



## Optimasi Pencahayaan Alami pada Masjid Konsep Terbuka di Samarinda

### *Optimizing Natural Lighting In Open Concept Mosques In Samarinda*

Bhanu Rizfa Hakim\*, Ayu Asvitasari, Feliksdinata Pangasih

Politeknik Negeri Samarinda, Jurusan Desain, Samarinda, Indonesia

\*Corresponding author: [bhanuhakim@polnes.ac.id](mailto:bhanuhakim@polnes.ac.id)

#### Article history

Received: 31 Oct 2023  
Accepted: 09 March 2024  
Published: 30 April 2024

#### Abstract

*The mosque serves as a place of worship for the Muslim community and is imperative to possess an optimal level of comfort. Mosque design has evolved not only in terms of functionality but also in considering the comfort level through the utilization of natural lighting. The utilization of Natural Lighting emerges as a significant choice, particularly for mosques with expansive areas, facilitating energy conservation. Challenges in implementing natural lighting in mosque design, especially in open concepts, include temperature rise and glare effects that may disrupt worship comfort. Research methodology involves measuring the incoming light values using a lux meter and conducting thermal envelope measurements using a thermal camera (FLIR) within the spaces of the open-concept mosque, followed by simulation to devise a design for sunshade fins. The design of sunshade fins aids in temperature reduction while maintaining natural light penetration and mitigating glare issues in open-concept mosques.*

**Keywords:** glare; natural lighting; mosque; thermal; visual

#### Abstrak

Desain masjid berkembang tidak hanya secara fungsi namun juga dengan memerhatikan tingkat kenyamanan dalam pemanfaatan pencahayaan alami. Pemanfaatan pencahayaan alami menjadi pilihan penting terutama masjid dengan luasan yang besar sehingga dapat menghemat energi. Permasalahan dalam penerapan pencahayaan alami dalam desain masjid, khususnya konsep terbuka adalah kenaikan suhu dan dampak silau yang dapat mengganggu kenyamanan beribadah. Metode penelitian dengan mengukur nilai cahaya yang masuk dengan menggunakan *lux meter* dan pengukuran selubung panas dengan menggunakan kamera termal (*FLIR*) (*thermal*) pada ruang masjid konsep terbuka dan dilakukan simulasi dengan membuat rancangan sirip penangkal sinar matahari. Desain sirip penangkal sinar matahari membantu dalam penurunan suhu namun tetap memberikan celah pencahayaan alami dan tidak menimbulkan silau pada masjid konsep terbuka.

**Kata kunci:** silau; pencahayaan alami; masjid; termal; visual

## 1. PENDAHULUAN

Masjid adalah salah satu bangunan publik yang menuntut kenyamanan, tidak hanya audial namun juga termal, agar jemaah dapat khusyuk melakukan ibadah (Syamsiyah & Nur Izzati, 2021).

Salah satu faktor penentu kenyamanan dalam beribadah adalah pencahayaan. Sistem pencahayaan adalah salah satu faktor terpenting yang memengaruhi nilai dari sebuah ruang di tempat-tempat suci. Khususnya, dalam arsitektur Islam, cahaya tidak hanya digunakan untuk menerangi ruang arsitektural tetapi juga memiliki aspek mistis dan sakral serta memengaruhi aspek-aspek lain dari ruang termasuk warna, tekstur, dan sebagainya. (Abdollahi, 2021).

Cahaya alami adalah salah satu elemen kunci dalam pencahayaan masjid (Mannan, 2021). Namun pencahayaan alami memiliki potensi memberikan ketidaknyamanan dari segi termal dan silau apabila tidak dikendalikan dengan baik. Kualitas pencahayaan alami yang baik tidak terlepas dari distribusi cahaya yang masuk melalui jendela (bukaan) dan orientasi arah bukaan. Makin luas bukaan maka akan makin banyak cahaya yang masuk ke dalam ruangan (Vidiyanti, dkk., 2020).

Penerapan pencahayaan alami tentu akan berbeda antara masjid dengan konsep tertutup dan masjid terbuka. Masjid konsep terbuka akan memiliki nilai bukaan yang besar sehingga cahaya alami yang masuk akan besar dan akan menimbulkan ketidaknyamanan terutama saat ibadah pada siang hari. Penelitian ini berfokus pada optimasi pencahayaan alami pada masjid terbuka dengan strategi mengendalikan pencahayaan alami yang masuk sehingga dapat menjadi panduan dalam merancang masjid konsep terbuka dengan tujuan penghematan energi terutama pada siang hari.

