Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
5 (2) 2025, Page: 18327-18334

Konsep Arsitektur Bioklimatik Pada Perencanaan Musholla Al Ikhlas Kemenag, Arso Dua, Kabupaten Keerom, Papua

Hasrul [1], Inayatul Ilah Nashruddin[2], Muhammad Indra Cahya[3]
[1,2] Program Studi Arstektur, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Universitas Sains dan Teknologi Jayapura, [3] Universitas Widya Mataram Yogyakarta
e-mail: hasrul.zaim@gmail.com

Published: August , 2025

ABSTRAK

Latar belakang penelitian ini dilatarbelakangi oleh pentingnya menciptakan konsep bangunan yang tidak hanya nyaman bagi penghuninya, tetapi juga ramah lingkungan, efisien energi, serta mendukung ekosistem lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penerapan konsep arsitektur bioklimatik dalam perencanaan Musholla Al Ikhlas Kemenag Arso Dua Keerom, dengan fokus utama pada aspek kenyamanan termal dan efisiensi energi. Dalam perencanaan musholla ini, penerapan prinsip-prinsip arsitektur bioklimatik yang memperhatikan faktor-faktor seperti tata letak dan orientasi bangunan, pemilihan material, pengkondisian suhu melalui desain bangunan, serta penataan ruang luar, diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif untuk menciptakan ruang ibadah yang nyaman sekaligus meminimalisir dampak negatif terhadap lingkungan. Hasil perancangan ini menunjukkan bahwa penerapan prinsip-prinsip bioklimatik yang tepat dapat menciptakan lingkungan ibadah yang optimal secara termal, mengurangi ketergantungan pada energi buatan, serta memaksimalkan pemanfaatan sumber daya alam secara efisien. Ide penerapan desain bioklimatik pada perancangan tempat ibadah ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi perkembangan arsitektur ramah lingkungan di Indonesia, khususnya dalam perencanaan ruang ibadah yang berkelanjutan.

Keywords: arsitektur bioklimatik, perencanaan musholla, efisiensi energi

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Bangunan ibadah di wilayah beriklim tropis mampu menghadapi tantangan signifikan dalam menciptakan kenyamanan termal bagi jamaah. Kondisi suhu udara yang tinggi dan kelembapan yang ekstrem menyebabkan perolehan panas yang besar di dalam ruangan, sehingga kenyamanan termal sulit dicapai tanpa bantuan sistem pendingin buatan (Elaouzy & El Fadar, 2022). Sebagian besar masjid dan musholla di kawasan tropis, khususnya di negara-negara berkembang, masih mengandalkan sistem pendingin aktif seperti pendingin udara (AC), yang menyebabkan konsumsi energi sangat tinggi dan berimplikasi negatif terhadap lingkungan. Berdasarkan penelitian sebelumnya, lebih dari 50% total konsumsi energi pada bangunan ibadah di wilayah beriklim panas dan kering digunakan untuk sistem pendingin ruangan (Aghimien et al., 2022; Ahriz et al., 2021). Hal ini menjadikan bangunan ibadah sebagai salah satu kategori bangunan dengan intensitas energi yang tinggi dan kontribusi emisi karbon yang signifikan.

Ironisnya, arsitektur tradisional Nusantara dan beberapa kawasan lain yang memiliki iklim serupa telah lama menerapkan prinsip-prinsip bioklimatik yang memungkinkan tercapainya

kenyamanan termal secara pasif. Pendekatan ini terbukti mampu menyesuaikan bangunan terhadap kondisi iklim lokal tanpa bergantung pada energi eksternal, melalui strategi seperti orientasi bangunan yang tepat, induksi silang alami, pemanfaatan material lokal berporositas tinggi, serta perlindungan dari radiasi matahari langsung (Ali Quispe et al., 2024; Benachir et al., 2023).

