E-ISSN : 2988-1986
https://ejournal.cahayailmubangsa.institute/index.php/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 10 No 7 Tahun 2025

ARSITEKTUR BERKELANJUTAN MASJID BAITURRAHMAN SIMPANG LIMA, SEMARANG : INOVASI HIJAU DAN MODERNISASI DI ERA KONTEMPORER

Putrilia Vanessa[1*], Safana Mutia Wali Aufi[2]
[1] Ilmu Seni dan Arsitektur Islam, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, Indonesia
[2] Ilmu Seni dan Arsitektur Islam, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, Indonesia
*Penulis Korespondensi: vanessaputrilia@gmail.com

Abstract

The Revitalization of the Baiturrahman Grand Mosque in the Simpang Lima, Semarang area, demonstrates how mosque architecture in Indonesia can integrate sustainability principles while maintaining local identity. This article examines the background, design strategies, and spatial transformation of the mosque complex following major renovations in 2021–2022. A qualitative case study approach is applied through document analysis, review of policies and media, and visual observation of the revitalized area. The analysis focuses on passive-tropical strategies, landscape and water management, energy and lighting systems, and the rearrangement of public spaces surrounding the mosque.The findings indicate that the project retained the limasan (pyramidal) roof typology and axial composition while introducing green open spaces, basement parking, barrier-free circulation, and a flexible plaza directly connected to the Simpang Lima city space. These interventions improved the microclimate, reduced visual blight, and supported more energy-efficient use through shading, cross-ventilation, and optimization of artificial lighting. Concurrently, the mosque reinforced its role as a religious tourism destination and a landmark for the city of Semarang. This study concludes that Baiturrahman can serve as a contemporary reference for an eco-mosque in a dense urban setting and recommends further post-occupancy evaluation to quantify its environmental and social performance.

Keywords: *Sustainable architecture; Green buildings; Eco-mosque; Modern tropical; Semarang*

Abstrak

Revitalisasi Masjid Raya Baiturrahman di kawasan Simpang Lima Semarang menunjukkan bagaimana arsitektur masjid di Indonesia dapat mengintegrasikan prinsip keberlanjutan sambil tetap menjaga identitas lokal. Artikel ini mengkaji latar belakang, strategi desain dan transformasi spasial kompleks masjid setelah renovasi besar pada 2021 – 2022. Pendekatan studi kasus kualitatif diterapkan melalui analisis dokumen, telaah kebijakan dan media, serta observasi visual terhadap kawasan yang telah direvitalisasi. Analisis difokuskan pada strategi pasif-tropis, pengelolaan lanskap dan air, sistem energi dan pencahayaan, serta penaatn ulang ruang publik di sekitar masjid. Temuan menunjukkan bahwa proyek ini mempertahankan tipologi atap limasan dan komposisi aksial,

Article History
Received: Desember 2025
Reviewed:Desember 2025
Published: Desember 2025

Plagiarism Checker No 235
Prefix DOI :
10.8734/Kohesi.v1i2.365
Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

sekaligus menghadirkan ruang terbuka hijau, parkir basement, sirkulasi bebas hambatan, dan plaza fleksibel yang terhubung langsung dengan ruang kota Simpang Lima. Intervensi tersebut memperbaiki mikroklimat, mengurangi kekumuhan visual, dan mendukung penggunaan energi yang lebih efisien melalui naungan, panghawaan silang, dan optimasi pencahayaan buatan. Pada saat yang sama, masjid memperkuat perannya sebagai destinasi wisata religi dan penanda kota Semarang. Studi ini menyimpulkan bahwa Baiturrahman dapat menjadi rujukan eco-mosque kontemporer di kawasan perkotaan padat dan merekomendasikan evaluasi pasca-huni lanjutan untuk mengkuantifikasi kinerja lingkungan dan sosial.
Kata kunci:
Arsitektur berkelanjutan; Bangunan hijau; Eco-mosque; Modern tropis; Semarang

1. LATAR BELAKANG

Masjid Raya Baiturrahman merupakan salah satu masjid utama yang menempati sisi lingkaran Simpang Lima dan telah lama menjadi ikon religius Kota Semarang (Al-Muhtada, 2025). Revitalisasi kawasan pusaka yang dilaksanakan sejak Agustus 2021 hingga 2022 dilakukan untuk memperkuat fungsi ibadah sekaligus meningkatkan kualitas wajah kota di pusat kegiatan komersial dan rekreasi (Pemerintah Provinsi Jawa Tengah, 2021; Antara, 2023)

Di tengah meningkatnya urbanisasi dan isu perubahan iklim, bangunan ibadah dipandang perlu mengadopsi prinsip bangunan hijau agar dapat menjadi teladan pengelolaan lingkungan yang bertanggung jawab (Sobri et al,. 2021). Baiturrahman menarik dikaji karena merepresentasikan upaya penggabungan identitas masjid raya bersejarah dengan konsep arsitektur tropis modern dan penataan ruang publik yang lebih terbuka (Firmansyah, 2024; Good News From Indonesia, 2023).