## 2. METODE

### Pendekatan Metode Penelitian

Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dan korelasi terhadap standar yang telah ditentukan. Komponen penting pada penelitian ini adalah penekanan pada *setting* alamiah, interpretasi, dan maksud. Metode

penelitian ini menggunakan sistematika pengukuran pencahayaan dengan alat *lux meter*, pengukuran panas ruang dengan kamera termal *FLIR* yang kemudian dianalisis melalui simulasi komputer dengan perangkat *ECOTECH*. Peneliti akan memperoleh data dan informasi melalui pengamatan model yang telah dibuat.

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian (gambar 1) adalah Masjid Qiwamul Ummah (gambar 2) Kampus Melati Samarinda.

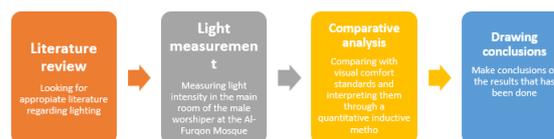


Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Masjid Qiwamul Ummah Samarinda

### Tahapan Penelitian



Gambar 3. Alur Penelitian

Tahapan penelitian (gambar 3) ini sebagai berikut :

#### 1. Literature review

Tahapan mengumpulkan literatur pendukung terkait pencahayaan alami pada masjid. Literatur berupa artikel jurnal.

#### 2. Light Measurement

Survei dilakukan secara eksploratif dengan melakukan observasi pada data primer yaitu data yang diperoleh langsung pada objek penelitian. Eksplorasi data melalui dokumentasi fisik, pengukuran, dan pencatatan pengaruhnya. Informasi survei yang dikumpulkan seperti data pengukuran

sebaran cahaya, pengukuran sebaran suhu ruang. Dokumentasi dan pengukuran, dilakukan untuk mengumpulkan data visual berupa foto dan gambar. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *lux meter* (gambar 4) untuk mendapat nilai cahaya, Pengukuran dengan *FLIR* kamera termal (gambar 4) untuk mendapatkan sebaran dan nilai suhu ruang.



**Gambar 4.** Alat Ukur Cahaya dan Suhu

### 3. Comparative Analysis

Tahapan analisis diawali oleh permodelan 3 dimensi untuk memudahkan proses simulasi. Hasil data simulasi kemudian dicocokkan terhadap *literatur review*. Dengan simulasi permodelan komputer untuk melihat objek secara visible. Proses permodelan menggunakan *Autodesk revit 2024* dan analisis menggunakan *ecotect 2011*.

### 4. Drawing Conclutions

Proses membuat kesimpulan dari hasil analisis dengan temuan yang akan diselesaikan. Hasil temuan kemudian dikonversi dalam bentuk desain rancangan sebagai solusi permasalahan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Literature Review*

#### **Masjid**

Masjid adalah tempat suci yang bisa kita temukan hampir di seluruh wilayah Indonesia. Fungsi utama masjid adalah menampung jemaah dalam jumlah besar. Namun seiring dengan berjalannya waktu, fungsinya berkembang dan berkembang pesat untuk memenuhi kebutuhan pengguna dan masyarakat, sehingga menuntut masjid tidak hanya digunakan sebagai tempat untuk beribadah (Kusumawardani, dkk., 2022). Masjid sebagai tempat ibadah bagi umat

muslim juga perlu memerhatikan aspek kenyamanan visual dalam desain pencahayaannya. Untuk pencahayaan masjid itu sendiri, kita dapat membaginya menjadi dua, yaitu pencahayaan suci (*sacred lighting*) dan pencahayaan fungsional (*functional lighting*) (Mannan, 2021).

#### **Pencahayaan Alami**

Pencahayaan alami adalah pemanfaatan cahaya yang berasal dari benda penerang alam seperti matahari, bulan, dan bintang sebagai penerang ruang. Karena berasal dari alam, cahaya alami bersifat tidak menentu, tergantung pada iklim, musim, dan cuaca. Di antara seluruh sumber cahaya alami, matahari memiliki kuat sinar yang paling besar sehingga keberadaannya sangat bermanfaat dalam penerangan dalam ruang. Cahaya matahari yang digunakan untuk penerangan interior disebut dengan *daylight* (Dora & Nilasari, 2011). Pencahayaan alami pada siang hari dapat dikatakan baik apabila pada pukul 08.00-16.00 waktu setempat terdapat cukup banyak sinar matahari yang masuk ke dalam ruangan. Cahaya alami adalah sumber cahaya yang aman dan bersih. Cahaya memungkinkan orang untuk memahami ukuran, bentuk, warna, dan membentuk lingkungan visual nyaman, sehingga bangunan memenuhi persyaratan fungsional penggunaan. Oleh karena itu, masalah pencahayaan bangunan selalu menjadi masalah dasar bangunan, dan pencahayaan alami berperan penting di sini. Cahaya alami memiliki karakteristik iluminasi yang seragam, kemungkinan silau rendah, warna cahaya yang baik, dan daya tahan yang baik (Kaheneko, 2021).

