

## Strategi Reka Bentuk Pasif bagi Keselesaan Dalaman Masjid: Kajian Kes Masjid UKM

(Passive Design Strategies for Indoor Comfort in Mosque: A Case Study of UKM Mosque)

Asyraf Darwisy Zakaria<sup>a</sup>, Mohd Farid Mohamed<sup>a,b,\*</sup>, Wardah Fatimah Mohammad Yusoff<sup>a,b</sup>, Nur Amirah Abd. Samad<sup>a</sup>, Muhammad Zaki Abd Manaf<sup>a,d</sup> & Ammar Amjed Maghrabi<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Jabatan Seni Bina dan Alam Bina, Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina, Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia

<sup>b</sup>Seni Bina dan Alam Bina Inovatif (SeRAMBI), Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina, Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia

<sup>c</sup>Urban and Engineering Research Department, The Custodian of the Two Holy Mosques Institute for Hajj and Umrah Research, Umm Al-Qura University, Makkah 24236, Saudi Arabia

<sup>d</sup>Architecture Division, Public Works Department, Federal Territory of Labuan, Malaysia

\*Corresponding author: [faridmohamed@ukm.edu.my](mailto:faridmohamed@ukm.edu.my)

Received 20 July 2024, Received in revised form 26 August 2024  
 Accepted 26 September 2024, Available online 30 November 2024

### ABSTRAK

Adalah penting bagi menjaga keselesaan dalaman masjid agar pengunjung selesa untuk beribadat. Masjid warisan menggunakan strategi reka bentuk pasif bagi tujuan ini. Namun banyak masjid-masjid moden bergantung kepada pendingin hawa. Ini menyebabkan isu berkaitan penggunaan tenaga yang tinggi dan tidak lestari. Oleh itu, kefahaman keatas reka bentuk pasif adalah penting bagi mengurangkan kebergantungan kepada pendingin hawa yang memerlukan tenaga yang tinggi. Objektif kajian ini adalah untuk mengkaji suhu dalaman masjid terpilih yang menggunakan pengudaraan semula jadi sebagai strategi mengekalkan keselesaan dalaman masjid. Kaedah kajian utama adalah melakukan pengukuran suhu dan juga kelembapan pada ruang dalam masjid yang dipilih. Kaedah utama ini disokong dengan kajian literatur dan pemerhatian di tapak beberapa masjid kajian. Masjid yang dipilih untuk diukur adalah Masjid Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM). Proses kalibrasi peralatan dilakukan sebelum proses pengukuran bagi memastikan ianya tepat. Pemerhatian tapak mendapati bahawa Masjid UKM menggunakan pelbagai strategi reka bentuk bagi mencapai keselesaan termal dalaman seperti mempunyai ruang limpah yang besar dan ruang siling yang tinggi dan terbuka. Dapatan kajian menunjukkan bahawa suhu di dalam masjid adalah diantara 28.9°C sehingga 31.7°C. Dapatan juga menunjukkan dewan solat tingkat bawah masjid lebih sejuk berbanding dewan solat aras satu. Rekod suhu menunjukkan keselesaan termal dalaman masjid boleh dicapai dengan menyediakan kipas siling dengan kelajuan angin yang bersesuaian. Hasil daripada kajian ini menunjukkan pendekatan reka bentuk pasif masjid berjaya mengekalkan keselesaan dalaman masjid tanpa pendingin hawa. Diharapkan kajian keatas Masjid UKM boleh dijadikan rujukan umum dalam mereka bentuk masjid-masjid moden yang lestari.

Kata kunci: Universiti Kebangsaan Malaysia; masjid; suhu; keselesaan hawa

### ABSTRACT

It is important to maintain the interior thermal comfort of a mosque to ensure visitors are comfortable for worshipping activities. Usually, traditional mosques use passive design strategies to maintain interior thermal comfort. However, many modern mosques depend on air conditioning to ensure indoor thermal comfort. This leads to high energy use and being not sustainable. Therefore, an understanding of passive design is important to reduce dependency on air conditioners that require high energy. The objective of this study is to investigate the internal temperature of a selected mosque that uses natural ventilation as a strategy to maintain the indoor thermal comfort. The main research method is

*to measure the temperature and the humidity of the selected mosque. The main method is supported by literature review study and site observation several selected mosques. The selected mosque for measurement is the Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) Mosque. Equipment calibration process is completed prior to measurement to ensure it is accurate. Observation at site found that the UKM Mosque uses various design strategies to achieve internal thermal comfort such as having large overflow spaces as well as high and open ceiling spaces. The study found that the temperature inside the mosque are between 28.9°C and 31.7°C. The study also found that the prayer hall on the ground floor is cooler than the main prayer hall on the first floor. The recorded range of temperature also proved that the indoor thermal comfort of the mosque can be achieved by providing ceiling fans with appropriate wind speeds. The findings show that the mosque's passive design strategies successfully maintain the indoor thermal comfort of the mosque without the need for air conditioning system. It is hoped that the findings of this study can be used as a general reference by designers in designing sustainable modern mosques.*

*Keywords: Universiti Kebangsaan Malaysia; mosque; temperature; thermal comfort*

## Pengenalan

Masjid merupakan satu rumah ibadat yang penting bagi penganut agama Islam dan merupakan pusat bagi melakukan ibadat dan bersosial. Ia melibatkan pelbagai aktiviti masyarakat termasuklah melakukan solat berjemaah sebanyak 5 kali sehari. Solat Jumaat yang diadakan seminggu sekali di waktu tengah hari merupakan aktiviti penting di masjid yang melibatkan jumlah pengunjung yang amat tinggi, dan secara umumnya melimpah sehingga ruang limpah masjid. Dengan jumlah pengunjung yang ramai, keselesaan termal pengunjung adalah penting untuk dikekalkan bagi memberikan keselesaan kepada para pengunjung untuk beribadat.

