

PENGARUH BUKAAN TERHADAP KINERJA TERMAL PADA MASJID JENDRAL SUDIRMAN

Ikhwan Nur Arifin¹, M. Syarif Hidayat²

Program Studi Arsitektur, Universitas Mercu Buana Jakarta

Email:¹ikhwannur.arifin94@gmail.com; ²syarifh5@gmail.com

ABSTRAK

Masjid pada umumnya didesain dengan banyak bukaan ventilasi untuk memasukkan penghawaan alami kedalam bangunan dengan maksud untuk menurunkan suhu didalam. Masjid Jendral Sudirman merupakan masjid dengan bukaan jendela pada tiap sisi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa pengaruh dari bukaan terhadap kinerja termal pada runang dalam masjid. Metode yang digunakan adalah deskriptif evaluatif dengan pendekatan kuantitatif. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur suhu udara, suhu permukaan dan kecepatan angin. Pengukuran dilakukan selama 3 hari dari jam 09.00 sampai dengan 17.00 dengan menggunakan simulasi percobaan pada bukaan. Dari kesimpulan yang didapat bahwa pengaruh bukaan terhadap penurunan suhu udara didalam tidak signifikan. Penurunan suhu tertinggi adalah pada perbandingan percobaan jendela terbuka sebagian dilantai 2 dan 3 yaitu sebesar 1,18 °C.

Kata Kunci : Bukaan Ventilasi, Kinerja Termal, Masjid

ABSTRACT

The mosque is generally designed with many ventilation openings to incorporate natural penghawaan into the building with the intention to lower the temperature inside. Mosque General Sudirman is a mosque with window openings on each side. This study aims to determine how the influence of openings on thermal performance at runang in the mosque. The method used is descriptive evaluative with quantitative approach. Measurements are made by measuring air temperature, surface temperature and wind speed. Measurements were carried out for 3 days from 09:00 to 17:00 hours by using experimental simulations on openings. From the conclusion obtained that the influence of openings to the decrease in air temperature inside is not significant. The highest temperature drop was in the comparison of experimental open-window experiments on the 2nd and 3rd floors of 1.18 °C.

Keyword: Ventilation openings, Thermal Performance, Mosque

1. PENDAHULUAN

Tujuan dari setiap perencanaan arsitektural adalah untuk menciptakan kenyamanan maksimum bagi pengguna. Kenyamanan dalam hal ini meliputi, antara lain adalah: kenyamanan suhu dan kebutuhan udara segar. Kedua hal ini dicapai dengan membuat bukaan atau jendela lebar pada selubung bangunan. Ini merupakan salah satu ciri standar arsitektural tipe bangunan yang berlokasi di daerah yang beriklim tropis dan lembab, khususnya pada bangunan yang tidak mengandalkan sistim pengkondisian udara (AC). Bukaan atau jendela tersebut dipakai sebagai prasarana aliran arus udara atau ventilasi alami yang dibutuhkan bagi ruang-ruangnya.

Masjid merupakan suatu institusi utama dan paling besar dalam Islam, serta merupakan salah satu institusi yang pertama kali berdiri. Masjid adalah rumah tempat ibadah umat Muslim. Masjid artinya tempat sujud, tempat beribadah kepada Allah SWT. Akar kata dari Masjid adalah sajadah dimana berarti sujud atau tunduk. Selain tempat ibadah Masjid juga merupakan pusat kehidupan komunitas muslim. Kegiatan-kegiatan perayaan hari besar, diskusi, kajian agama, ceramah dan belajar Al Qur'an sering dilaksanakan di Masjid. Bahkan dalam sejarah Islam, Masjid turut memegang peranan dalam aktivitas sosial kemasyarakatan (M Harahap, 2014).