Pencahayaan alami jika dibandingkan dengan bentuk cahaya lainnya, dia memiliki konten spektral paling kaya yang memberikan lebih banyak cahaya yang dapat digunakan oleh mata. Sumber pencahayaan terbaik untuk bangunan adalah pencahayaan alami. Pencahayaan alami dalam ruang tergantung pada bentuk bukaan, ukuran jendela, jenis iklim di wilayah tersebut, metode konstruksi bukaan cahaya, dan tujuan utama bangunan (Thursfield & Vd Ven, 2022). Pencahayaan alami dapat mengambil bentuk dan pola yang menyenangkan secara estetika di luar sekadar paparan melalui interaksi cahaya dan bayangan,

cahaya yang menyebar, dan integrasi cahaya terhadap spasial (Karaman & Avci, 2022).

**Kenyamanan Termal**

Kenyamanan termal di Indonesia cukup sulit untuk tercapai jika hanya mengandalkan ketersediaan lubang angin, namun tidak memikirkan bagaimana pola angin yang akan terbentuk di dalam ruang. Ketersediaan lubang angin berupa jendela atau pintu atau lubang ventilasi umumnya dianggap sebagai suatu keharusan dalam mendesain bangunan. Orientasi masjid menghadap ke barat menyebabkan susunan saf salat menyerong ke arah kanan, sedangkan angin datang dari arah barat daya, sehingga arah datang angin hampir sejajar dengan susunan saf, dan tidak berpengaruh besar terhadap pola dan kecepatan angin yang terjadi. Kondisi ini membentuk lorong-lorong angin yang menggiring angin hingga mengenai seluruh jemaah. Kenyamanan termal dapat ditingkatkan dengan menurunkan suhu lingkungan dan mencegah masuknya radiasi matahari ke dalam bangunan (Syamsiyah & Nur Izzati, 2021).

**Kenyamanan Visual**

Kenyamanan visual berkaitan dengan cahaya alami yang membantu manusia untuk menggunakan penglihatannya. Pencahayaan yang sesuai dengan kebutuhan dan kegiatan yang sedang dilakukan akan memberikan kenyamanan visual (Ashadi, dkk., 2016). Penilaian kenyamanan visual dari pencahayaan alami akan tepat jika terdapat kesesuaian antara hasil terukur dari kesesuaian rancangan dengan teori dan standar dengan persepsi pengguna (Thojib & Adhitama, 2013).

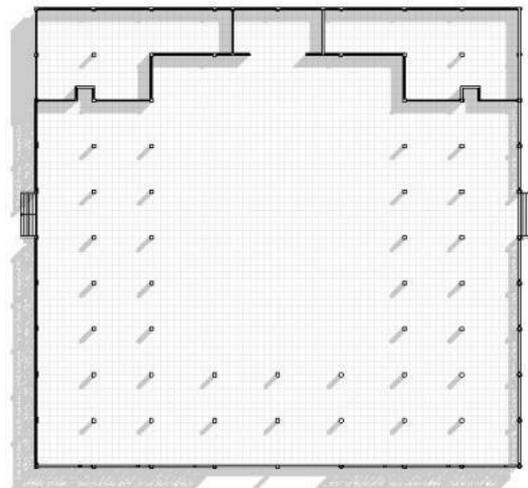
**Tabel 1.** Tingkat pencahayaan yang disarankan

Fungsi Ruang	Lux	Render warna	Keterangan
Rumah Ibadah			
Masjid	200	1 atau 2	Diperlukan pencahayaan buatan pada ruangan yang butuh pencahayaan lebih tinggi
Gereja	200	1 atau 2	
Vihara	200	1 atau 2	

Sumber : SNI, 2000

Kenyamanan visual suatu bangunan berkaitan erat dengan bukaan-bukaan pada bangunan. Untuk mendapatkan pencahayaan alami yang efektif, maka suatu ruangan setidaknya harus memiliki bukaan seluas 1/6 luas lantai ruangan (Furqoni & Prianto, 2021). Kenyamanan visual berdasarkan standar nilai cahaya dari (SNI, 2000) tentang Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan dapat dilihat melalui tabel 1.