Penggunaan pendingin hawa bagi mengekalkan keselesaan termal dalaman merupakan pendekatan yang tidak lestari dan menyebabkan penggunaan tenaga elektrik yang tinggi. Oleh yang demikian, pilihan menggunakan pengudaraan semulajadi merupakan satu alternatif penting yang makin dilupakan. Namun demikian, masih terdapat masjid-masjid baru yang masih mementingkan pengudaraan semulajadi dan tidak menggunakan pendingin hawa bagi mengekalkan keselesaan dalaman, walau bagaimana pun jumlahnya tidak besar. Oleh yang demikian, kefahaman ke atas reka bentuk pasif dengan mengutamakan pengudaraan semulajadi perlu dipertingkatkan dikalangan perekabentuk bangunan agar pembangunan dan pengurusan masjid menjadi lebih lestari. Bagi mendapatkan kefahaman yang mendalam ke atas hal ini, kajian ke atas reka bentuk masjid-masjid yang sedia ada adalah penting dan akan membantu memberikan lebih kefahaman.

Oleh yang demikian, objektif kajian ini adalah untuk mengkaji suhu dalaman masjid yang menggunakan pengudaraan semula jadi sebagai strategi utama mengekalkan keselesaan dalaman masjid. Kajian ini akan memberikan data-data penting berkenaan suhu dalaman masjid yang menggunakan strategi pengudaraan semula

jadi sebagai strategi utama mengekalkan keselesaan dalaman masjid.

## Keselesaan Termal

Terdapat pelbagai faktor yang mempengaruhi keselesaan termal setiap individu, dan setiap individu mempunyai respon dan tahap berbeza terhadap keselesaan termal. Terdapat enam faktor utama yang mempengaruhi keselesaan termal setiap individu iaitu suhu udara, suhu sinaran purata, kelajuan udara, kelembapan relatif, kadar metabolisme individu dan juga jenis pemakaian individu.

Merujuk kepada ASHRAE 55 (ASHRAE 2013), nilai pengesyoran suhu udara untuk mendapat keselesaan termal adalah diantara 24.0°C to 28.4°C. Manakala Givoni (1998) dan Szokolay (1995) mencadangkan suhu diantara 18.5°C to 28.5°C. Walaubagaimanapun, dengan pergerakan udara dalaman yang laju, julat suhu ini boleh meningkat melebihi suhu-suhu yang dicadangkan. Merujuk kepada Evans (1980), pada suhu 30°C dan keadaan kulit yang lembap, dengan kelajuan angin sebanyak 1.0 m/s, ia mampu membawa kesan penyejukan menyamai 2.2°C. Manakala, bagi keadaan kulit yang kering, ia memberi kesan menyamai 1.7°C. Dengan kelajuan angin sebanyak 2.0 m/s, kesan penyejukan adalah sebanyak 4.2°C, bagi keadaan kulit yang lembap. Umumnya, dengan kelembapan udara di Malaysia yang tinggi, pergerakan udara mampu memberikan kesan penyejukan yang lebih tinggi. Oleh itu, dapat disimpulkan, jika ruang dalaman masjid disertai dengan pergerakan udara yang tinggi dengan penyediaan kipas siling, pengguna masjid akan merasa selesa walaupun suhu dalaman jauh melebihi 30 °C. Faktor-faktor mempengaruhi keselesaan adalah amat penting untuk diambil kira dalam rekaan masjid kerana ianya salah satu dari 3 perkara penting bagi komuniti memilih masjid sebagai ruang komuniti (Jaffar et al. 2020).

## METODOLOGI

Kaedah penyelidikan merangkumi kajian literatur, pemerhatian (kajian kes) dan pengukuran suhu dan kelembapan di masjid kajian. Bagi pengukuran suhu dan kelembapan, proses kalibrasi alatan perlu dilakukan bagi menjamin ketepatan data. Keperluan kalibrasi ini penting dan adalah wajib sebagaimana dilakukan dalam kajian-kajian terdahulu, contohnya oleh Mohammad Yusoff (2021).

Kajian literatur terlebih dahulu dilakukan mengenai reka bentuk masjid dan topik kelestarian, dengan fokus kepada masjid warisan. Masjid UKM dipilih sebagai masjid bagi kajian kes utama yang melibatkan pengukuran suhu dan kelembapan bangunan. Masjid UKM dipilih memandangkan masjid ini menggunakan pengudaraan semulajadi untuk dewan-dewan solat masjid, dan masjid ini mempunyai 3 aras bangunan dengan 2 aras utama digunakan untuk solat jumaat. Kajian awal mendapati bahawa Masjid UKM menggunakan pelbagai strategi reka bentuk pasif bagi meningkatkan keselesaan para jemaah seperti mempunyai ruang limpah yang besar dan ruang siling yang tinggi dan terbuka.

