

Penerapan Strategi Pendinginan Pasif pada Bangunan Masjid Pathok Negoro di Yogyakarta

Jarwa Prasetya Sih Handoko

Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia
*Corresponding E-mail: jarwa.prasetya@uii.ac.id

ABSTRAK

Strategi pendinginan pasif pada rancangan bangunan merupakan salah satu penerapan konsep arsitektur tanggap iklim. Daerah beriklim tropis memiliki potensi radiasi matahari yang melimpah sehingga dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin untuk pengkondisian udara dalam bangunan. Arsitektur tradisional merupakan salah satu gaya arsitektur yang terbentuk dari proses panjang nenek moyang kita beradaptasi dengan kondisi alam termasuk kondisi iklim setempat, salah satunya arsitektur tradisional Jawa. Masjid Pathok Negoro di Yogyakarta merupakan Masjid yang bergaya arsitektur tradisional Jawa yang dikelola dan dibina oleh Karaton Kasultanan Yogyakarta. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui penerapan strategi pendinginan pasif pada bangunan Masjid Pathok Negoro di Yogyakarta sebagai bangunan di daerah iklim tropis panas lembab dan hasilnya dapat digunakan sebagai referensi rancangan yang adaptif dengan kondisi Iklim Tropis Panas Lembab. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif, dengan mengkaji dan memahami teori terkait pendinginan pasif yang akan menjadi landasan untuk menganalisis bangunan studi kasus yang dipilih. Hasil dari penelitian ini adalah bahwa strategi pendinginan pasif yang diterapkan yaitu peneduh matahari, pemilihan material dinding sesuai karakter iklim, ventilasi alami, penempatan atria and lobbies central dan dengan adanya bukaan pada serambi masjid. Selain itu pada Masjid Plosokuning, Mlangi dan Wonokromo menerapkan strategi evaporative cooling dan penempatan serambi sebagai ruang antara.

Kata Kunci : Penerapan Strategi, Pendinginan Pasif, Masjid Pathok Negoro, Yogyakarta.

ABSTRACT

Passive cooling strategy in building design is one of the applications of climate responsive architecture concept. Tropical climate areas have abundant solar radiation potential so that it can be utilized optimally for air conditioning in buildings. Traditional architecture is one of the architectural styles formed from the long process of our ancestors adapting to natural conditions including local climate conditions, one of which is traditional Javanese architecture. Pathok Negoro Mosque in Yogyakarta is a mosque with traditional Javanese architectural style which is managed and fostered by the Yogyakarta Sultanate Palace. The purpose of this study is to determine the application of a passive cooling strategy in the Pathok Negoro Mosque building in Yogyakarta as a building in a hot humid tropical climate area and the results can be used as a reference for adaptive design with Hot Humid Tropical Climate conditions. This study uses a qualitative descriptive method, by reviewing and understanding the theory related to passive cooling which will be the basis for analyzing the selected case study building. The results of this study are that the passive cooling strategy applied is sunshade, selection of wall materials according to climate characteristics, natural ventilation, placement of atria and central lobbies, and openings in the mosque porch. In addition, the Plosokuning, Mlangi, and Wonokromo Mosques implement an evaporative cooling strategy and place the veranda as an intermediate space.

Keywords : Strategy Implementation, Passive Cooling, Masjid Pathok Negoro, Yogyakarta.

I. PENDAHULUAN

Konsep arsitektur tanggap iklim semakin disadari urgensinya dewasa ini seiring dengan meningkatnya konsumsi energi untuk pengkondisian udara ruang dalam pada bangunan [1]. Hal ini sejalan dengan konsep pembangunan berkelanjutan. Pembangunan berkelanjutan merupakan pembangunan yang mampu memenuhi kebutuhan saat ini dengan tanpa mengabaikan kebutuhan di masa yang akan datang, dalam hal ini terkait penghematan energi [2].

Salah satu kenyamanan ruang dalam yang menjadi prioritas adalah kenyamanan penghawaan baik dari segi temperatur udara maupun tingkat kelembaban udara ruang yang sesuai dengan kebutuhan manusia pengguna bangunan. Salah satu strateginya adalah strategi pendinginan pasif dimana strategi ini memanfaatkan potensi iklim setempat untuk menciptakan kenyamanan penghawaan dalam ruangan [3].