**Light Measurement**



**Gambar 5.** Eksisting Masjid

Ruangan yang diukur adalah ruang utama Masjid Qiwanul Ummah (gambar 5). Masjid Qiwanul Ummah merupakan masjid sebagai pendukung sekolah SMA 10 Melati dan sebagai masjid yang digunakan oleh masyarakat umum di sekitar bangunan. Selain untuk kebutuhan beribadah, masjid ini digunakan sebagai tempat kegiatan lainnya seperti, kajian islam, majelis, dan tahfidz. Spesifikasi dari Masjid Qiwanul Ummah dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2.** Spesifikasi Bangunan Masjid

No	Konstruksi	Spesifikasi
1	Luas	40m x 40m
2	Material Lantai	Keramik 50x50, warna <i>cream</i>
3	Material Plafond	Gypsum dan Cor beton
4	Material Dinding	Tanpa dinding

### Nilai Cahaya

Pengukuran dilakukan pada tanggal 17 Agustus 2023 pada pukul 11.00 siang menjelang persiapan salat dzuhur untuk mendapatkan nilai optimal cahaya matahari yang masuk kedalam ruang ibadah atau salat dengan alat ukur *lux meter*. Pengukuran dilakukan dengan membagi zona pengukuran menjadi 47 titik ukur dengan skema seperti pada gambar 6.



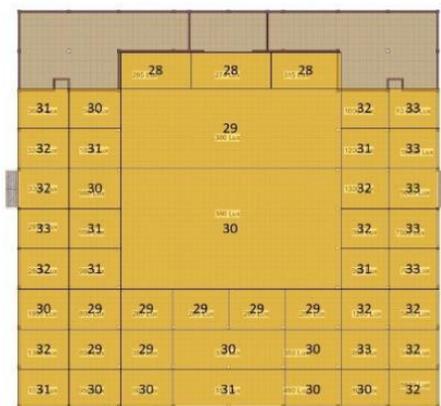
Gambar 6. Titik Ukur

Pengukuran dilakukan per zona di antara kolom struktur bangunan sebagai nilai rata-rata sebaran cahaya pada area tersebut. Hasil pengukuran terdapat pada gambar 7.

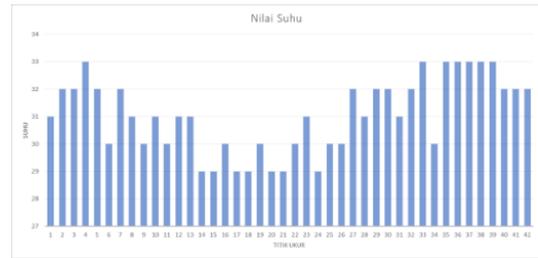


Gambar 7. Hasil pengukuran Cahaya

### Nilai Suhu



Gambar 8. Nilai Suhu



Gambar 9. Nilai suhu

### Analisis

#### Intensitas Cahaya

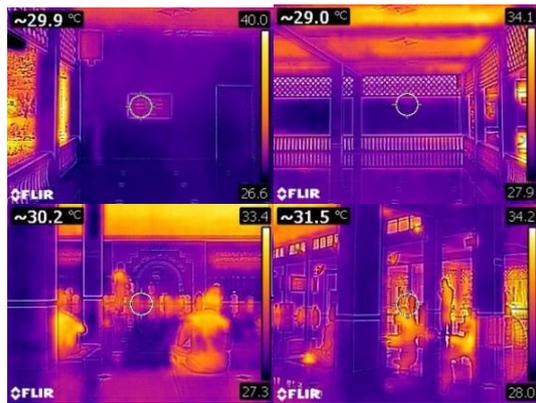
Intensitas cahaya pada ruang utama Masjid Qiwanul Ummah adalah 2850 *lux*. Pada SNI 03-6575-2001 Tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan disebutkan bahwa nilai rata-rata nilai cahaya untuk rumah ibadah di angka 200 *lux*. Masjid Qiwanul Ummah terletak di jalan utama Samarinda, Balikpapan, sehingga aktivitas utama masjid ini adalah pada saat waktu dzuhur atau salat Jumat. Nilai cahaya terbesar terdapat pada timur dan barat masjid dikarenakan cahaya matahari langsung masuk ke dalam ruang utama masjid yang ditunjukkan dari nilai cahaya pada titik 1-8 dan 35-42. Sedangkan pada tengah ruang utama nilai cahaya di antara 260-400 *lux* karena terdapat bukaan pada bagian atas. Titik ukur dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Titik ukur