Kemudian, pendekatan pemerhatian umum dilakukan terhadap dua bangunan kajian kes masjid tradisional. Masjid pertama yang dipilih iaitu Masjid Kampung Hulu yang terletak di Melaka. Ia adalah salah satu masjid yang dibina paling awal di Melaka. Masjid yang kedua ialah Masjid Kampung Laut yang terletak di Kelantan. Masjid Kampung Laut merupakan masjid paling lama di Malaysia. Masjid-masjid ini dipilih kerana tidak bergampong kepada pendingin hawa dan juga penggunaannya yang aktif oleh komuniti tempatan yang mana membuktikan ia menyediakan keselesaan termal kepada pengguna.

Fokus utama kajian kes adalah untuk melihat dan mempelajari pendekatan ataupun strategi yang digunakan di masjid bagi mengawal suhu dalaman masjid. Setelah pemerhatian masjid sedia ada selesai dan data yang berkaitan diperolehi, analisis tapak Masjid UKM dilaksanakan. Analisis tapak dianggap sebagai proses yang paling penting yang mana lawatan tapak telah dilakukan untuk memahami pelbagai aspek dari segi reka bentuk, susun atur dan strategi pengawalan suhu yang digunakan supaya pengguna dapat menggunakan masjid dalam keadaan yang selesa.



RAJAH 1. Alat mengukur suhu dan kelembapan iaitu UNI-T Mini Temperature Humidity Meter (UT333).

Kaedah kajian utama yang digunakan di dalam kajian ini adalah melakukan pengukuran suhu dan juga kelembapan pada ruang dalam masjid yang dipilih. Waktu data dikutip adalah setiap jam bermula jam 11.00 pagi sehingga jam 2.00 petang. Waktu ini dipilih kerana suhu luaran yang tinggi dan waktu ini adalah waktu solat Jumaat. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat pengukuran suhu dan kelembapan untuk mengutip data di Masjid UKM. Alat yang digunakan adalah UNI-T Mini Temperature Humidity Meter (UT333). Anggaran ralat yang dinyatakan oleh pembuat alatan ini adalah 1 degree Celsius bagi suhu, manakala bagi kelembapan adalah 5%.

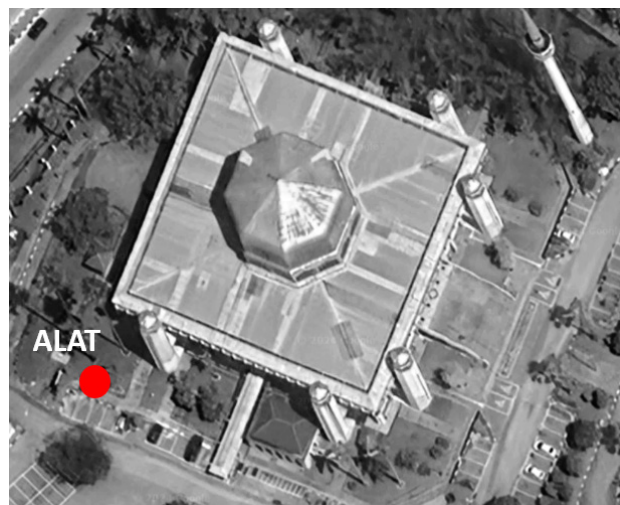
Perkara pertama yang dibuat adalah untuk memastikan alat yang digunakan berada dalam keadaan yang baik dan mengambil data dengan tepat. Proses kalibrasi alatan atau penilaian ketepatan alat dilakukan. Kesemua alat yang digunakan adalah alat yang baru dibeli dan belum digunakan, oleh itu dijangkakan ianya tepat. Walau bagaimanapun, pengukuran awal dilakukan bagi memastikan ianya benar-benar tepat. Ketiga-tiga alat ini digunakan setiap 1 jam pada waktu tengahari dari jam 11 hingga jam 2, alat pengesanan tersebut telah diletakkan pada 3 tempat yang berbeza iaitu di luar masjid dan di dalam masjid pada tingkat bawah.



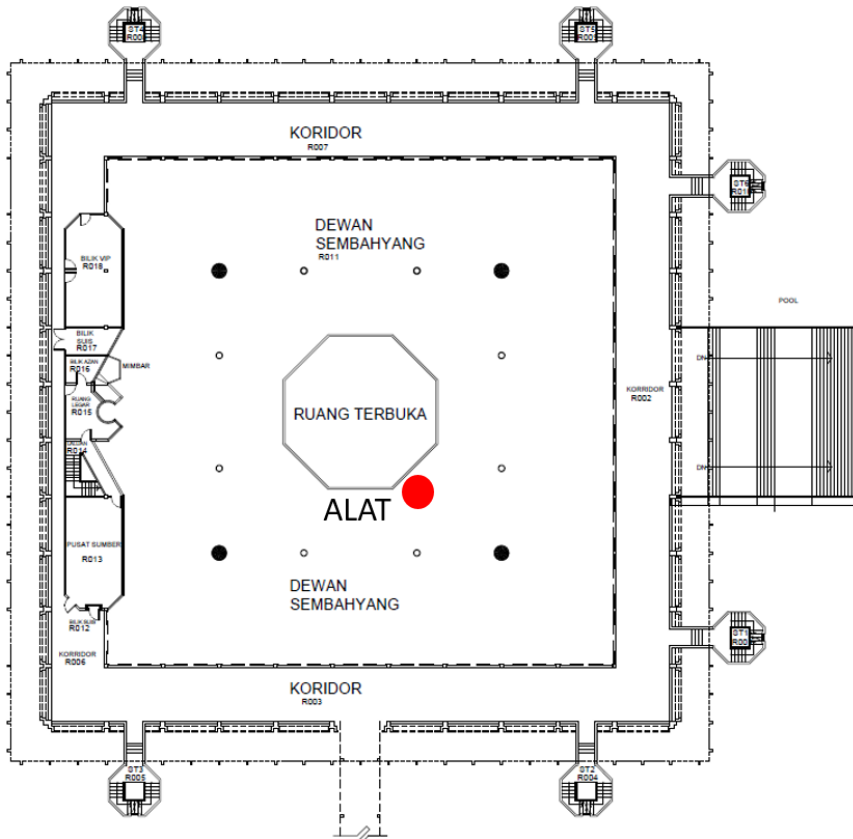
RAJAH 2. Lokasi tempat kalibrasi alatan pengukur suhu di luar masjid.