2. KAJIAN TEORITIS

2.1 Konsep Arsitektur Berkelanjutan

Arsitektur berkelanjutan berupaya mengurangi dampak negatif bangunan terhadap lingkungan melalui efisiensi energi, air dan material, serta pasif berupa orientasi bangunan, naungan, ventilasi silang, dan pengendalian radiasi matahari menjadi dasar desain untuk menekan beban pendinginan dna pencahayaan buatan (Olgyay, 2015).

2.2 Modernisasi Masjid Perkotaan

Modernisasi measjid di pusat kota mencakup adaptasi fungsi, pengelolaan, dan citra agar mampu menjawab kebutuhan ibadah, pendidikan, ekonomi, dan wisata religi secara bersamaan (Rabbani, 2022). Dikawasan Simpang Lima yang dikelilingi pusat perbelanjaan dan fasilitas publik, masjid perlu membuka diri terhadap ruang kota melalui perbaikan akses pejalan kaki, integrasi dengan transportasi, serta penyediaan ruang terbuka yang nyaman (Kumparan, 2025; Pemerintah Provinsi Jawa Tengah, 2025).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi kasus tunggal pada Masjid Raya Baiturrahman Simpang Lima. Metode studi kasus dipilih

untuk memungkinkan pemahaman yang mendalam mengenai konteks dan proses revitalisasi.

3.2 Pengumpulan Data

Data sekunder dikumpulkan dari artikel ilmiah, laoran dan berita resmi tentang konsep dan pelaksanaan revitalisasi masjid (Firmansyah, 2024; Antara, 2023; Kompas, 2023). Data tambahan diperolah dari dokumentasi seminar dan webinar yang memaparkan konsep desain kawasan, termasuk arah penataan lanskap dan utilitas (webinar Wajah Baru Simpang Lima, 2023). Data primer diperkuat melalui pembacaan foto udara dan dokumentasi visual yang menggambarkan hubungan massa bangunan dengan ruang kota dan ruang terbuka hijau (Good News Indonesia, 2023; Kumparan, 2025)

3.3 Analisa Data

Analisis dilakukan dengan mengelompokkan temuan ke dalam tema: tapak dan morfologi, strategi pasif-tropis, lanskap dan tata air, sistem energi dan penchayaan, serta fungsi sosial-ekonomi kawasan. Tiap tema kemudian dibandingkan dengan prinsip arsitektur berkelanjutan dan eco-mosque dari literatur untuk menilai sejauh mana Baiturrahman mewujudkan masjid hijau kontemporer (Sobri et al., 2021, 2008; Olgyay, 2015).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tapak dan Morfologi



gambar 1

(sumber : https://www.instagram.com/p/C0F8hLovtY4/?img_index=5)

Tapak Majis Raya Baiturrahman menempati Posisi strategis di sisi selatan Simpang Lima, terhubung langsung dengan ruas alan radial yang mengarah ke berbagai kawasan penting di Kota Semarang (Kumparan, 2025). Konfigurasi ini menjadikan masjid tidak hanya sebagai pusat ibadah, tetapi juga simpul orientasi visual dan pergerakan orang di tengah jaringan komersial, perkantoran, dan rekreasi kota (Al-Muhtada, 2025). Setelah revitalisasi, batas fisik antara masjid dan ruang kota diperlunak melalui pengurangan elemen pagar masif dan pembukaan gerbang utama sehingga halaman depan dapat berfungsi sebagai perpanjangan dari plaza Simpang Lima (Pemerintah Provinsi Jawa Tengah, 2021; Kompas, 2023).