Indonesia terletak pada daerah beriklim tropis panas lembab termasuk didalamnya Yogyakarta. Daerah

beriklim tropis memiliki potensi cahaya matahari melimpah, sepanjang tahun mendapatkan cahaya matahari. Hal ini perlu dimanfaatkan dalam rancangan bangunan hunian maupun non hunian.

Arsitektur tradisional merupakan salah satu gaya arsitektur yang terbentuk dari proses panjang nenek moyang kita beradaptasi dengan kondisi alam termasuk kondisi iklim setempat. Dalam penelitian ini akan dikaji bangunan dengan gaya arsitektur tradisional Jawa khususnya pada bangunan non hunian. Masjid Pathok Negero di Yogyakarta merupakan Masjid yang bergaya arsitektur tradisional Jawa yang dikelola dan dibina oleh Karaton Kasultanan Yogyakarta. Masjid Pathok Negero berjumlah 5 (lima) bangunan masjid yang merupakan peninggalan masa pemerintahan Sultan Hamengkubuwono I. Bangunan dengan gaya arsitektur tradisional Jawa merupakan karya arsitektur peninggalan turun temurun yang selaras dengan kondisi iklim dan lingkungan setempat, dimana Yogyakarta berada di daerah iklim tropis panas lembab, sehingga perlu dilakukan penelitian yang mengkaji kesesuaian antara elemen rancangan arsitektur tradisional Jawa dengan kondisi iklim tropis panas lembab. Dalam penelitian ini dikhususkan tinjauan terkait strategi pendinginan pasif pada desain arsitektur tradisional Jawa dengan kasus bangunan Masjid Pathok Negero di Yogyakarta.

Penelitian terkait bangunan bergaya arsitektur tradisional Jawa lebih banyak dilakukan pada bangunan hunian dan masih perlu dikaji lebih dalam mengenai bangunan non hunian. Bangunan Masjid Pathok Negero yang menjadi objek penelitian ini merupakan bangunan bergaya Arsitektur tradisional Jawa dengan fungsi non-Hunian. Sehingga permasalahan penelitian ini adalah bagaimana penerapan strategi pendinginan pasif pada bangunan Masjid Pathok Negero di Yogyakarta.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui bagaimana penerapan strategi pendinginan pasif pada bangunan Masjid Pathok Negero di Yogyakarta. Sehingga hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan referensi arsitek dalam merancang bangunan non-hunian yang sesuai dan selaras dengan kondisi Iklim Tropis Panas Lembab.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Pendinginan Pasif

Pendinginan pasif merupakan salah satu strategi dalam menerapkan konsep arsitektur tanggap iklim (*Climate Adaptive Architecture*) khususnya terkait pengkondisian kenyamanan penghawaan pada bangunan. Strategi pendinginan pasif perlu dioptimalkan penerapannya pada bangunan untuk menjamin kenyamanan penghawaan ruang dalam bangunan dengan memanfaatkan potensi lingkungan sekitar site bangunan khususnya kondisi iklim setempat.

Teknik pendinginan pasif pada bangunan bertujuan untuk mengontrol kondisi udara interior dan

memaksimalkan pelepasan panas secara pasif ke luar bangunan bertujuan menstabilkan suhu dan kelembaban ruang pada tingkat nyaman yang distandarkan [4]. Pendinginan pasif dapat diartikan sebagai proses mendinginkan ruangan tanpa listrik atau menggunakan alat mekanikal lainnya. Pendinginan pasif adalah pendekatan rancangan yang berpusat pada upaya pengendalian panas dan pembuangan panas pada gedung dalam rangka meningkatkan kenyamanan termal dengan rendah energi [5].

Kenyamanan termal adalah kondisi pikiran manusia yang memperlihatkan kepuasan dirinya terkait lingkungan termalnya [6]. Kenyamanan termal adalah suatu kondisi yang berhubungan dengan alam, yang dapat mempengaruhi hidup manusia dan dapat dikondisikan dengan arsitektur [7].

Kenyamanan termal dipengaruhi oleh faktor yakni temperature udara, pergerakan angin, kelembaban udara, radiasi, selain itu juga beberapa faktor subyektif diantaranya metabolisme, pakaian, makanan dan minuman, bentuk tubuh, usia dan jenis kelamin [8].