Konsep arsitektur bioklimatik sendiri merupakan pendekatan perancangan bangunan yang mengintegrasikan prinsip-prinsip lingkungan dengan strategi desain arsitektural untuk menciptakan kenyamanan termal secara efisien dan berkelanjutan (Bera et al., 2024). Pendekatan ini tidak hanya mengacu pada strategi pasif seperti ventilasi alami, isolasi termal, peneduh, dan pengendalian radiasi matahari tetapi juga dapat dikombinasikan dengan teknologi aktif seperti sistem energi terbarukan (misalnya panel surya atau pemanasan mekanis berbasis sensor) untuk mencapai efisiensi maksimum. Arsitektur bioklimatik juga mendorong penggunaan material lokal yang ramah lingkungan dan memperhatikan karakteristik sosial budaya masyarakat setempat dalam setiap elemen desainnya (Almirón Cuentas & Bernedo-Moreira, 2024).

Berbagai studi kasus telah membuktikan keberhasilan pendekatan bioklimatik dalam mengurangi konsumsi energi dan meningkatkan kenyamanan termal di berbagai konteks geografis. Penerapan prinsip ini pada bangunan ibadah di Tiongkok Tenggara, Mesir, dan Pakistan menunjukkan pengaruh signifikan dari orientasi bangunan, pengaturan ventilasi, serta pemilihan material dalam menjaga suhu dalam ruang tetap stabil meskipun di luar terjadi suhu ekstrem (Furqan Javed Arain et al., 2025; Huang et al., 2024). Selain itu, penggunaan teknologi simulasi seperti EnergyPlus juga telah terbukti mampu membantu arsitek dan perencana dalam memvisualisasikan kinerja termal bangunan sebelum tahap konstruksi, sehingga desain yang dihasilkan menjadi lebih presisi dan efisien (Elaouzy & El Fadar, 2023).

Namun demikian, penerapan arsitektur bioklimatik di banyak wilayah tropis masih belum optimal. Tantangan utama yang dihadapi meliputi keterbatasan pemahaman teknis oleh perancang bangunan, kurangnya dukungan kebijakan yang mendorong pembangunan berkelanjutan, serta anggapan bahwa teknologi modern selalu lebih unggul daripada pendekatan tradisional (Almirón Cuentas & Bernedo-Moreira, 2024). Di sisi lain, keterpisahan antara disiplin arsitektur dan ilmu iklim lokal menyebabkan minimnya integrasi data klimatologis dalam proses perancangan bangunan ibadah.

Sehubungan dengan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan prinsip arsitektur bioklimatik dalam perancangan Musholla Al Ikhlas di wilayah Arso Dua, Keerom, Papua. Secara astronomis, Kabupaten Keerom terletak antara 2 37’ 0” – 4 0’ 0” Lintang Selatan dan antara 140 15’ 0” − 141 0’ 0” Bujur Timur. Wilayah ini memiliki karakteristik iklim tropis lembap dengan suhu rata-rata tinggi sekitar 25-32°C % dan kelembapan udara yang konstan sepanjang tahun yakni 80-90%. Adapun curah hujan yang tinggi yakni 2500-3000mm/tahun, dengan radiasi matahari intens, dan angin dominan dari utara-timur laut.

Dengan pendekatan arsitektur bioklimatik, tidak hanya mampu menekan konsumsi energi secara signifikan, tetapi juga menciptakan ruang ibadah yang nyaman, adaptif terhadap lingkungan, serta memperkuat kesinambungan antara warisan arsitektur lokal dan inovasi desain modern. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis dalam pengembangan pedoman desain bangunan ibadah tropis yang efisien secara energi dan berkelanjutan, selaras dengan tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals*/SDGs).