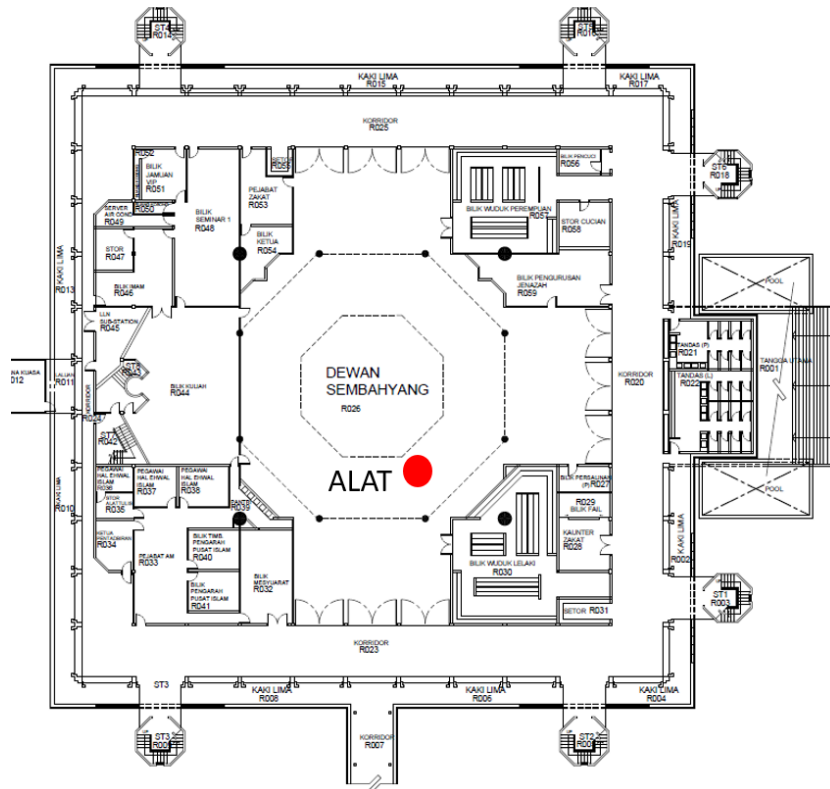
RAJAH 3. Lokasi tempat kalibrasi alatan pengukur suhu di dalam masjid.



RAJAH 4. Lokasi pengukur suhu di luar masjid.



RAJAH 5. Lokasi pengukur suhu di dalam masjid (tingkat bawah).



RAJAH 6. Lokasi pengukur suhu di dalam masjid (tingkat bawah).



RAJAH 7. Lokasi letak alatan untuk ukur suhu dalaman masjid tingkat atas.

JADUAL 1. Ukuran suhu bagi tujuan kalibrasi.

Alat	9.00 pagi (Luar)	10.00 pagi (Dalam)
Alat 1	34.5	28.3
Alat 2	34.4	28.2
Alat 3	34.5	28.3

JADUAL 2. Ukuran kelembapan bagi tujuan kalibrasi.

Alat	9.00 pagi (Luar)	10.00 pagi (Dalam)
Alat 1	60.2	82.9
Alat 2	59.8	82.5
Alat 3	60.3	82.4

Jadual 1 dan Jadual 2 menunjukkan hasil pengukuran untuk proses kalibrasi. Data-data yang ditunjukkan membuktikan ketiga-tiga alat yang digunakan adalah tepat dan sesuai digunakan untuk kajian ini. Ketepatan ini adalah bagi ukuran suhu dan juga ukuran kelembapan.

Setelah itu, hasil daripada data yang telah terkumpul satu penganalisan dilakukan untuk melihat sama ada suhu di Masjid UKM mencapai tahap yang sesuai untuk kesesuaian pengguna. Hasil ukuran di tapak dibincangkan bersama dengan strategi reka bentuk pasif yang digunakan dalam reka bentuk masjid.

## MASJID UKM

Dua tahun selepas penubuhan UKM, iaitu pada 16 Mac 1979, pembinaan Masjid UKM telah bermula di Bangi. Pada 14 April 1982, masjid tersebut telah siap dan rasmi diserahkan kepada UKM. Masjid ini dikendalikan oleh Pusat Islam universiti, yang telah ditubuhkan sejak tahun 1979 (Pusat Islam UKM 2023). Masjid UKM dibina di atas tapak seluas dua hektar berhampiran pintu masuk UKM (Rajah 1).