Organisasi tapak menempatkan bagunan utama di tengah, dengan sumbu utama yang menghubungkan plaza depan, tangga monumental, dan ruang sholat, menciptakan sekuen ruang yang jelas dari ruang publik menuju ruang sakral (Firmansyah, 2024). Parkir kendaraan yang sebelumnya mendominasi permukaan depan dipindahkan ke basement dan sisi belakang, sehingga permukaan tapak dapat

diisi taman, kolam reflektif, dan jalur pedestrian yang lebih lebar (Lingkar, 2021). Penataan ini memperbaiki kualitas visual dan mengurangi konflik antara kendaraan dan pejalan kaki, terutama saat jam puncak ibadah dan kegiatan keagmaan besar (Antara, 2023).

Secara morfologis, massa utama masjid mempertahankan tipologi atap limasan bertingkat dengan puncak atap yang membentuk komposisi menyerupai bintang bila dilihat dari atas (Firmansyah, 2024). Bentuk tersebut tidak hanya kuat secara simbolik, tetapi juga menegaskan hirarki ruang sholat utama dibanding bangunan pendukung seperti menara, jembatan penghubung, dan gedung majelis ulama di sekitarnya (Rabbani, 2022). Volume atap yang besar dan menjorok keluar membentuk kanopi alami di sekeliling bangunan, sementara fasad bawah disederhanakan dengan garis horizontal dan bidang kaca yang lebih bersih sehingga menampilkan karakter modern tropis tanpa meninggalkan akar tradisi (Good News From Indonesia, 2023).

Hubungan antara massa dan lanskap meakin diperkuat dengan penempatan ruang terbuka hijau di tiga sisi bangunan, yang berperan sebagai buffer terhadap kebisingan, polusi, dan panas dari koridor jalan arteri (Pemerintah Provinsi Jawa Tengah, 2025). Ketinggian tangga masuk yang cukup signifikan juga dimanfaatkan untuk mengatasi elevasi tapak, sekaligus menciptakan ruang tansisi yang jelas antara area kota yang padat dan suasana religius di dalam kompleks masjid (Kompas, 2023).

4.2 Strategi Pasif-Tropis



Gambar 2
(sumber : https://www.instagram.com/p/C0F8hLovtY4/?img_index=5)

Strategi pasif-tropis pada Baiturrahman berangkat dari pemahaman iklim Semarang yang panas-lembap dengan paparan radiasi matahari tinggi dan curah hujan besar. Atap Limasan bertingkat dengan kemiringan sedang memungkinkan aliran udara panas naik ke ruang di bawah pucuk atap dan keluar melalui celah ventilasi, sementara udara yang lebih sejuk masuk melalui ventilasi tumpu-tarik (stack effect) yang membantu mendinginkan ruang salat tanpa bergantung penuh pada sistem pendingin mekanis.

Bukaan Lebar pada sisi bangunan dan penggunaan kisi-kis di area tertentu mendorong terbentuknya ventilasi silang, memanfaatkan perbedaan angin di sekeliling tapak (Firmansyah, 2024). Selasar terbuka yang mengelilingi massa utama berfungsi sebagai zona penyangga termal yang menahan panas sebelum mencapai ruang dalam sekaligus menyediakan ruang sirkulasi teduh bagi jamaah (Yeang, 2008).

Elemen struktur vertikal dan horizontal pada fasad juga dimanfaatkan sebagai peneduh tambahan, mengurangi silau dan radiasi langsung ke dalam ruang.

Pencahaan alami dioptimalkan melalui jendela berderet dan bukaan di bawah pertemuan bidang atap, sehingga intensitas cahaya di siang hari cukup untuk kegiatan ibadah tanpa lampu tambahan (Firmansyah, 2024). Permukaan interior yang didominasi warna terang membantu memantulkan cahaya dan mendistribusikannya secara merata, mengurangi ara kontras tinggi yang berpotensi menggangu kenyaman visual (Olgyay, 2015). Pada saat yang sama, pemilihan material lantai yang relatif dingin dan mudah dibersihkan menndukung kenyamanan termal tubuh jamaah yang salat di atas karpet atau hamparan sajadah (Rabbani, 2022).

Strategi pasif ini didukung oleh keberadaan vegetasi di perimeter tapak yang menurunkan suhu udara sekitar dan menyaring debu dari lalu lintah di lingkar Simpang Lima (Pemerintah Provinsi Jawa Tengah, 2025). Pohon dengan tajuk besar di tempatkan di area parkir samping jalur pedeestrian, sementara tanaman semak dan groundcover mengisi ruang antarpetak taman untuk mengurangi antulan panas dari permukaan keras (God News From Indonesia, 2023).