B. Prinsip dan Strategi Pendinginan Pasif

Penerapan strategi pendinginan pasif pada daerah iklim tropis panas lembab perlu mempertimbangkan karakteristik iklim setempat. Karakteristik potensi iklim tropis panas lembab ditandai dengan tingkat kelembaban udara tinggi, curah hujan tinggi, serta temperatur rata-rata tahunan diatas 18° C [3], [9]. Karakteristik iklim tersebut dipertimbangkan sebagai sebuah potensi dari lingkungan setempat yang dapat dimanfaatkan untuk rancangan bangunan.

Pada daerah iklim tropis panas lembab memiliki prinsip rancangan tanggap iklim meliputi meminimalkan intensitas radiasi matahari pada selubung bangunannya, meminimalkan masuknya radiasi matahari pada bangunan, meningkatkan pendinginan pasif untuk mengoptimalkan *heat loss*, pemakaian dinding tipis, melindungi bangunan dari serangga, menyediakan ruang semi *outdoor* sebagai penyangga ruang luar dan ruang dalam [10]. Sedangkan menurut [11] teknik penerapan pendinginan pasif:

1. Pendinginan dengan ventilasi yang terdiri atas *comfort ventilation* dan *night flust cooling* (ventilasi untuk mendinginkan bangunan pada malam hari agar siang harinya bangunan menjadi heat sink).
2. *Radiant Cooling* dimana terjadi pelepasan panas bangunan lewat radiasi.
3. *Evaporative Cooling* yang memanfaatkan pelepasan panas terjadi saat penguapan.
4. *Earth Cooling* dimana tanah dimanfaatkan sebagai heat sink.

Menurut Light House Sustainable Building Center and Guido [12] Teknik Penerapan *Passive Cooling* :

1. *External Shading*, merupakan sebuah tritisan bangunan pada bagian luar bangunan, atau dapat dikatakan sebagai penghalang matahari langsung untuk masuk kedalam bangunan.
2. *Thermal Mass*, merupakan pendekatan dengan material bangunan dimana material bangunan tersebut dapat menyerap dan menyimpan hawa panas dari matahari, namun untuk permasalahan khususnya pada kawasan yang bersifat tropis sebaiknya tidak menggunakan material yang menyimpan panas melainkan material yang memiliki nilai thermal mass yang rendah bahkan tidak ada apabila memungkinkan.
3. *Low Window to Wall Area Ratio (S/W)*, merupakan rasio besaran jendela atau bukaan yang digunakan pada rancangan bangunan khususnya pada bagian dinding, hal ini sangatlah berpengaruh terhadap pencahayaan, penghawaan, dan pemandangan.
4. *Passive Ventilation*, atau dapat dikenal sebagai natural ventilation yang dimana memanfaatkan tekanan angin sebagai sistem untuk menukar udara dalam bangunan, seperti halnya perputaran udara.
5. *Nocturnal Cooling*, atau dapat dikenal dengan *night flush cooling* yang berfungsi sebagai ventilasi untuk mendinginkan bangunan pada malam hari agar siang harinya bangunan siap menerima panas dari luar bangunan dengan kondisi temperatur yang rendah.
6. *Cross Ventilation*, merupakan sistem penghawaan bangunan yang memberikan bukaan pada kedua sisi yang berseberangan. Hal ini agar dapat menerima udara yang datang lalu mendorong udara dalam bangunan menuju keluar bangunan.
7. *Stacked Window*, merupakan sistem penerapan bukaan pada dinding yang sama (atas dan bawah) hal ini dapat membantu untuk memasukan udara dingin melalui jendela bawah lalu membuang udara panas dari jendela atas.
8. *Passive Evaporative Cooling*, merupakan sistem pelepasan panas yang memanfaatkan penguapan sebagai media pendinginan, seperti halnya menggunakan kolam dalam bangunan.
9. *Orientation*, atau dapat dikenal dengan arah hadap bangunan, dimana dengan arah hadap bangunan tersebut dapat meminimalisir atau memaksimalkan pemanfaatan dari masuknya matahari dan angin.
10. *Building Shape*, dapat diartikan sebagai bentukan bangunan. Bentukan bangunan merupakan faktor yang sangat berpengaruh, seperti halnya apabila bentukan bangunan dapat mengikuti arah datangnya angin maka dapat memaksimalkan

udara yang masuk pada bangunan, tentunya agar dapat meningkatkan kenyamanan termal pada bangunan.