Keadaan masjid terutama ruang dalam seharusnya memiliki unsur kenyamanan, sehingga kegiatan peribadatan dapat dilakukan dengan lebih khushyuk, termasuk di dalamnya kegiatan pembentukan generasi muda Islam yang beradab. Kenyamanan secara fisik bagi ruang lingkup aktifitas manusia meliputi kenyamanan pencahayaan, penghawaan, dan bunyi (tidak terganggu kebisingan). Khushyuk beribadah dan kenyamanan ruang dalam masjid memiliki keterkaitan erat. Khushyuk memang bisa dilatih, namun apabila ruang tidak mendukung rasa nyaman (secara fisik) dalam beribadah, maka khushyuk menjadi tidak mudah untuk dicapai (Syamsiyah, 2013).

Berdasarkan geografisnya, Indonesia dikelompokkan kedalam karakter iklim tropis lembab, dengan intensitas radiasi matahari yang tinggi, temperatur udara yang relatif tinggi, kelembaban udara dan curah hujan yang juga tinggi, serta keadaan langit yang senantiasa berawan (Lippsmeier, 1994). Pada iklim panas dan lembab, desain bangunan seharusnya memaksimalkan penghawaan alami dan meminimalkan panas matahari yang masuk dalam bangunan untuk mengurangi energi pendinginan buatan (Khedari, 1997). Dalam hal ini, sebuah tantangan untuk merancang bangunan yang dapat menciptakan kenyamanan termal yang baik di dalam ruangan.

Pada iklim panas dan lembab, desain bangunan seharusnya memaksimalkan penghawaan alami dan meminimalkan panas matahari yang masuk dalam bangunan untuk mengurangi energi pendinginan buatan. (Khedari, 1997). Dalam hal ini, sebuah tantangan untuk merancang bangunan yang dapat menciptakan kenyamanan termal yang baik di dalam ruangan.

Pada dasarnya penghawaan alami di dalam bangunan merupakan jaminan adanya aliran udara yang baik. penghawaan alami dapat membantu menurunkan suhu pada ruangan sehingga ruang menjadi lebih nyaman. Penghawaan alami seharusnya bisa menjadi solusi dimana suatu bangunan membutuhkan udara yang segar dan alami untuk membantu menurunkan hawa panas akibat dari suhu atau iklim di Indonesia. Untuk mendapatkan penghawaan yang baik perlu dirancang bentuk yang sesuai dengan kebutuhan yang bertujuan mengoptimalkan aliran udara masuk kedalam bangunan

Kinerja Termal

Thermal dalam kamus besar bahasa Indonesia (KBBI) adalah berkaitan dengan panas, panas merupakan suatu energi yang berpindah akibat perbedaan suhu. Kondisi termal pada bangunan bisa berdampak pada nyaman atau tidaknya seseorang. Rilatupa (2008) menyebutkan salah satu persyaratan kondisi fisik yang nyaman adalah suhu yang nyaman, yaitu satu kondisi termal udara didalam ruang yang tidak mengganggu tubuhnya..

Prinsip daripada kenyamanan termal sendiri adalah terciptanya keseimbangan antara suhu tubuh manusia dengan suhu sekitarnya, karena jika suhu tubuh manusia dengan lingkungannya memiliki perbedaan suhu yang signifikan maka akan terjadi ketidaknyamanan yang diwujudkan melalui kepanasan atau kedinginan yang dialami oleh tubuh.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja termal

Faktor-faktor yang bisa membuat kondisi termal terasa nyaman atau tidak dalam bangunan yaitu :

a. Temperatur / Suhu Udara

Temperatur udara merupakan salah satu faktor yang paling dominan dan paling berpengaruh dalam menentukan kenyamanan termal manusia. Hoppe (1988) memperlihatkan bahwa suhu manusia naik ketika suhu ruang dinaikkan sekitar 21°C. Kenaikan lebih lanjut pada suhu ruang tidak menyebabkan suhu kulit naik, namun menyebabkan kulit berkeringat. Pada suhu ruang sekitar 20°C suhu nyaman untuk kulit tercapai.

b. Kecepatan Angin

Menurut Prianto dan Depecker (2001:19) dalam Indrani (2008), pada hunian di lingkungan beriklim tropis terutama dengan kelembaban tinggi, kenyamanan penghuni tidak hanya tergantung pada banyaknya suplai udara segar ke dalam ruangan, tetapi juga tergantung pada kecepatan angin.