4.3 Lanskap, Air, dan Ruang Terbuka



Gambar 3
(sumber : https://www.instagram.com/p/C0F8hLovtY4/?img_index=5)

Penataan lanskap menempatkan plaza hijau dan kolam reflektif di depan tangga utama sebagai ruang transisi antara ruang kota dan ruang ibadah (Pemerintah Provinsi Jawa Tegah, 2025). Palasa ini disusun dengan modul petak rumput dan pepohonan yang teratur sehingga secara visual rapi namun tetap memberi fleksibilitas pengguna untuk berbagi kegiatan sosial dan keagamaan (Kumparan, 2025). Keterhubungan visual dengan lingkar Simpang Lima menjadi plaza masjid sebagai perpanjangan ruang terbuka publik yang dapat diakses warga kapan saja, tidak hanya pada jam sholat (Antara, 2023).

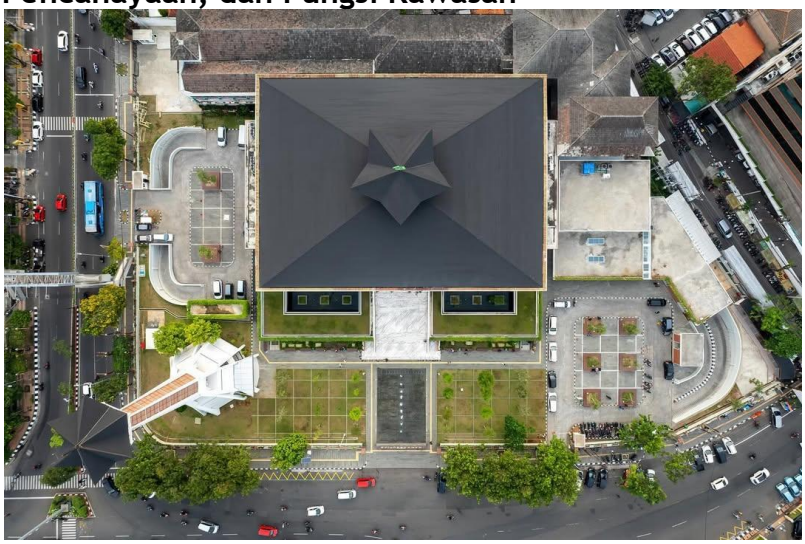
Kolam reflektif di tengah komposisi lanskap berperan sebagai elemen pengarah pandangan ke pintu utama sekaligus sebagai pendingin mikroklimat (Good News From Indonesia, 2023). Massa air menyerap panas pada siang hari dan membantu menurunkan suhu udara di sekitarnya, terutama ketika dipadukan dengan naungan pohon di sirkulasi angin alami (Yeang, 2008). Pada malam hari, refleksi cahaya dari permukaan air memperkuat ekspresi monumental tangga dan fasad masjid (Liputan6, 2023).

Secara ekologis, ruang terbuka hijau dan perbukaan berpori pada area taman membantu meningkatkan infiltrasi air hujan dan mengurangi limpasan ke saluran

drainase kota (Firmansyah, 2024). Pola kisi-kisi pada hamparan rumput memungkinkan air meresap di antara jalur pejalan kaki, sementara vegetasi tanaman rendah berfungsi sebagai filter alami sedimen sebelum air masuk ke saluran (Sobri et al., 2021). Penataan ini sejalan dengan prinsip pemeliharaan ekologis yang dijadikan konsep bangunan hijau pada masjid (Firmansyah, 2024).

Ruang terbuka juga dirancang untuk aktivitas sosial dan edukasi, misalnya area duduk di bawah naungan pohon untuk kajian, diskusi, atau rehat pejalan kaki (Pemerintah Provinsi Jawa Tengah, 2025). Dalam konyeks wisata religi, lanskap yang tertata bersih dan fotogenik meningkatkan daya tarik visual masjid dan mendorong aktivitas ekonomi di sekitar tanpa menggangu kekhidmatan ruang ibadah (Antara, 2023; Wapres RI, 2023).