#### Intensitas Suhu

Suhu pada ruang utama Masjid Qiwanul Ummah pada nilai rata-rata dari 42 titik pengukuran adalah 31°C (gambar 11). Menurut SNI 6390: 2011 bahwa 20.5-22.8°C sejuk nyaman 22.8-25.8°C nyaman dan 25.8-27.1°C hangat nyaman. Pada sisi timur dan barat masjid menjadi sisi terpanas dengan nilai suhu antara 31 – 33°C.



Gambar 11. Hasil Kamera Termal

**Simulasi**

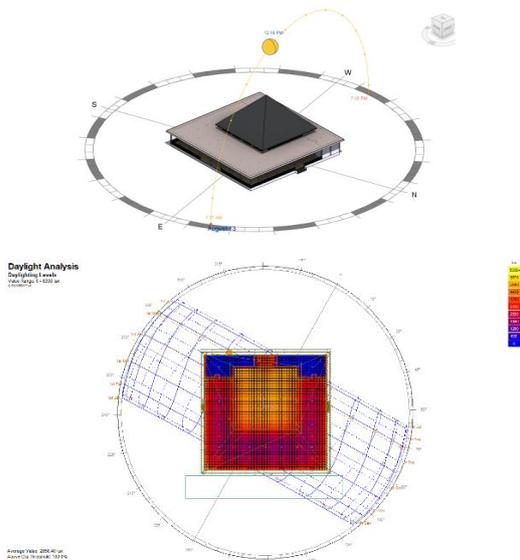
Menurut (Syamsiyah & Nur Izzati, 2021) Kenyamanan termal di Indonesia cukup sulit untuk tercapai jika hanya mengandalkan ketersediaan lubang angin, namun tidak memikirkan bagaimana pola angin yang akan terbentuk di dalam ruang. Ketersediaan lubang angin berupa jendela atau pintu atau lubang ventilasi umumnya dianggap sebagai suatu keharusan dalam mendesain bangunan. Bangunan Masjid Qiwatul Ummah memiliki bukaan 100 % pada setiap sisi bangunan kecuali bagian depan bangunan (*mihrab*) sehingga ruang utama masjid pada sisi timur, barat, dan selatan mendapat cahaya langsung serta cahaya langit pada siang hari.

**Tabel 3.** Komparasi kenyamanan termal dan kenyamanan visual Masjid Qiwatul Ummah Samarinda

Titik Ukur	Nilai Cahaya (lux)	Suhu (C°)	Tipe Cahaya	Kenyamanan Visual
1	3660	31	Direct	Silau
2	3240	32	Direct	Silau
3	3300	32	Direct	Silau
4	2890	33	Direct	Silau
5	2800	32	Direct	Silau
6	1800	30	Direct	Silau
7	1300	32	Direct	Silau
8	1038	31	Direct	Silau
9	580	30	Iluminasi Cahaya langit	Netral
10	1035	31	Iluminasi Cahaya langit	Netral
11	980	30	Iluminasi Cahaya langit	Netral
12	950	31	Iluminasi Cahaya langit	Netral
13	980	31	Iluminasi Cahaya langit	Netral
14	800	29	Iluminasi Cahaya langit	Netral
15	850	29	Iluminasi Cahaya langit	Netral
16	950	30	Iluminasi Cahaya langit	Netral
17	260	29	Iluminasi Cahaya langit	Netral
18	350	29	Iluminasi Cahaya langit	Netral
19	500	30	Iluminasi Cahaya langit	Netral
20	260	29	Iluminasi Cahaya langit	Netral
21	260	29	Iluminasi Cahaya langit	Netral
22	350	30	Iluminasi Cahaya langit	Netral
23	350	31	Iluminasi Cahaya langit	Netral
24	260	29	Iluminasi Cahaya langit	Netral
25	350	30	Iluminasi Cahaya langit	Netral
26	490	30	Iluminasi Cahaya langit	Netral
27	1000	32	Iluminasi Cahaya langit	Netral
28	1200	31	Iluminasi Cahaya langit	Netral
29	1300	32	Iluminasi Cahaya langit	Netral
30	950	32	Iluminasi Cahaya langit	Netral
31	950	31	Iluminasi Cahaya langit	Netral
32	1200	32	Iluminasi Cahaya langit	Netral

