep buka​an terbuka yang bertujuan untuk memaksimalkan sirkulasi udara dan pencahayaan alami secara fungsional.

Table 1. Ukuran Buka​an Dinding	
Buka​an Dinding	Ukuran
Area Buka​an Dinding (per lantai)	0,2 x 4,12 Meter

(Sumber: Dokumentasi Penulis 2025)



Gambar 1. Denah Gedung Upitra.
(Sumber: Dokumen Upitra, 2024)



Gambar 2. Denah Tangga Upitra.
(Sumber: Dokumen Upitra 2024)



Gambar 3. Tampak Luar Buka Dinding.
(Sumber: Dokumen Upitra 2024)



Gambar 4. Tampak Luar Buka Dinding.
(Sumber: Dokumen Upitra 2024)

Pada kondisi hujan deras terutama saat hujan deras disertai angin, ditemukan permasalahan utama berupa masuknya air hujan ke dalam area tangga melalui bukaan dinding, air hujan tersebut mengalir dan menggenang di area bordes sehingga menyebabkan permukaan lantai menjadi menggenang, basah dan licin. Kondisi ini berpotensi menurunkan Tingkat kenyamanan serta membahayakan keselamatan pengguna saat berlalu-lalang. Air hujan dapat masuk melalui bukaan vertikal apabila tidak dilengkapi elemen pelindung yang memadai, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa bukaan dinding eksisting belum sepenuhnya responsif terhadap karakteristik iklim tropis Indonesia yang memiliki curah hujan tinggi.



Gambar 5. Area Tangga Lantai 1.
(Sumber: Dokumentasi Penulis 2025)



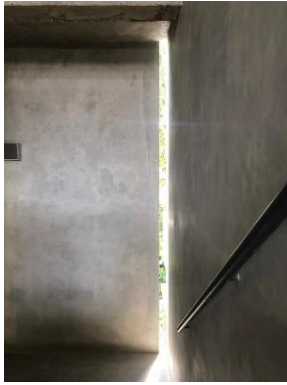
Gambar 6. Area Bordes Tangga.
(Sumber: Dokumentasi Penulis 2025)



Gambar 7. Area Tangga Lantai 2.
(Sumber: Dokumentasi Penulis 2025)



Gambar 8. Bukaan Dinding Area Tangga.
(Sumber: Dokumentasi Penulis 2025)



Gambar 9. Bukaán Dinding Area Tangga
(Sumber: Dokumentasi Penulis 2025)

Kesesuaian Desain Bukaán Terhadap Iklim Tropis

Kota Surakarta secara klimatologis berada pada wilayah beriklim tropis lembap yang dipengaruhi oleh pola angin musiman. Curah hujan di wilayah ini umumnya terjadi dengan intensitas sedang hingga tinggi, terutama pada musim hujan yang dipengaruhi oleh angin monsun barat. Pada kondisi tersebut, arah datangnya hujan tidak hanya bersifat vertikal, tetapi sering kali disertai hembusan angin yang menyebabkan hujan bergerak secara lateral dan masuk ke area bangunan melalui sisi-sisi tertentu. Bangunan Universitas Pignatelli Triputra yang menghadap ke arah barat memiliki karakter paparan langsung terhadap radiasi matahari sore serta hujan yang terbawa angin, khususnya pada periode hujan deras. Sementara itu, keberadaan bukaán dinding pada area tangga yang terletak di sisi timur pojok bangunan tetap berpotensi terdampak oleh hujan tidak langsung. Hal ini disebabkan oleh fenomena hujan yang terbawa angin, pantulan aliran udara di sekitar massa bangunan, serta perubahan arah angin lokal yang terjadi di area sudut bangunan.

Pada bagian sudut bangunan, pergerakan angin cenderung mengakibatkan kekacauan sehingga meningkatkan kemungkinan air hujan masuk melalui bukaán yang bersifat terbuka tanpa elemen pelindung. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun bukaán tidak secara langsung menghadap arah utama datangnya hujan, faktor orientasi bangunan, arah angin dominan, serta konfigurasi massa bangunan tetap berperan signifikan terhadap masuknya air hujan ke

dalam ruang, khususnya pada area sirkulasi vertikal seperti tangga. Dengan demikian, perancangan bukaán dinding pada bangunan di iklim tropis, termasuk di lingkungan Universitas Pignatelli Triputra, perlu mempertimbangkan tidak hanya orientasi fasad utama, tetapi juga pengaruh arah hujan yang disertai angin serta kondisi mikroklimat di sekitar bangunan, guna menjaga aspek kenyamanan dan keselamatan pengguna ruang.

Dalam konteks iklim tropis, desain bukaán tidak hanya dituntut untuk memenuhi aspek ventilasi dan pencahayaan, tetapi juga harus mampu memberikan perlindungan terhadap hujan dan panas. Desain bukaán dinding area UPITRA masih berorientasi pada keterbukaan visual dan aliran udara, namun belum disertai strategi perlindungan pasif terhadap tampias hujan “Prinsip arsitektur tropis menekankan keseimbangan antara keterbukaan ruang untuk mendukung penghawaan alami dan penerapan elemen pelindung pasif guna mencegah dampak negatif lingkungan luar terhadap kenyamanan dan keamanan ruang dalam” (Yeang, 1996). Ketidakseimbangan antara kebutuhan penghawaan alami dan perlindungan terhadap cuaca.