4.4 Energi, Pencahayaan, dan Fungsi Kawasan



Gambar 4
(Sumber : https://www.instagram.com/p/C0F8hLovtY4/?img_index=5)

Dan sisi energi, Baiturrahman memanfaatkan kombinasi strategis pasif dan aktif. Strategi pasif berupa naungan, ventilasi silang, dan pencahayaan alami menurunkan beban energi yang dibutuhkan untuk pendinginan dan penerangan (Firmansyah, 2024; Sobri et al., 2021). Di sisi lain, sistem pencahayaan buatan dioptimalkan dengan penggunaan lampu hemat energi dan pengaturan titik lampu yang mempertimbangkan zona aktivitas, sehingga tidak seluruh area harus di terangi pada tingkat maksimum sepanjang waktu (IFC, 2022).

Pada malam hari, pencahayaan fasad dan plaza dirancang untuk menonjolkan elemen arsitektural utama seperti atap, tangga, dan kolam tanpa menimbulkan silaui berlebihan ke jalan di sekitarnya (Liputan6, 2023). Tata cahaya yang terarah tidak hanya meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengunjung, tetapi juga mempertagas masjid sebagai penanda kota ketika dilihat dari berbagai arah datang kendaraan (Kompas, 2023). Pendekatan ini sejalan dengan praktik pencahayaan hemat energi pada masjid besar lain yang memadukan estetika dengan efisiensi (IFC, 2022).

Secara fungsi kawasan, penataan ulang sirkulasi dan parkir mengurangi kepadatan kendaraan di permukaan dan mebuka peluang pemanfaatan ruang untuk pejalan kaki, pesepedam dan kegiatan informal (Pemerintah Provinsi Jawa Tengah, 2021; Lingkar, 2021). Basement parking yang terkonek langsung dengan selasar memudahkan jamaah masuk ke area ibadah tanpa bersinggungan dengan arus kendaraan di lingkar Simpang Lima (Rabbani, 2022). Jalur pedestrian yang lebar dan

ramp yang ramah difabel meningkatkan aksesibilitas, mendukung prinsip inklusivitas dalam pembangunan berkelanjutan.

Penataan kawasan juga berdampak pada penguatan fungsi ekonomi dan wisata religi Penigkatan kenyamanan, kebersihan, dan keterbacaan ruang mendorong lebih banyak pengunjung untuk beraktivitas di sekitar masjid, memberikan efek pengganda bagi pelaku usaha kecil dan sektor jasa di sekeliling Simpang Lima (Antara, 2023; Wapres RI, 2023). Dengan demikian, strategi energi dan pencahayaan tidak berdiri sendiri, tetapi terintegrasi dengan tujuan yang lebih luas untuk menjadikan masjid sebagai node penting dalam jaringan ruang publik dan ekonomi kota Semarang (Good News From Inndonesia, 2023).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Masjid Raya Baiturrahman Simpang Lima menunjukkan bahwa revitalisasi masjid perkotaan dapat dilakukan dengan mengintegrasikan identitas arsitektur tradisional dan prinsip arsitektur berkelanjutan secara seimbang. Atap limasan bertingkat, komposisi massa yang kelas, serta pembukaan gerbang dan penataan ulang tapak menjadikan masjid lebih terbaca sebagai landmark kota sekaligus lebih menyatu dengan ruang publik Simpang Lima.

Strategis pasif-tropis melalui naungan luas, ventilasi silang, dan pemanfaatan pencahayaan alami mampu menekan kebutuhan energi sekaligus meningkatkan kenyamanan termal jamaah. Penataan lanskap, kolam reflektif, dan ruang terbuka hijau berperan dalam memperbaiki mikroklimat, meningkatkan infilitrasi air, serta menyediakan ruang sosial yang inklusif. Dari sisi energi dan fungsi kawasan, kombinasi strategi pasif dengan pemilihan sistem pencahayaan hemat energi dan penataan sirkulasi-parkir menjaidkan kompleks masjid lebih efisien, aman, dan ramah pejalan kaki. Secara keseluruhan, Baiturrahman dapat dipandang sebagai prototipe eco-mosque tropis di pusat kota yang mampu memperkuat fungsi ibadah, sosial, ekonomi, dan wisata religi sekaligus.

5.2 Saran

Pertama, diperlukan evaluasi pasca-huni yang terukur terhadap kenyamanan termal, kualitas udara, konsumsi energi, dan penggunaan air untuk memastikan bahwa prinsip keberlanjutan yang direncanakan benar-benar tercapai dan dapat ditingkatkan. Kedua, pengelola masjid dapat mengembangkan strategi manajemen energi yang lebih spesifik, misalnya zonasi pencahayaan, pengaturan jadwal operasional AC, serta kajian kelayakan pemasangan panel surya di area atap yang aman dan tidak menggangu ekspresi arsitektur.