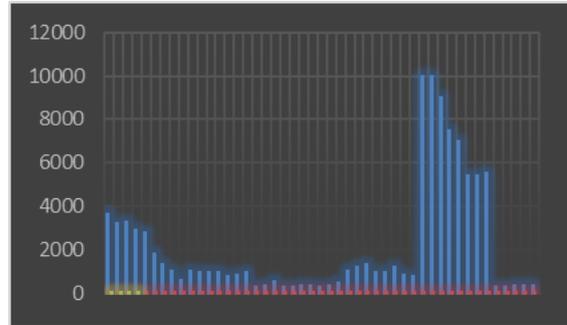
Titik Ukur	Nilai Cahaya (lux)	Suhu (C°)	Tipe Cahaya	Kenyamanan Visual
33	850	33	Iluminasi Cahaya langit	Netral
34	800	30	Iluminasi Cahaya langit	Netral
35	10000	33	Direct	Silau
36	10000	33	Direct	Silau
37	9000	33	Direct	Silau
38	7500	33	Direct	Silau
39	7000	33	Direct	Silau
40	5400	32	Direct	Silau
41	5400	32	Direct	Silau
42	5500	32	Direct	Silau
43	280	28	Iluminasi Cahaya langit	Nyaman
44	274	28	Iluminasi Cahaya langit	Nyaman
45	315	28	Iluminasi Cahaya langit	Nyaman
46	360	29	Iluminasi Cahaya langit	Nyaman
47	360	30	Iluminasi Cahaya langit	Nyaman

Hal ini membuat suhu pada ruang ibadah meningkat pada saat siang hari dan menimbulkan silau terutama pada titik cahaya matahari langsung seperti terlihat pada data tabel 3.



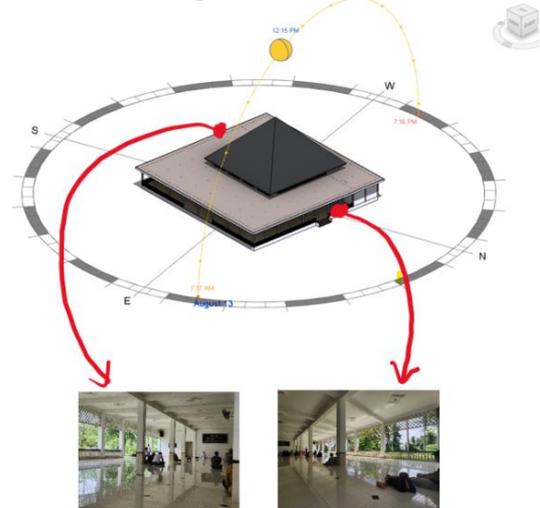
Gambar 12. Simulasi bangunan dan pencahayaan alami Masjid Qiwanunl Ummah

Tingkat silau pada Masjid Qiwanul Ummah di sisi timur dan barat bangunan masjid dikarenakan bukaan cahaya yang lebar seperti pada gambar 12. Kegiatan salat pada saat dzuhur membuat tidak nyaman secara visual (gambar 13).



Gambar 13. Komparasi nilai cahaya dan suhu terhadap kenyamanan visual

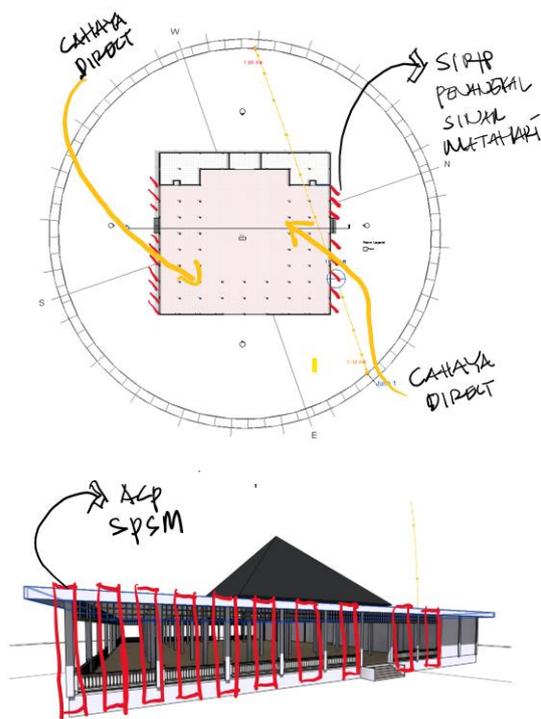
Sisi timur dan barat adalah zona yang berpotensi memiliki tingkat silau yang tinggi karena cahaya matahari secara langsung masuk kedalam ruang masjid seperti pada gambar 14. Masjid Qiwanul Ummah memiliki desain bukaan 100% dengan overstek 100 cm.