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam proses penerapan konsep arsitektur bioklimatik pada perencanaan bangunan Musholla Al-Ikhlas Kemenag Arso Dua Keerom adalah metode deskriptif kualitatif. Metode ini bertujuan untuk menggali, menganalisis, dan mendeskripsikan penerapan konsep arsitektur bioklimatik dalam perancangan bangunan musholla secara mendalam dan sistematis. Pendekatan deskriptif kualitatif berbasis perancangan ini memungkinkan peneliti untuk memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai bagaimana prinsip-prinsip arsitektur bioklimatik diterapkan dalam konteks perancangan bangunan ibadah, dengan mempertimbangkan aspek iklim dan lingkungan sekitar. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang relevan dengan topik arsitektur bioklimatik, yang diperoleh dari berbagai sumber,

seperti buku, jurnal ilmiah, dan literatur lainnya yang dapat memberikan wawasan dan teori-teori yang mendasari penerapan konsep tersebut dalam perancangan bangunan musholla. Selain itu untuk data primer adalah data lapangan yang berkaitan dengan site perancangan untuk Musholla.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerapan konsep arsitektur bioklimatik pada perencanaan Musholla Al Ikhlas Kemenag Arso Dua Keerom bertujuan menciptakan ruang ibadah yang efisien energi dan ramah lingkungan, dengan memperhatikan aspek fungsional dan estetis. Terletak di Jl. Trans Irian, Arso Kota, Kabupaten Keerom, dengan luas site 314,5 m². Dengan akses kendaraan roda dua dan empat, perencanaan ini diharapkan dapat menghasilkan musholla yang berkelanjutan, nyaman, dan efisien, serta mempertimbangkan prinsip-prinsip arsitektur bioklimatik yang relevan dengan kondisi iklim Papua.



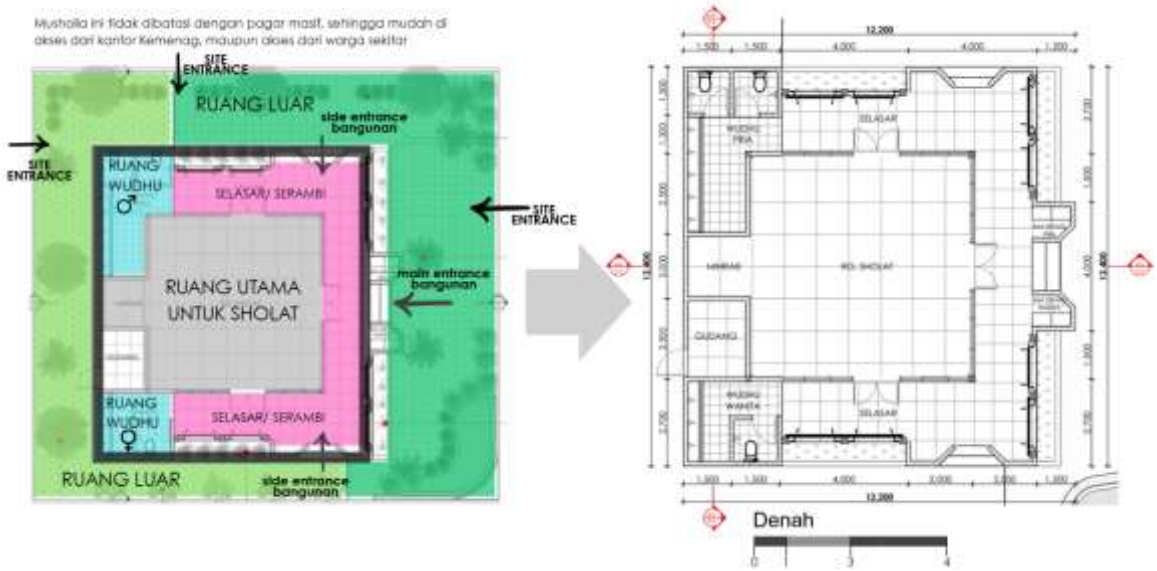
Gambar 1. Lokasi perencanaan Musholla
Sumber: https://www.google.com/maps, diakses pada 10 Mei 2025



Gambar 2. kegiatan pengukuran arah kiblat Musholla Al Ikhlas oleh Tim Kamwil Kementerian Agama Provinsi Papua
Sumber: Dokumentasi, 2025