11. *Double Facades and Buffer Space*, berfungsi sebagai secondary skin atau lapisan kedua pada bangunan. Dengan menggunakan sistem ini maka dapat memanfaatkan ruang antara kedua kulit bangunan sebagai penyaring suhu panas yang masuk pada bangunan.
12. *Atria and Lobbies Central*, menggunakan atrium atau lobby yang besar pada rancangannya agar dapat memusatkan penghawaan pada titik tersebut seperti mengarahkan udara dingin yang masuk lalu membuangnya yang keluar melalui atrium, lobby atau void tersebut.
13. *Opening to Corridors and Between Seperated Room*, memberikan bukaan pada bagian koridor atau memberikan *space* antar ruangan agar tidak mengunci hawa panas pada bangunan dan lebih mudah mengatur sirkulasi bangunan.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif. Data penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Metode pengumpulan data primer dengan observasi lapangan dan wawancara, sedangkan data sekunder diperoleh dari arsip dan internet.

Metode analisis data dengan mengkaji dan memahami teori terkait pendinginan pasif yang akan menjadi landasan untuk menganalisis bangunan studi kasus yang dipilih. Selanjutnya mendeskripsikan dan mengidentifikasi penerapan strategi pendinginan pasif pada Masjid Pathok Negoro di Yogyakarta, dilanjutkan dengan membahas temuan dalam kaitan dengan strategi pendinginan pasif yang diterapkan pada 5 (lima) masjid Pathok Negoro yang menjadi bahan kajian dalam penelitian ini.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Masjid Pathok Negoro di Yogyakarta

Masjid Pathok Negara adalah masjid yang terdapat di empat penjuru mata angin berjumlah 5 (lima) buah masjid yang berfungsi juga sebagai penanda batas wilayah pemerintahan Kesultanan Yogyakarta dibangun pada masa pemerintahan Sultan Hamengkubuwono I. Masjid pathok negoro dan masjid Agung Karaton Yogyakarta merupakan masjid yang dikelola dan dibina oleh Karaton Ngayogyakarta Hadiningrat (<https://id.wikipedia.org>, 2024). Terdapat 5 (lima) masjid Pathok Negoro di Yogyakarta yaitu Masjid Sulthoni Plosokuning Sleman (utara), Masjid An-Nur Mlangi (barat), Masjid Ad-Darojat Banguntapan (timur), Masjid Nurul Huda Dongkelan (selatan) dan Masjid Taqwa Wonokromo Pleret Bantul (tenggara).

1. Masjid Sulthoni Plosokuning



Gambar. 1 Masjid Sulthoni Plosokuning

Masjid Sulthoni Plosokuning berada di Sleman, Yogyakarta, dan dibangun sebelum Karaton Yogyakarta berdiri. Didirikan oleh Kyai Mursodo, yang merupakan putra dari Kyai Nur Iman, Mlangi. Kolam yang mengelilingi masjid digunakan untuk membasuh kaki menjadi ciri khas dari rancangan masjid Sulthoni Plosokuning [13]

2. Masjid An-Nur Mlangi



Gambar. 2 Masjid An-Nur Mlangi [14]

Masjid An-Nur Mlangi didirikan sekitar tahun 1758 oleh Kyai Nur Iman setelah mendapatkan tanah perdikan dari Sultan Hamengkubuwono I. masjid ini terletak di daerah Mlangi, Sleman. [13] Masjid ini dikembalikan ke bentuk masjid aslinya ada tahun 2012.

3. Masjid Ad-Darajat Banguntapan



Gambar. 3 Masjid Ad-Darajat Banguntapan

Masjid ini terletak di Banguntapan Bantul, dibangun pada sekitar tahun 1774 dan pernah mengalami pemindahan akibat tantara jepang untuk

perluasan pangkalan udara tentara Jepang. Setelah Indonesia Merdeka dibangun Kembali pada Lokasi yang sama pada tahun 1960 [13].

4. Masjid Nurul Huda Dongkelan



Gambar. 4 Masjid Nurul Huda Dongkelan[14]

Masjid Nurul Huda Dongkelan terletak di wilayah Dongkelan, Bantul. Masjid ini didirikan pada tahun 1775 ini pernah dibakar oleh Belanda pada saat perang Diponegoro.

5. Masjid Taqwa Wonokromo

Masjid ini merupakan masjid pathok Negoro yang terbesar dibandingkan dengan masjid pathok negoro yang lain. Selain itu masjid ini juga menjadi satu-satunya masjid pathok negoro yang tidak menjadi penjaga mata angin.