Gambar 14. Titik Silau

### Drawing Conclusion

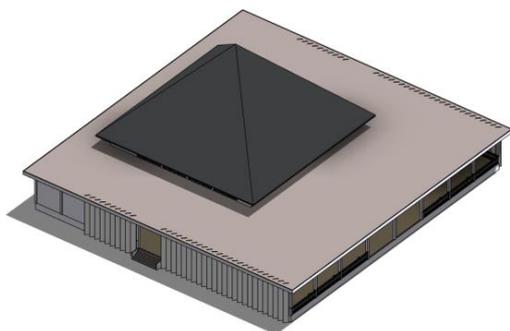
Masjid Qiwanul Ummah adalah bagian dari Sekolah SMA Melati 10 Samarinda yang terletak di Jalan HAM. Rifaddin. Jalan HAM. Rifadin merupakan jalan poros menuju Kecamatan Loa Janan dan Kota Balikpapan sehingga aktivitas masjid terjadi pada saat waktu dzuhur atau salat Jumat.



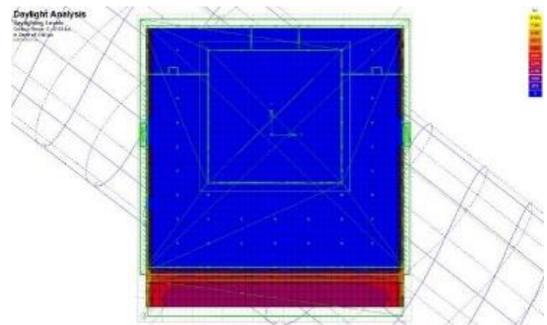
Gambar 15. Konsep SPSM

Berdasarkan data, Masjid Qiwanul Ummah tidak memenuhi standar nilai cahaya, yaitu dengan nilai rata-rata 2130 lux. Nilai dari suhu berdasarkan SNI berada pada angka 26 °C hingga 28 °C.

Berdasarkan hasil pengukuran kamera termal FLIR, rata-rata nilai suhu pada ruang utama Masjid Qiwanul Ummah berada pada nilai 31 °C sehingga kategorinya masuk ke dalam tidak nyaman, hal ini terkait dengan kenyamanan termal dan kenyamanan visual Masjid Qiwanul Ummah. Bagian timur dan barat masjid menjadi zona paling panas dan silau dikarenakan cahaya langsung matahari.



Gambar 16. Simulasi SPSM



Gambar 17. Hasil simulasi menggunakan ecotect

Salah satu cara yang umum digunakan dalam strategi penurunan suhu adalah penerapan Sirip Penangkal Sinar Matahari (SPSM). Penerapan SPSM (gambar 15) pada bangunan Masjid Qiwanul Ummah diletakkan pada zona cahaya matahari langsung (*direct*) yaitu sisi timur dan barat. Setelah dilakukan simulasi nilai rata-rata cahaya ruang utama masjid 250 lux (gambar 16 dan gambar 17). Bahan utama SPSM adalah aluminium metal *finishing matte* agar tidak menimbulkan silau.

#### 4. KESIMPULAN

Masjid Qiwanul Ummah, yang merupakan bagian dari Sekolah SMA Melati 10 Samarinda, menghadapi beberapa masalah terkait pencahayaan dan suhu dalam ruangan. Pencahayaan di masjid ini tidak memenuhi standar dengan nilai rata-rata 2130 lux, dan suhu rata-rata di ruang utama masjid terlalu tinggi, mencapai 31 °C, yang dianggap tidak nyaman. Faktor-faktor yang menyebabkan masalah ini termasuk paparan langsung sinar matahari, terutama di sisi timur dan barat masjid, yang menyebabkan zona panas dan silau. Untuk mengatasi masalah pencahayaan, strategi penerapan Sirip Penangkal Sinar Matahari (SPSM) digunakan pada zona cahaya matahari langsung. Setelah simulasi, nilai rata-rata cahaya di ruang utama masjid ditingkatkan menjadi 250 lux. SPSM dibuat dari bahan utama aluminium dengan *finishing matte* untuk menghindari silau. Peningkatan pencahayaan dan penurunan suhu ruangan adalah langkah-langkah yang diperlukan untuk meningkatkan kenyamanan visual dan termal di Masjid Qiwanul Ummah.