Rancangan musholla berbasis arsitektur bioklimatik bertujuan untuk menciptakan ruang ibadah yang nyaman secara termal, hemat energi, dan ramah lingkungan dengan memanfaatkan potensi iklim lokal, sumber daya alam, serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Prinsip ini mengutamakan lima aspek utama, yakni tata letak, orientasi, material, ukuran, dan shading, Berikut rincian strategi bioklimatik yang dapat diterapkan pada desain musholla:

1. Pengaturan Tata Letak
   Strategi bioklimatik dalam perancangan bangunan fokus pada penempatan ruang utama dan area penunjang yang mengikuti arah angin dan cahaya alami untuk mencapai kenyamanan termal dan visual. Penempatan ruang utama musholla sebaiknya memperhatikan arah angin dominan, sehingga dapat memaksimalkan sirkulasi udara dengan angin dingin masuk dan angin panas keluar secara alami, yang pada gilirannya meningkatkan kenyamanan pengunjung untuk beribadah. Selain itu, posisi ruang utama yang terhubung langsung dengan cahaya alami akan mengurangi ketergantungan pada pencahayaan buatan selama siang hari, mengoptimalkan efisiensi energi. Penggunaan ventilasi silang yang mengarahkan aliran udara melalui ruang juga menjadi faktor penting dalam meningkatkan kenyamanan termal.



Gambar 3. Zonasi Musholla, tata ruang dan denah Musholla

2. Orientasi Bangunan

Strategi bioklimatik dalam perancangan bangunan mengutamakan orientasi yang meminimalkan paparan langsung sinar matahari, umumnya dengan mengarahkan bangunan ke arah utara-selatan. Orientasi yang tepat dapat mengurangi beban panas dengan menghindari penyerapan sinar matahari langsung pada dinding dan atap, terutama pada siang hari, sehingga mengurangi peningkatan suhu di dalam bangunan. Dampak positif lainnya adalah peningkatan efisiensi energi, karena dengan meminimalkan penggunaan pendingin udara atau kipas angin, hal ini juga mengurangi konsumsi energi buatan, sejalan dengan prinsip menggerakkan bangunan. Sebagai rekomendasi, penempatan musholla dengan orientasi memanjang utara-selatan akan memungkinkan pemanfaatan cahaya matahari secara optimal pada pagi dan sore hari, sekaligus menghindari pemanasan berlebihan pada siang hari dan mendapat sirkulasi udara optimal.



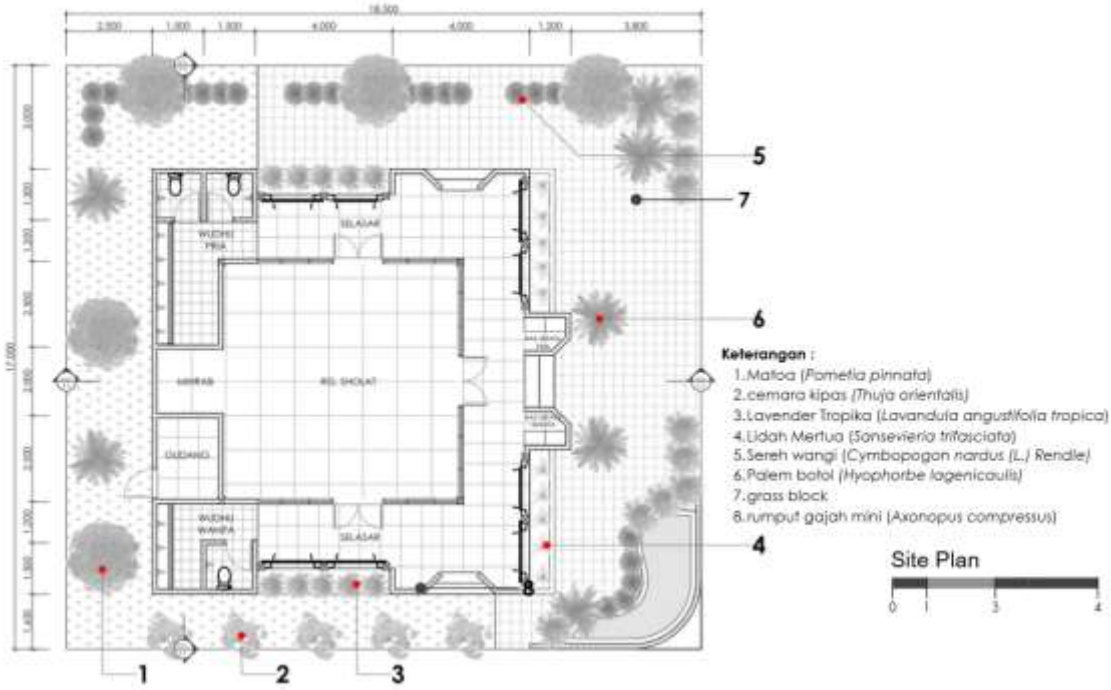
Gambar 4 Tiga dimensi desain musholla Al Ikhlas Keerom yang menerapkan prinsip desain bioklimatik