Ketiga, penguatan program edukasi lingkungan bagi jamaah dan pengunjung- melalui papan informasi, tur arsitektur, atau kajian tematik- akan membantu menjadikan masjid bukan hanya oobjek fisik hijau, tetapi juga pusat pembelajaran etika ekologis islam. Keempat, pemerintah daerah dan perancang dapat menggunakan pengalaman Baiturrahman sebagai referensi penyusunan pedoman revitalisasi masjid dan ruang publik lain di Semarang maupun kota-kota lain, dengan penekanan pada keterhubungan spasial, inklusivitas, dan kinerja ekologis. Terakhir, penelitian lanjutan disarankan untuk membandingkan Baiturrahman dengan kasus eco-masque sehingga dapat dirumuskan standar desain masjid berkelanjutan yang lebih komprehensif di Indonesia.

DAFTAR REFERENSI

Al Muhtada. (2025). Sejarah dan kemegahan Masjid Raya Baiturrahman : Ikon Kota Semarang. Pesantren Riset Al-Muhtada. Diakses dari https://almuhtada.org

Antara. (2023). PUPR : Penataan Masjid Baiturrahman Semarang beri kontribusi ekonomi. Antara News. Diaskes dari https://www.antaranews.com

Creswell, J.W. (2014). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4th ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.

Firmansyah, M.V. (2024). Concept and meaning of Baiturrahman Grand Mosque of Semarang: Green and sustainabel mosque. Border: Jurnal Arsitektur, 3(2),xx-xx. Diakses dari https://border.upnjatim.ac.id

Good News From Indonesia. (2023). Kisah Masjid Baiturrahman Semarang: Pembangunannya sulit, kini jadi ikon kota non modern. GoodNewsIndonesia.id. Diakses dari https://www.goodnewsfromindonesia.id

IFC. (2022). Indonesia National Mosque goes green in wordl-first for faith-based buildings. International Finance Corporation. Diakses dari https://www.ifc.org

Kompas. (2023). Ini konsep desain revitalisasi Masjid Raya Baiturrahman Semarang. Kompas Properti. Diakses dari https://www.kompas.com

Kumparan. (2025). Masjid Baiturrahman Semarang: Masjid megah di kawasan Simpang Lima. Seputar Semarang-Kumparan. Diakses dari https://kumparan.com

Lingkar. (2021). Renovasi Masjid Raya Baiturrahman Semarang dimuali, anggaran Rp 84,2 miliar. Lingkaran.co. Diakses dari https://lingkar.co

Liputan6. (2023). Berusia hampir 50 tahun, ini wajah baru Masjid Raya Baiturrahman Semarang. Liputan6.com. Diakses dari https://www.liputan6.com

Miles,M.B., & Saldana,J. (2014). Qualitative data analysis: A methods sourcebook (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.

Olgyay.V. (2015). Design with climates: Bioclimatic approach to architectural regionalism. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Pemerintah Provinsi Jawa Tengah. (2021). Dipercantik, gerbang Masjid Raya Baiturrahman lebih terbuka sesuai arahan gubernur. PPID Provinsi Jawa Tengah. Diakses dari https://jatengprov.go.id

Pemerintah Provinsi Jawa tengah. (2025). Makin nyaman dan menarik, Masjid Baiturrahman juga jadi destinasi wisata religi. PPID Provinsi Jawa Tengah. Diakses dari https://jatengprov.go.id

Rabbani, M. (2022). Masjid Raya Baiturrahman Semarang Jawa Tengah. Jurnal Perencanaan dan Pengembangan Wilayah, 7(1), xx-xx.

Sobri, A., dkk. (2021). Prinsip eco-mosque dalam desain masjid berkelanjutan. Jurnal Arsitektur Zonasi, 4(2), xx-xx

Webinar Wajah Baru Simpang Lima. (2023). Wajah Baru Simpang Lima Semarang: Revitalisasi Masjid Raya Baiturrahman. Rekaman webinar, Pemerintah Provinsi Jawa Tengah.

Wapres RI. (2023). Wapres minta Masjid Baiturrahman Semarang jadi pusat pembinaan masyarakat sekitar, Sekretariat Wakil Presiden Republik Indonesia. Diakses dari https://www.wapresri.go.id

Yeang,K. (2008). Eco-design: A manual for ecological design. Chichester: John Wiley & Sons.