RAJAH 8. Lokasi Masjid UKM yang bersebelahan dengan pintu masuk utama universiti  
*Sumber: Peta Google (2023)*

Encik Abdullah Bakri, bekas Pengarah Unit Pembangunan UKM, dan Tun Syed Nasir, bekas Pro-Canselor UKM, memberi inspirasi untuk Masjid UKM. Dengan luas 25,713.41 meter persegi, ia mempunyai tiga tingkat dan boleh menampung 5000 orang (Pusat Islam UKM 2023). Dewan solat utamanya berada di tingkat pertama dan boleh diakses melalui enam tangga utama yang lebar dan enam menara tangga. Pejabat pentadbiran, bilik seminar, bilik mayat, bilik tetamu, perpustakaan, dan ruang lain terletak di luar dewan solat. Dengan sentuhan kubah bagi gambaran seni bina masjid, seni bina masjid ini menyerapkan gaya Brutalist moden.

Walaupun tidak menyerupai seni bina masjid tradisional Malaysia, ia direka dengan mengambil kira iklim tropika tempatan dengan mengoptimumkan pengudaraan semulajadi dan pencahayaan matahari supaya dewan solat tidak bergantung kepada pendingin hawa. Kipas isipadu tinggi, kelajuan rendah (HVLS) digunakan untuk pengudaraan mekanikal untuk mengekalkan keselesaan termal. Kajian keselesaan terma yang dilakukan di dewan solat menunjukkan bahawa suhu operasi dalam dewan berada dalam julat keselesaan terma yang dijangka untuk iklim panas dan lembap. Tinjauan soal selidik terhadap pengguna masjid mendapati hasil yang menunjukkan sensasi terma neutral pada waktu pagi. Selain itu, kebanyakan responden berada dalam keadaan neutral

atau puas dengan persekitaran termal dalam semasa waktu tengahari dan petang (Mohammad Yusoff 2021). Kajian terhadap pendekatan reka bentuk lestari Masjid UKM juga ada dibincangkan di dalam kajian terdahulu (Mohamed & Mohammad Yusoff 2023) yang menyenaraikan pelbagai pendekatan lestari yang terdapat pada Masjid UKM. Kajian ini menunjukkan Masjid UKM ini direka bentuk dengan mengambil kira iklim panas dan lembap Malaysia.

## MASJID KAMPUNG HULU MELAKA

Masjid Kampung Hulu merupakan antara masjid yang awal dibina di Malaysia dan menyimpan warisan sejarah yang penting. Menurut maklumat mengenai masjid ini, Dato Shamsuddin merupakan seorang tokoh yang turut serta dalam pembinaan masjid ini pada tahun 1728 Masihi (ada yang mengatakan 1720 Masihi). Beliau dilantik oleh Belanda dengan gelaran Kapitan Melayu untuk memimpin masyarakat Melayu di Melaka. Walaupun berketurunan Islam-Cina, beliau merupakan nakhoda Melayu kedua selepas bapanya Dato' Arom, yang pertama dilantik oleh nakhoda Melayu Belanda. Nama Dato Shamsuddin, pengasas masjid ini, tertera pada papan tanda di sebelah kiri pintu masuk utama.



RAJAH 9. Pandangan sisi Masjid Kampung Hulu yang memperlihatkan binaan bumbungnya.

Reka bentuk yang ditampilkan masjid ini adalah seperti bumbung meru berbentuk piramid (Rajah 9), yang memberikan pengalaman ruang dalaman yang luas dan tinggi, seperti yang ditunjukkan dalam (Rajah 10). Menurut Surat (2017) dan Nasir (2004), reka bentuk masjid Kampung Hulu adalah pengaruh daripada gaya seni bina Cina dan Melayu dan bumbung meru ini merupakan gaya seni bina yang digunakan pada masjid di Indonesia, seperti

Masjid Demak yang dibina pada tahun 1478 atau 1479 (Nasir 2004; Aziz 2014), dan di Semenanjung Malaysia, Kampong Laut, Kelantan, dibina pada tahun 1676. Ia boleh dilihat di masjid (Aziz 2016). Selain itu, reka bentuk masjid ini juga berkemungkinan besar dipengaruhi oleh masjid-masjid awal di Melaka sebelum penjajahan Belanda, walaupun Islam telah wujud di Melaka sejak zaman dahulu, namun tiada rekod masjid lama ditemui.



RAJAH 10. Ruang dalaman masjid yang tinggi dan luas.



RAJAH 11. Ruang limpah atau koridor yang besar bagi pengudaraan semula jadi.

Pendekatan seni bina yang terdapat pada masjid ini telah memberi impak kepada suhu persekitaran masjid ini. Masjid ini mempunyai susun atur ruang yang terbuka dan ruang limpah yang lebar menjadikan keselesaan termal dalam masjid ini adalah baik dan selesa. Keselesaan

pengguna masjid ini dapat dilihat pada aktiviti yang dijalankan yang mana ia termasuk aktiviti berehat diruang-ruang limpah dengan selesa. Kajian terdahulu oleh Izahar et al. (2022) ada menyenaraikan pendekatan reka bentuk pasif yang boleh didapati pada masjid ini.



## MASJID KAMPUNG LAUT

Menurut kajian dan literatur mengenai warisan masjid di Malaysia (Ahmad et al. 2013; Aziz 2016), hanya terdapat beberapa masjid warisan yang dibina pada atau sebelum abad ke-18 yang kebanyakannya terletak di Melaka. Dua masjid warisan di luar Melaka adalah Masjid Kampung

Laut di Kelantan (1676) dan Masjid Lama Pengkalan Kakap (1800). Masjid Kampung Laut merupakan masjid yang dibina hampir keseluruhannya daripada kayu dan mempunyai struktur tiang kayu yang kukuh (Rajah 12). Seni bina masjid ini mempunyai persamaan yang ketara dengan Masjid Demak di Indonesia, yang dibina pada tahun 1401.