3. Penataan ruang luar

Salah satu penerapan desain bioklimatik pada perancangan Musholla adalah pada penataan ruang luarnya dengan menghadirkan elemen air (kolam kecil dengan air terjun buatan) untuk *cooling effect*. Selain itu, pada area ruang luar juga ditanam beberapa vegetasi yang dapat menciptakan iklim mikro sekitar bangunan menjadi lebih sejuk. Vegetasi rindang ditempatkan di sisi barat dan utara sebagai *buffer zone*. Jenis vegetasi rindang yang dipilih sebagai peneduh adalah Matoa (*Pometia pinnata*) karena karakteristiknya cocok sebagai buffer zone dan peneduh yakni memiliki tinggi 15-25 m, kanopi yang lebar, serta evergreen. Selain itu, pohon matoa juga merupakan tanaman endemi Papua. Penempatan vegetasi perindang ini ada di sisi barat dan barat daya (*blocking afternoon sun*).

Pemilihan vegetasi perindang menggunakan cemara kipas (*Thuja orientalis*) yang ditempatkan di sisi selatan musholla. Pemilihan vegetasi cemara kipas mempertimbangkan ketersediaannya di Keerom dan minim maintenance, serta yang terpenting tanaman ini toleran terhadap

kelembaban tinggi dan curah hujan. Di bagian depan musholla atau di sisi timur terdapat vegetasi palem botol (*Hyophorbe lagenicaulis*) sebagai *focal point* yang memiliki karakteristik tahan kekeringan dan kondisi tropis lembab dan akarnya tidak merusak struktur banguan.



Gambar 5 Penataan ruang luar (vegetasi dan perkerasan) yang memberikan efek pengkondisian udara pada bangunan

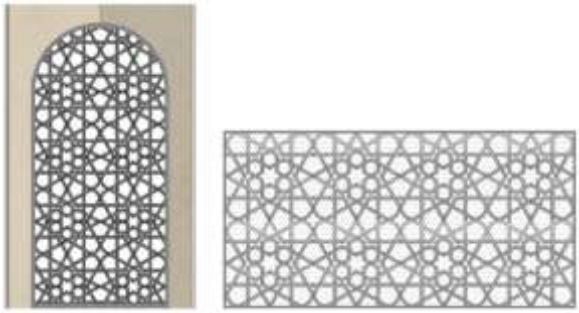
Perkerasan pada ruang luar menggunakan *grass block* dan rumput gajah mini (*Axonopus compressus)*. Penggunaan *grass block* yang merupakan sistem perkerasan *semi-permeable*, menggabungkan struktur beton berlubang dengan vegetasi rumput, menciptakan bidang tutupan yang dapat menahan beban kendaraan namun tetap mempertahankan fungsi ekologis tanah. Sedangkan penggunaan rumput gajah mini sebagai vegetasi penutup tanah karena tanaman ini tahan untuk iklim tropis dengan suhu tinggi (32-35°C) dan memiliki adaptasi pada kelembapan 80-90% RH, serta kemudahan perawatannya.