## KONTRIBUSI PENULIS

### Bhanu Rizfa Hakim (Ketua Peneliti)

Mengkoordinir anggota penelitian dan mahasiswa yang terlibat; Membagi tugas penyusunan proposal, analisis data, luaran penelitian dan laporan akhir; Memimpin diskusi tim peneliti; Memberi motivasi tim peneliti; Memimpin pengukuran alat di lapangan ; dan bertanggung jawab penuh atas semua pengeluaran anggaran dan *monitoring* evaluasi.

### Ayu Asvitasari (Anggota Peneliti)

Membantu ketua tim melaksanakan rencana penelitian; Memiliki tugas khusus menjalankan alat pengukuran cahaya dan suhu; *Modeling* digital lokasi penelitian.

### Feliksadinata Pangasih (Anggota Peneliti)

Membantu ketua tim melaksanakan rencana penelitian; Memberikan informasi terkait hal-hal yang berkaitan dengan standar pencahayaan; aktif terlibat dalam diskusi tim.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilakukan dengan dukungan pendanaan skema Penelitian Dosen Pemula dari Politeknik Negeri Samarinda Tahun 2023. Terima kasih kepada Bidang Pusat Penelitian & Pengabdian Masyarakat Politeknik Negeri Samarinda yang telah berkontribusi dalam hal pendanaan.

## REFERENSI

Abdollahi, R. (2021). Design of lighting system for sacred places with the approach of improving technical and economic conditions. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(3), 2899–2905. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.02.021>

Ashadi, Nelfiyanti, & Anisa. (2016). Pencahayaan dan ruang gerak efektif sebagai indikator kenyamanan pada rumah sederhana sehat yang ergonomis (Studi Kasus Rumah Sederhana Sehat di Bekasi). *NALARs*, 15(1), 35. <https://doi.org/10.24853/nalars.15.1.35-44>

Dora, P. E., & Nilasari, P. F. (2011). Pemanfaatan pencahayaan alami pada rumah tinggal tipe townhouse di surabaya. *Seminar Nasional Living Green:*

*Mensinergikan Kehidupan, Mewujudkan Keberlanjutan*, April.

- Furqoni, A., & Prianto, E. (2021). Kajian Aspek Kenyamanan Visual Pada Rumah Tinggal Berdasarkan Pencahayaan Alami. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 8(2), 118–124. <https://doi.org/10.32699/ppkm.v8i2.1532>
- Kaheneko, O. (2021). Research on Application of Natural Light in Modern Architecture Design. *The International Journal of Science & Technoledge*, 9(2). <https://doi.org/10.24940/theijst/2021/v9/i2/st2102-013>
- Karaman, G. D., & Avci, A. N. (2022). Analyzing Natural Lighting Conditions from the Perspective of Biophilic Design in Indoor Office Environments. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1099(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1099/1/012034>
- Kusumawardani, L., Ramadhan, T., & Maknun, J. (2022). Impact of Artificial Lighting for Visual Comfort towards User Activity at Al-Furqon Mosque. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1058(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1058/1/012015>
- Mannan, K. A. (2021). The intensity of prayer room's natural lighting. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 780(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/780/1/012051>
- SNI. (2000). SNI 03-6197-2000 Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan. *Sni 03-6197-2000*, 17.
- Syamsiyah, N. R., & Nur Izzati, H. (2021). Strategi kenyamanan termal masjid al-kautsar kertonatan, kartasura, sukoharjo. *Langkau betang: jurnal arsitektur*, 8(2), 98. <https://doi.org/10.26418/lantang.v8i2.45792>
- Thojib, J., & Adhitama, M. S. (2013). Kenyamanan visual melalui pencahayaan alami pada kantor. *Jurnal RUAS*, 11(ISSN 1693-3702), 10–15.
- Thursfield, P., & Vd Ven, R. (2022). Design Principles for Natural Lighting. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1099(1).

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1099/1/012033>

Vidiyanti, C., Siswanto, R., & Ramadhan, F. (2020). Pengaruh bukaan terhadap pencahayaan alami dan penghawaan alami pada masjid al ahdhar bekasi. *Jurnal Arsitektur ZONASI*, 3(1), 20–33. <https://doi.org/10.17509/jaz.v3i1.18621>