B. Strategi Pendinginan Pasif pada Bangunan Masjid Pathok Negoro di Yogyakarta

Desain kelima Masjid Pathok Negoro bergaya arsitektur tradisional jawa pada bangunan utama masjidnya. Pada beberapa bagian terdapat perbaikan dan pemeliharaan untuk menjaga kenyamanan pengguna masjid. Ditinjau dari penerapan strategi pendinginan pasif pada rancangan bangunan kelima masjid terdapat beberapa strategi yang diterapkan, untuk lebih rinci dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Strategi Pendinginan Pasif pada Bangunan Masjid Pathok Negoro di Yogyakarta

Strategi Pendinginan Pasif	Bangunan Studi Kasus				
	Masjid Plosokuning	Masjid Babadan	Masjid Mlangi	Masjid Dongkelan	Masjid Wonokromo
<i>Shading/ external shading</i>	Tritisan disekeliling bangunan	Tritisan disekeliling bangunan	Tritisan disekeliling bangunan	Tritisan atap sebagai <i>shading</i> . disekeliling bangunan	Tritisan atap sebagai <i>shading</i> .
<i>Thermal Mass</i>	Material tipis dan ringan memudahkan pembuangan panas	Material tipis dan ringan memudahkan pembuangan panas	Material tipis dan ringan memudahkan pembuangan panas	Material tipis dan ringan memudahkan pembuangan panas	Material tipis dan ringan memudahkan pembuangan panas, serambi terbuka.
<i>Low windows to wall Area Rasio (S/W)</i>	Minimal bukaan pada bangunan utama masjid, sedangkan serambi lebih terbuka	Minimal bukaan pada bangunan utama masjid, sedangkan serambi lebih terbuka	Minimal bukaan pada bangunan utama masjid, sedangkan serambi lebih terbuka	Minimal bukaan pada bangunan utama masjid, sedangkan serambi lebih terbuka	Minimal bukaan pada bangunan utama masjid, sedangkan serambi lebih terbuka
<i>Passive/ Natural ventilation</i>	Ventilasi silang dengan bukaan disisi bangunan dan <i>stack effect ventilation</i> pada lobang pada sisi atap tumpang.	Ventilasi silang dengan bukaan disisi bangunan dan <i>stack effect ventilation</i> pada lobang pada sisi atap tumpang.	Ventilasi silang dengan bukaan disisi bangunan dan <i>stack effect ventilation</i> pada lobang pada sisi atap tumpang.	Ventilasi silang dengan bukaan disisi bangunan dan <i>stack effect ventilation</i> pada lobang pada sisi atap tumpang.	Ventilasi silang dengan bukaan diseluruh sisi bangunan dan <i>stack effect ventilation</i> melalui jendela di bawah tumpang atas.
<i>Night flush Cooling</i>	-	-	-	-	-
<i>Passive Evaporative Cooling</i>	Memfaatkan air kolam sekeliling bangunan	-	Memfaatkan air kolam sekeliling bangunan	-	Memfaatkan air kolam sekeliling bangunan
Bentuk bangunan/ <i>Building Shape</i>	Bentuk bangunan utama bujur sangkar dan serambi berbentuk persegi panjang, sehingga massa bangunan terdiri beberapa massa terpisah dan tipis.	Bentuk bangunan utama bujur sangkar dan serambi berbentuk persegi panjang, sehingga massa bangunan terdiri beberapa massa terpisah dan tipis.	Bentuk bangunan utama bujur sangkar dan serambi berbentuk persegi panjang.	Bentuk bangunan utama bujur sangkar dan serambi berbentuk persegi panjang, sehingga massa bangunan terdiri beberapa massa terpisah dan tipis.	Bentuk bangunan utama bujur sangkar dan serambi berbentuk persegi panjang, sehingga massa bangunan terdiri beberapa massa terpisah.