4. Penggunaan Material

Penggunaan material lokal yang memiliki kualitas isolasi termal baik dan daya serap panas rendah. Bahan seperti batu tela untuk dinding dan roster untuk selubung bangunan, dipilih karena kemampuan alami untuk menjaga kestabilan suhu ruangan, mengurangi suhu yang ekstrem. Isolasi termal yang baik dari material-material ini membantu mengurangi ketergantungan pada sistem pemanas atau pendingin buatan, serta mengurangi konsumsi energi. Roster beton precast K300 tebal 8-10 cm, dengan agregat lokal, digunakan pada selubung luar karena memiliki keunggulan diantaranya memiliki *durability* 25-30 tahun tanpa maintenance yang signifikan hanya diperlukan pembersihan berkala dengan *pressure wash,* material ini tahan api, produksi lokal sehingga biaya lebih efisien, serta dapat berfungsi sebagai *structural screen*. Pemasangan roster ini menggunakan teknik beton ekspos dengan lapisan (*coating*) anti-jamur. Untuk pemasangan roster pada selubung dioptimalkan untuk pengkondisian udara dengan *void ratio* 40-60% dari luas selubung bangunan dalam hal ini di sisi luar area serambi musholla.

Roster dipasang pada dua level ketinggian yakni *arcade level* (*Ground Floor*) di luar serambi musholla dan *Upper Level* (*Clerestory*) di bagian dinding atas ruang sholat. Penggunaan roster pada area serambi berfungsi untuk filter iklim (*Climate filter*), layar privasi (*privacy screen*), dan melindung serambi dari tampias air hujan. Sedangkan roster di bagian atas berfungsi sebagai *exhaust ventilation* yang dipasang secara horisontal di sekeliling dinding bagian ter-atas. Pemilihan material untuk roster bagian atas menggunakan *Aluminum Perforated Screen* dengan pertimbangan lebih ringan untuk struktur atas, ketahanan hujan yang superior untuk pemasangan horizontal,

memberikan respon termal dengan penyebaran panas cepat/ tidak menahan panas. Selain itu material lebih mudah dibersihkan untuk pemasangan pada ketinggian dan dari sisi estetika memberikan efek kontras dengan roster bagian bawah.

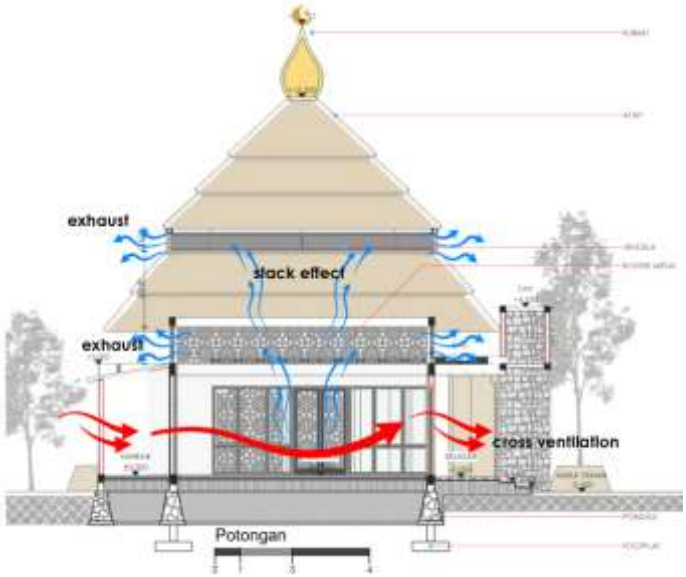


Gambar 6 Pola roster beton precast untuk dinding selubung serambi musholla (kiri) dan pola roster aluminium perforated screen untuk dinding bagian atas ruang sholat (kanan)

Penggunaan bahan dengan daya serap panas rendah, seperti bahan alamiah, juga berkontribusi pada pengurangan beban pembakaran ruangan, menjaga kenyamanan dalam jangka panjang. Untuk meningkatkan kenyamanan, direkomendasikan pemilihan batu alam atau bahan bangunan yang mampu menyerap kelembapan dengan baik, sehingga dapat mencegah ruangan menjadi pengap atau terlalu panas selama musim kemarau.