RAJAH 12. Masjid Kampung Laut yang di bina dengan menggunakan bahan kayu dan bumbung tanah liat.

Tinjauan literatur (Akib 2003; Ahmad et al. 2013; Aziz 2016; Mohamed 2020, Izahar et al. (2022)) telah dirujuk untuk memahami Masjid Kampung Laut, dalam masa yang sama, pemerhatian tapak juga dilakukan ke atas masjid ini. Pemerhatian di tapak mendapati masjid ini mempunyai pendekatan reka bentuk yang bersesuaian dengan iklim setempat dengan bukaan yang luas dan pengudaraan bangunan yang baik, serta bahan binaan dari sumber semula jadi iaitu kayu dan tanah liat (bumbung). Pemerhatian juga mendapati melakukan aktiviti ibadat di masjid ini juga selesa.

### PENDEKATAN REKA BENTUK PASIF MASJID UKM

Selepas selesai pemerhatian terhadap kajian kes masjid tradisional, dapatan digunakan untuk perbandingan dengan Masjid UKM. Masjid UKM juga direka bentuk dengan mengambil kira iklim. Namun bahan binaanya menggunakan bahan konkrit dan batu bata bersesuaian dengan teknologi binaan terkini dan juga keperluan untuk binaan masjid yang besar. Oleh itu, ia bertindak balas dengan baik kepada keadaan iklim tempatan iaitu iklim panas dan lembap. Strategi reka bentuk hijau untuk keselesaan termal yang terdapat pada Masjid UKM mempunyai persamaan dengan

masjid tradisional dan rumah Melayu seperti yang dibincangkan oleh Husen & Mohamed (2021), dan Mohammad Yusoff & Mohamed (2017). Ia juga selari dengan perbincangan oleh Abdullah et al (2016) yang menyatakan reka bentuk permukaan luar masjid penting dalam menentukan keselesaan dalaman masjid.

Beberapa pendekatan strategi reka bentuk pasif termasuklah ketinggian lantai ke siling yang tinggi (dewan solat utama), bukaan pada lantai yang menghubungkan ruang tingkat bawah dan tingkat satu, dan bukaan luas di semua tingkat dan sisi masjid. Pendekatan-pendekatan ini telah menghasilkan pengaliran udara bebas dalam ruang dalam. Bukaan yang besar serta tingkap kaca di bawah kubah juga membenarkan ruang dalaman untuk diterangi oleh cahaya matahari dan seterusnya mengurangkan bergantung kepada pencahayaan buatan. Koridor terbuka, gril logam dan pintu gelangsar kaca di sepanjang parameter solat dewan membenarkan pencahayaan siang hari dan pengudaraan semula jadi untuk keselesaan persekitaran dalaman. Masjid dengan reka bentuk pendekatan strategi pasif adalah penting untuk kemampanan dan boleh mempengaruhi penggunaan tenaga dan keselesaan termal. Ini termasuk reka bentuk kulit luar bangunan yang sangat penting untuk keselesaan dalaman bangunan, termasuklah masjid (Azmi & Kandar 2019, Mohd Nawayai et al. 2020).



RAJAH 13. Ruang solat utama dengan kipas siling gergasi serta peggcaayaan dan pengudaran semula jadi.

Di samping itu, bantuan kipas siling termasuk volume tinggi, kelajuan rendah (HVLS) juga penting dalam memastikan keselesaan dalaman bangunan. Walaupun bukaan pada dinding masjid adalah amat luas, namun ruang

dalam (dewan solat) dilindungi daripada cahaya matahari langsung oleh koridor (ruang limpah) yang luas pada setiap tingkat.



RAJAH 14. Ruang limpah ( koridor) membantu menghalang kemasukkan haba matahari.



RAJAH 15. Ruang limpah ataupun ruang koridor yang besar pada tingkat bawah.



RAJAH 16. Masjid dikelilingi dengan lanskap hijau yang memberikan teduhan kepada masjid.



RAJAH 17. Mempunyai bukaan pada lantai tingkat satu yang membantu pengudaraan dan cahaya semula jadi.



RAJAH 18. Pelan lantai tingkat paling atas yang besar memberi teduhan kepada dinding dan bukaan tingkat bawah.

JADUAL 3. Senarai pendekatan strategi lestari atau hijau pada Masjid UKM.

No	Strategi	Perincian
1	Bukaan pada dinding	Membantu pengudaraan dan pengcahayaan semula jadi ke dalam bangunan dan membolehkan pengudaraan silang yang lebih optimum.
2	Teduhan melintang (horizontal façade overhang)	untuk menghalang haba cahaya matahari daripada memasuki bangunan secara langsung
3	Bukaan pada lantai tengah bangunan	Membolehkan pengudaraan pengcahayaan semula jadi berlaku.
4	Koridor atau ruang limpah yang besar	Menghadang haba matahari dari memasuki ruang solat dan membenarkan pengudaraan berlaku dengan baik.
5	Ruang dalam yang luas dan tinggi	Mengalakkan pengcahayaan dan pengudaraan semula jadi yang berkesan.
6	Ruang Dalam dewan solat tanpa dinding	Membolehkan pengudaraan silang berlaku dengan baik.
7	Tingkap kaca pada bumbung / bawah kubah.	Membolehkan pengcahayaan semula jadi ruang solat utama berlaku.
8	Lanskap menghijau di keliling masjid	Lanskap hijau dengan pohonan tinggi di sekitar masjid membolehkan teduhan pada dinding bangunan berlaku disamping menyediakan udara dan suasana yang selesa.
9	Penggunaan kipas	Selain pengudaraan semula jadi, keselesaan dalaman masjid juga dibantu melalui penggunaan kipas gergasi.