<i>Double Fasade and Buffer Space</i>	Serambi sebagai <i>buffer space</i> radiasi panas	-	selasar dan serambi sebagai <i>buffer space</i> radiasi panas	-	Serambi sebagai <i>buffer space</i> radiasi panas
<i>Atria and lobbies central</i>	Ruangan ditengah bangunan dibawah tumpang sari berperan sebagai <i>Atria</i> , memperlancar laju ventilasi ke bukaan di atap	Ruangan ditengah bangunan dibawah tumpang sari berperan sebagai <i>Atria</i> , memperlancar laju ventilasi ke bukaan di atap	Ruangan ditengah bangunan dibawah tumpang sari berperan sebagai <i>Atria</i> , memperlancar laju ventilasi ke bukaan di atap	Ruangan ditengah bangunan dibawah tumpang sari berperan sebagai <i>Atria</i> , memperlancar laju ventilasi ke bukaan di atap	Ruangan ditengah bangunan dibawah tumpang sari berperan sebagai <i>Atria</i> , memperlancar laju ventilasi ke jendela di bawah atap
<i>Opening to corridors and between separated rooms</i>	Bukaan lebih banyak di area yang terlindungi, selasar atau bangunan serambi masjid.	Bukaan lebih banyak di area yang terlindungi, selasar atau bangunan serambi masjid.	Bukaan lebih banyak di area yang terlindungi, selasar atau bangunan serambi masjid.	Bukaan lebih banyak di area yang terlindungi, selasar atau bangunan serambi masjid.	Bukaan lebih banyak di area yang terlindungi, selasar atau bangunan serambi masjid.

V. KESIMPULAN

Strategi pendinginan pasif yang di terapkan pada 5 (lima) bangunan Masjid Pathok Negoro yaitu strategi *shading* atau peneduh matahari, strategi pemilihan material dinding sesuai karakter iklim tropis panas lembab (*thermal mass*), ventilasi alami (*natural ventilation*) baik ventilasi silang maupun *stack affect ventilation* dengan *stack windows*, strategi penempatan *atria and lobbies central* dengan adanya ruangan tengah yang tinggi diantara soko guru dan dengan adanya bukaan pada koridor (*opening to corridors and between separated room strategy*). Sedangkan strategi *passive evaporative cooling* diterapkan pada Masjid Plosokuning dan Masjid Mlangi dengan kolam di sekeliling masjid. Sedangkan penempatan serambi sebagai ruang antara (*buffer space*) diterapkan di Masjid Plosokuning, Mlangi dan Wonokromo.

PERNYATAAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan atas kesempatan dan dukungan yang diberikan kepada Penulis untuk dapat menyelesaikan publikasi ilmiah ini.

REFERENSI

- [1] A. Krishan, N. Baker, S. Yannas, and S. V Szokolay, *Climate Responsive Architecture: Design Handbook for Energy Efficient Buildings*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, 2001.
- [2] G. H. Brundtland, *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. New York: Oxford University Press, 1987.
- [3] G. Lippsmeier, *Bangunan Tropis*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1980.
- [4] B. A. Wibawa, "Optimalisasi Bukaan dan Kenyamanan Ruang melalui Analisis OTTV dan Sun Shading," *MODUL*, vol. 19, no. 2, pp. 115–123, 2019.
- [5] J. J. Kindangen, *Pendinginan Pasif untuk Arsitektur Tropis Lembab*. Sleman: Deepublish Cetakan Pertama, 2019.
- [6] S. V Szokolay, *Manual of Tropical Housing and Building*. India: Orient Longman, 1973.
- [7] J. C. Snyder and A. J. Catanese, *Introduction to Architecture*. Jakarta: Erlangga, 1973.
- [8] A. Auliciems and S. V Szokolay, *Thermal Comfort, PLEA Note 3*. Queensland: PLEA International, University of Queensland, 2007.
- [9] O. H. Koenigsberger, T. G. Ingersoll, A. Mayhew, and S. V Szokolay, *Manual of Tropical Housing and Building*. London: Commonwealth Printing Press Ltd, 1973.
- [10] J. P. S. Handoko and Ikaputra, "Prinsip Desain Arsitektur Bioklimatik pada Iklim Tropis,"

Langkau Betang: Jurnal Arsitektur, vol. 6, no. 2, pp. 133–142, 2019, doi: 10.26418/lantang.v6i2.34791.

- [11] N. Lechner, *Heating, Cooling, Lighting: Design Method for Architects*. Canada: John Wiley and Sons, Inc, 2001.
- [12] Guido, *Light House Sustainable Building Center and G*. Vancouver: Vancouver Government, 2009.
- [13] Wikipedia, “Masjid Pathok Negoro,” 20204. [Online]. Available: https://id.wikipedia.org/wiki/Masjid_Pathok_Negara.
- [14] U. G. Mada, “Masjid Pathok Negoro Dongkelan,” 2024. [Online]. Available: <https://wisatabudayaku.sv.ugm.ac.id/2020/01/29/masjid-pathok-negoro-dongkelan-yogyakarta/>