Berdasarkan hasil pengamatan langsung bukaán dinding di area tangga, konfigurasi bukaán dinding yang diterapkan saat ini lebih menekankan aspek keterbukaan untuk aliran udara namun kurang maksimal dari perlindungan saat terjadi hujan deras, ketika bukaán tersebut memberi celah air masuk ke dalam area tangga yang memicu genangan pada bordes. Oleh karena itu penyesuaian desain bukaán yang lebih responsif terhadap iklim tropis pada bukaán dinding adalah dengan penambahan fasad bangunan yang mampu menjaga bukaán tanpa menghambat jalur sirkulasi. “Desain pasif di wilayah tropis berarti merancang bangunan dengan memaksimalkan pencahayaan alami dan aliran udara untuk pendinginan, serta menggunakan elemen peneduh, orientasi bangunan, dan material bangunan yang sesuai guna mengurangi perolehan dan penyimpanan panas.” Bulbaai & Halman (2021).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat disimpulkan bahwa desain bukaan dinding pada area tangga Universitas Pignatelli Triputra (UPITRA) menunjukkan bahwa pendekatan desain yang diterapkan cenderung mengutamakan keterbukaan ruang untuk memaksimalkan sirkulasi udara dan pencahayaan alami. Secara fungsional konsep ini sejalan dengan prinsip dasar bangunan tropis yang memanfaatkan potensi lingkungan untuk kenyamanan. Namun saat kondisi hujan dengan intensitas tinggi yang disertai angin, bukaan tersebut justru menjadi jalur masuknya air hujan ke area tangga yang mengakibatkan air menggenang pada bordes. Desain tersebut belum terintegrasi dengan sistem perlindungan pasif yang mampu merespons hujan lebat yang terdorong angin. Hal ini mengindikasikan bahwa pendekatan desain yang diterapkan cenderung menitikberatkan pada aspek keterbukaan ruang tanpa mempertimbangkan pengendalian iklim secara menyeluruh. Mengingat karakteristik iklim tropis Indonesia yang ditandai oleh curah hujan tinggi, kondisi ini mengindikasikan bahwa konfigurasi bukaan dinding yang ada saat ini belum sepenuhnya responsif terhadap kondisi lingkungan sekitar. Dalam konteks arsitektur tropis, bukaan seharusnya dirancang bukan hanya untuk mendukung ventilasi dan pencahayaan, melainkan juga mampu mengendalikan pengaruh lingkungan luar seperti hujan dan panas secara seimbang. Ketika keseimbangan tersebut tidak tercapai, desain bukaan berpotensi menimbulkan permasalahan yang berdampak langsung pada keamanan dan kenyamanan pengguna area tangga. Dengan demikian, penelitian ini menekankan pentingnya penyesuaian desain bukaan yang lebih responsif terhadap kondisi iklim tropis sebagai upaya meningkatkan kinerja ruang sirkulasi vertikal secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dananjaya, A., Priyatmono, A. F., & Raidi, S. (2015). Identifikasi fasad arsitektur tropis pada gedung-gedung perkantoran Jakarta (studi kasus Koridor Dukuh Atas–Semanggi). *Sinektika: Jurnal Arsitektur*, 13(2), 125–135. <https://journal.unika.ac.id/index.php/sinektika/article/view/1297>
- Van Den Bossche, N., Lacasse, M., Moore, T., & Janssens, A. (2012). *Water infiltration through openings in a vertical plane under static and dynamic pressure conditions*. (NRC / experimental report) <https://nrcpublications.canada.ca/eng/view/object/?id=b1fe17e3-3d5f-42db-96f0-cd0107b5790b>
- Farisi, M. F., & Satwikasari, D. (2023). Secondary Skin sebagai Adaptasi Desain terhadap Iklim Tropis. *Jurnal Nuctura Nature Architecture*, 4(1), 22–32. <https://journal3.uin-alauddin.ac.id/index.php/nucturenature/article/view/39878>
- Dewantoro, D., & Widodo, R. (2021). Pengaruh Iklim Tropis terhadap Kenyamanan Ruang Belajar. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi*, 8(2), 112–120.
- Samsudin, A. (2017). Arsitektur Tropis dan Tantangan Iklim Indonesia. *Jurnal Arsitektur Nusantara*, 5(1), 45–52.
- Anggito, A., & Setiawan, J. (2018). *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Jejak Publisher. https://www.researchgate.net/publication/360795146_Metode_Penelitian_Kualitatif
- Bulbaai, Richenel & Halman, Johannes I. M. (2021). *Energy-Efficient Building Design for a Tropical Climate: A Field Study on the Caribbean Island Curaçao. Sustainability*, 13(23), 13274.
- David Ricardo. (2022). Pengaruh desain secondary skin terhadap pencahayaan alami dengan penerapan motif Islami. Universitas Muhammadiyah Surakarta. <https://journals.ums.ac.id/sinektika/article/view/17055>
- Hendrik, M. L., & Tualaka, T. M. C. (2023). Penerapan Double Skin Façade sebagai strategi efisiensi energi bangunan di daerah beriklim tropis. *Gewang (Gerbang Wacana dan Rancang Arsitektur)*, 5(1), 33–38.
- Blocken, B., Carmeliet, J., & Poesen, J. (2011). Numerical simulation of wind-driven rain on buildings: A review. *Journal of*

Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 99(5), 441–460.

Lechner, N. (2015). Heating, cooling, lighting: Sustainable design methods for architects (4th ed.). Healthcare Architecture.

<https://healthcarearchitecture.in/wp-content/uploads/2020/04/heatingcoolinglighting.pdf>

Szokolay, S. V. (2004).

Introduction to architectural science: The basis of sustainable design. Oxford: Architectural Press.

Yeang, K. (1996). The skyscraper bioclimatically considered: A design primer. London: Academy Editions.

Banu Abdurrahman, M., & Nugroho, A. M. (2019).

Peran fasad bangunan dalam mendukung ventilasi alami pada bangunan tropis.

Jurnal Arsitektur KOMPOSISI, 13(1), 1–10.