## SUHU DAN KELEMBAPAN RUANG DALAM MASJID UKM

Jadual 4 dan Jadual 5 menunjukkan suhu dan kelembapan luar masjid, dalam masjid (tingkat bawah dan tingkat atas). Tujuan data-data ini diambil adalah bagi melihat perbezaan suhu luar dan dalam bangunan serta perbezaan ruang suhu ruang atas dan bawah masjid. Ruang atas masjid terdedah kepada haba dari bumbung, manakala ruang bawah masjid terlindung dari haba tersebut. Berdasarkan pengukuran di tapak, terdapat beberapa perkara manarik yang dapat dibincangkan mengenai perbezaan suhu di luar dan di dalam masjid tersebut.

JADUAL 4. Ukuran suhu luar dan dalam masjid (ruang bawah dan atas).

Lokasi	11.00 pagi	12.00 petang	1.00 petang	2.00 petang
Luar	35.3	39.8	38.7	39.6
Dalam (Tingkat bawah)	28.9	30.4	30.2	30.2
Dalam (Tingkat atas)	30.1	31.1	31.6	31.7

JADUAL 5. Ukuran kelembapan luar dan dalam masjid (ruang bawah dan atas).

Lokasi	11.00 pagi	12.00 petang	1.00 petang	2.00 petang
Luar	35.3	39.8	38.7	39.6
Dalam (Tingkat bawah)	28.9	30.4	30.2	30.2
Dalam (Tingkat atas)	30.1	31.1	31.6	31.7

Hasil ukuran suhu menunjukkan perbezaan suhu ketara di dalam dan di luar masjid, manakala, suhu di tingkat bawah masjid lebih sejuk berbanding suhu di tingkat atas. Hal ini dapat dikaitkan dengan strategi atau pendekatan reka bentuk lestari yang digunakan pada Masjid UKM sebagaimana yang dibincangkan terlebih dahulu (rujuk Jadual 3). Contohnya, ruang solat tingkat 1 terdedah kepada haba matahari yang menyerap melalui bumbung masjid, manakala ruang solat tingkat bawah terhadap dari haba cahaya matahari, bahkan udara panas tingkat bawah boleh bergerak ke atas dengan mudah melalui bukaan pada lantai tingkat satu.

Selain itu, perbezaan suhu luar dan dalam masjid yang ketara adalah disebabkan oleh bukaan yang banyak dan luas pada dinding bagi membolehkan pengudaraan semula jadi berlaku. Ruang terbuka di dalam masji serta ketinggian lantai dan siling yang tinggi juga membolehkan pengudaraan silang yang baik pada ruang masjid dan menyebabkan suhu dalaman tidak meningkat dengan ketara.

## KESIMPULAN

Dapatan daripada kajian ini menunjukkan bahawa suhu di dalam masjid adalah diantara 28.9°C sehingga 31.7°C bagi

aras tingkat bawah dan aras tingkat satu. Merujuk kepada perbincangan awal berkenaan kesan penyejukan pergerakan udara keatas keselesaan individu, keselesaan termal boleh dicapai dengan menyediakan kipas siling bagi memastikan pergerakan udara yang bersesuaian. Perbincangan terdahulu menyatakan dengan kelajuan angin sebanyak 1.0 m/s, ia mampu membawa kesan penyejukan menyamai 2.2°C. Kesan penyejukan akan bertambah jika kelajuan angin ditinggikan. Oleh yang demikian, untuk menjamin keselesaan termal Masjid UKM, penyediaan kipas siling sudah memadai untuk mencapai keselesaan termal dalaman masjid. Penggunaan pendingin hawa adalah tidak kritikal untuk keselesaan termal. Perhatian dan pengalaman penulis melakukan aktiviti di dalam masjid juga menyokong pernyataan ini.

Kajian juga menunjukkan dewan solat tingkat bawah masjid lebih sejuk berbanding dewan solat tingkat satu. Aras satu lebih panas disebabkan oleh faktor kemasukan haba matahari melalui bumbung and bukaan pada kubah. Manakala, dewan solat aras bawah dilindungi dari haba oleh lantai aras 1 serta ruang limpah disekeliling dewan solat, disamping bukaan pada lantai aras 1 membolehkan haba keluar dengan bergerak ke atas melalui bukaan ini.

Hasil daripada kajian ini menyenaraikan beberapa pendekatan reka bentuk yang sesuai untuk mengekalkan keselesaan dalaman masjid tanpa menggunakan pendingin hawa. Ini dibuktikan dengan pengukuran suhu yang dijalankan. Diharapkan kajian keatas Masjid UKM boleh dijadikan rujukan umum bagi strategi pengawalan suhu dalaman masjid dan menjadi contoh kepada pembinaan masjid-masjid moden pada masa kini.

Kajian ini menunjukkan bahawa Masjid UKM yang mengadaptasi gaya senibina moden Brutalist dengan binaan konkrit dan batu-bata telah direka dengan mengambil kira iklim panas dan lembap. Dengan itu, reka bentuknya menggabungkan pelbagai strategi yang bertujuan untuk memaksimumkan penggunaan pengudaraan dan pencahayaan, seterusnya berjaya memastikan keselesaan dalaman yang baik walaupun tanpa pendingin hawa.