5. Ventilasi Alami

Ventilasi silang (*cross ventilation*), ventilasi jendela besar, dan ventilasi atap, bertujuan untuk menciptakan pertukaran udara yang efektif serta meningkatkan kenyamanan termal. Ventilasi silang yang memanfaatkan jendela besar memungkinkan udara panas keluar dari ruang musholla, sementara udara dingin dari luar dapat masuk dengan lancar, mempercepat proses pengaturan suhu dalam ruangan. Selain itu, ventilasi atap berfungsi untuk mengalirkan udara panas yang terperangkap di bagian atas ruangan, sehingga kualitas udara dalam ruangan tetap terjaga. Untuk mengoptimalkan efek ventilasi silang, disarankan untuk menyusun jendela secara strategis di sisi bangunan yang saling berhadapan, guna memaksimalkan sirkulasi udara dan mendukung kenyamanan penghuni ruangan.



Gambar 2. Penerapan ventilasi silang dan ventilasi atap untuk mengoptimalkan pengkondisian udara dalam ruang

6. Penggunaan Atap Kariwari

Implementasi atap kariwari lima tingkat dengan sistem *exhaust horizontal* mencerminkan integrasi sempurna antara kearifan arsitektur tradisional Papua dan prinsip-prinsip bioklimatik modern

untuk menciptakan ruang ibadah yang nyaman secara termal tanpa ketergantungan pada sistem pendinginan mekanis. Struktur rangka dengan material kayu besi yang terekspos tidak hanya memberikan kekuatan struktural optimal untuk menahan beban penutup ijuk dan tekanan angin Papua, tetapi juga menciptakan *visual warmth* yang mendukung atmosfer spiritual dengan tekstur natural yang terlihat dari ruang sholat di bawahnya. Setiap tingkat atap berfungsi sebagai *thermal buffer zone* yang secara bertahap mendinginkan udara melalui proses *stack effect*, dimana udara panas dari ruang ibadah naik melalui celah-celah antar tingkat dan keluar melalui sistem *exhaust horizontal* yang strategis ditempatkan antara tingkat kedua dan ketiga. Sistem *exhaust horizontal* dengan material rooster *Aluminum Perforated Screen* ini tidak hanya memfasilitasi pengeluaran udara panas secara optimal, tetapi juga berfungsi sebagai *structural tie* yang memperkuat integritas keseluruhan sistem atap oktagonal berlapis. Penutup ijuk sebagai material tradisional memberikan insulasi termal alami sekaligus menciptakan microclimate dalam setiap celah udara antar tingkat, sementara sistem *waterproofing interior* dengan EPDM membrane (pelapis utama) dan *vapor barrier* (pelapis tambahan) memastikan perlindungan optimal dari infiltrasi air hujan Papua yang intensif.

Lima tingkat atap yang merepresentasikan Rukun Islam tidak hanya bermakna spiritual mendalam, tetapi secara teknis menciptakan multiple thermal zones yang bekerja sinergis untuk menghasilkan zona nyaman optimal di ruang sholat dengan pengurangan suhu hingga 6-8°C dari temperatur semula. Integrasi sistem struktur, termal, dan spiritual dalam desain atap kariwari ini menunjukkan bagaimana arsitektur bioklimatik dapat mengharmoniskan kebutuhan fungsional, environmental response, dan nilai-nilai keagamaan dalam satu sistem desain yang holistik dan berkelanjutan.