Satu catatan penting adalah bagaimana Masjid UKM boleh menjadi contoh bahawa reka bentuk moden pada masjid mampu berinteraksi secara baik dengan keperluan iklim setempat, hasilnya adalah keselesaan termal yang baik dan seterusnya penggunaan tenaga yang lebih efisien untuk ruang solat utama, terutamanya jika dibandingkan dengan masjid-masjid yang menggunakan sistem pendingin hawa.

Sebagai kesimpulan, diharapkan hasil kajian ini menjadi rujukan penting bagi menyokong pendekatan pasif sebagai strategi utama mencapai keselesaan dalaman bangunan masjid, seterusnya pendekatan ini menjadi pendekatan utama bagi masjid-masjid di Malaysia.

## PENGHARGAAN

Penghargaan dan ucapan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi Malaysia dan UKM di atas sokongan kewangan melalui Skim Geran Penyelidikan Asas (Fundamental) (FRGS/1/2020/TK0/UKM/02/26) bertajuk 'Reka Bentuk Bumbung bagi Mengawal Keselesaan Dalaman', dan Dana Penyelidikan Ilmu-Ilmu Islam (DPI-2021-001) bertajuk 'Cadangan Konsep Reka Bentuk Pembangunan bagi Masjid Universiti, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM)'.

## PENGISYTIHARAN KEPENTINGAN BERSAING

Tiada.

## RUJUKAN

- Abdullah F. H., Abdul Majid N. H., & Othman R. 2016. Defining issue of thermal comfort control through urban mosque façade design. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 234: 416-423. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.10.259>
- Ahmad, A.A., Zin, A.A.M. & Arbi, E. 2013. Typology of interior architecture for traditional mosques in Peninsular Malaysia from 1700 – 1900 AD. *Jurnal Al-Tamaddun* 8(2): 9-100.
- Akib, S.M. 2003. *Masjid Tua Kampong Laut*. Kota Bharu: Perbadanan Muzium Negeri Kelantan.
- ASHRAE. 2013. *Thermal Environmental Conditions for Thermal Occupancy*. Atlanta, GA.
- Aziz, A.A. 2015. *Masjid- Selected Mosques from the Islamic World*. Kuala Lumpur: ATSA Architects Sdn Bhd.
- Aziz, A.A. 2016. *Masjid- Selected Mosques and Musollas in Malaysia*. Kuala Lumpur: ATSA Architects Sdn Bhd.
- Azmi, N. A. & Kandar, M. Z. 2019. Factors contributing in the design of environmentally sustainable mosques. *Journal of Building Engineering* 23: 27-37. <https://doi.org/10.1016/j.job.2019.01.024>.
- Evans, M. 1980. *Housing, Climate and Comfort*. London: The Architectural Press.
- Givoni, B. 1998. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. New York: John Wiley & Sons.
- Husen, N. A. & Mohamed, M. F. 2021. Comparison of green design strategies in five traditional malay houses. *Jurnal Kejuruteraan SI* 33(1): 47-53. [https://doi.org/10.17576/jkukm-2020-33\(1\)-05](https://doi.org/10.17576/jkukm-2020-33(1)-05)

- Izahar, M. N., Mohamed, M. F. & Mohammad Yusoff, W. F. 2022. Pendekatan lestari masjid-masjid lama di bandar Melaka. *Jurnal Kejuruteraan SI* 5(1): 85-95. [https://doi.org/10.17576/jkukm-2022-si5\(1\)-09](https://doi.org/10.17576/jkukm-2022-si5(1)-09)
- Jaffar, N., Harun, N. Z. & Abdullah, A. 2020. Enlivening the mosque as a public space for social sustainability of traditional Malay settlements. *Planning Malaysia* 18(12). <https://doi.org/10.21837/pm.v18i12.750>
- Jones, P. 2021. *Thermal Design of Buildings: Understanding Heating, Cooling and Decarbonisation*. The Crowood Press.
- Mohamed, M. F. & Mohammad Yusoff, W. F. 2023. Potential strategies for revitalizing UKM mosque in enhancing community engagement. *Jurnal Kejuruteraan SI* 6(1): 325-338. [https://doi.org/10.17576/jkukm-2023-si6\(1\)-28](https://doi.org/10.17576/jkukm-2023-si6(1)-28).
- Mohamed, M.F. 2020. Sustainable Design approaches in Malaysia's traditional mosques and houses. *Proceeding International Conference on Engineering* 1(1):13-21.
- Mohammad Yusoff, W. F. & Mohamed, M. F. 2022. Building energy efficiency in hot and humid climate. In *Encyclopedia of Sustainable Technologies*: 159–168.
- Mohammad Yusoff, W. F. 2021. Indoor thermal comfort in modern mosque of tropical climate. *ICONARP International Journal of Architecture and Planning* 9(2): 720-741.
- Mohd Nawayai, S. S., Denan, Z., & Abdul Majid, N. H. 2020. Readaptation of Malay vernacular architecture for indoor thermal comfort in modern masjids towards a sustainable design. *Planning Malaysia* 18(12). <https://doi.org/10.21837/pm.v18i12.751>
- Nasir, A.H. 2004. *Mosque Architecture in the Malay World*. Bangi: Penerbit UKM.
- Pusat Islam UKM (PIU). 2023. <https://www.ukm.my/pusatislam/> (akses pada 15 Februari 2023).
- Surat, M. 2017. *Reka Bentuk Masjid Warisan Melayu*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.