Gambar 7. Tampak depan (kiri) dan tampak samping (kanan) bangunan musholla yang menunjukkan variasi desain bioklimatik melalui tampilan selubung bangunan dan desain secara keseluruhan

KESIMPULAN

Hasil perencanaan menunjukkan bahwa penerapan konsep arsitektur bioklimatik pada perencanaan Musholla Al Ikhlas Kemenag Arso Dua Keerom menunjukkan bahwa integrasi prinsip-prinsip bioklimatik, tata letak dan orientasi bangunan, pemilihan material, pengkondisian suhu melalui desain bangunan, serta penataan ruang luar. Dengan penerapan desain bioklimatik ini diharapkan mampu menciptakan lingkungan yang nyaman secara termal serta meningkatkan efisiensi energi. Penerapan desain ini tidak hanya mendukung kenyamanan jamaah, namun juga berkontribusi terhadap lingkungan dengan mengurangi ketergantungan pada energi buatan, memaksimalkan pemanfaatan sumber daya alam yang tersedia, dan menciptakan ruang ibadah yang selaras dengan kondisi iklim lokal. Dengan demikian, musholla dengan desain bioklimatik ini tidak hanya berfungsi sebagai tempat ibadah yang nyaman, tetapi juga menjadi contoh desain arsitektur yang ramah lingkungan dan hemat energi.

DAFTAR PUSTAKA

Aghimien, E. I., Li, D. H. W., & Tsang, E. K.-W. (2022). Bioclimatic architecture and its energy-saving potentials : a review and future directions. *Engineering, Construction and Architectural Management*, *29*(2), 961–988. https://doi.org/10.1108/ECAM-11-2020-0928

Ahriz, A., Mesloub, A., Elkhayat, K., Alghaseb, M. A., Abdelhafez, M. H., & Ghosh, A. (2021). Development of a Mosque Design for a Hot, Dry Climate Based on a Holistic Bioclimatic Vision. *Sustainability*, *13*(11), 6254. https://doi.org/10.3390/su13116254

Ali Quispe, L. E., Almirón Cuentas, J. A., & Bernedo-Moreira, D. H. (2024). Bioclimatic Architecture: A Holistic Approach to Sustainability in Design. *Environmental Research and Ecotoxicity*, *3*, 101. https://doi.org/10.56294/ere2024101

Almirón Cuentas, J. A., & Bernedo-Moreira, D. H. (2024). Bioclimatic Design in Modern Architecture: Towards a Greener, More Resilient Future. *Environmental Research and Ecotoxicity*, *3*, 103. https://doi.org/10.56294/ere2024103

Benachir, N., Mouhib, T., & Bendriaa, F. (2023). Bioclimatic Architecture. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.4541490

Bera, M., Das, S., Dutta, S., Nag, P. K., & Roy Choudhury, M. (2024). Progress and challenges of bioclimatic design strategies for enhancing building environmental performance: a systematic review. *Smart and Sustainable Built Environment*. https://doi.org/10.1108/SASBE-07-2024-0250

Elaouzy, Y., & El Fadar, A. (2022). A multi-level evaluation of bioclimatic design in Mediterranean climates. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *52*, 102124. https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102124

Elaouzy, Y., & El Fadar, A. (2023). Sustainability of building-integrated bioclimatic design strategies depending on energy affordability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *179*, 113295. https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113295

Furqan Javed Arain, Sania Rehman Memon, Irum Arisar, & Asim Mobin. (2025). Exploring Bioclimatic Architecture for Rural Housing Solutions in Mirpurkhas, Sindh. *The Critical Review of Social Sciences Studies*, *3*(1), 3775–3787. https://doi.org/10.59075/q5dtt251

Huang, H., Xie, Y., Chen, J., Liang, S., & Chen, Z. (2024). Bioclimatic design strategy of vernacular architecture in the south-east of China: a case study in Fujian, China. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, *19*, 1–17. https://doi.org/10.1093/ijlct/ctad079