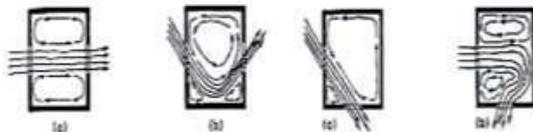
c. Temperatur Radiant / Suhu Radiasi

Temperatur radiant adalah panas yang berasal dari radiasi objek yang mengeluarkan panas, salah satunya yaitu radiasi matahari. Disamping memancarkan sinar/cahaya, matahari juga mengeluarkan panas yang menyebabkan suhu udara meningkat. Bangunan yang terkena langsung radiasi matahari akan menyebabkan ruangan yang berada didalamnya menjadi panas dan menyebabkan ketidaknyamanan dalam hal

termal. Panas inilah yang harus ditanggulangi dalam upaya perancangan bangunan, sehingga suhu ruangan bisa sesuai dengan yang diharapkan. Radiasi panas matahari masuk melalui proses konduksi pada material bangunan (Latifah et al, 2013).

d. Bukaan Ventilasi

Ada beberapa faktor penting yang mempengaruhi kinerja termal pada suatu bangunan, diantaranya adalah faktor bukaan ventilasi. Adanya bukaan ventilasi pada bangunan dapat membantu penurunan suhu didalam ruangan. Satwiko (2004) dan Brown (1990) menyebutkan bahwa ventilasi alami digunakan untuk pergantian udara dengan mengeluarkan udara panas. Selain itu ventilasi alami juga berguna untuk mempengaruhi penyejukan ke arah manusia dengan elemen-elemen bukaan permanen seperti pintu, jendela, viod dan semua bukaan yang menghubungkan ruangan pada ruangan lain ataupun langsung ke area luar. Menurut Gratia (2004), infiltrasi udara dengan sistem ventilasi alami dapat digunakan untuk meningkatkan kenyamanan termal pada ruang-ruang dalam bangunan.



Gambar 1. Perletakan dan Orientasi Bukaan

Sumber : Melaragno, Michele, 1982, dalam Latifah et all, 2011

e. Perpindahan Panas / Kalor

Menurut Weller dan Youle (1981) dalam Majid (2014), kalor adalah bentuk energi yang dirasakan manusia. Energi mewujudkan keadaan dimana jumlah energi yang dipindahkan dari manusia dan sekitarnya mencapai keseimbangan thermal.

Perpindahan panas didefinisikan sebagai berpindahnya energi dari satu tempat ketempat lainnya yang disebabkan perbedaan temperatur antara tempat tempat tersebut. Perpindahan panas merupakan sifat dasar alam sekitar, yaitu Hukum Termodinamika yang berbunyi bahwa kalor berpindah dari tekanan tinggi menuju ke tekanan yang lebih rendah. Panas dapat berpindah dengan 3 cara yaitu dengan cara konduksi, konveksi dan radiasi.

f. Dimensi Bukaan

Luas Bukaan adalah hasil perkalian antara panjang dan lebar bidang pada selubungbangunan yang berfungsi sebagai masuknya cahaya dan udara kedalam massa bangunan. Contoh bukaan: jendela, ventilasi dan pintu (Novan, 2012).

Menurut James (2008), luas dan arah bukaan mempengaruhi kondisi kenyamanan ruang. Semakin luas ruang dan arah bukaan yang tepat membantu kondisi kenyamanan ruang. Menurut Indrani (2008), luas penampang bukaan turut berperan penting untuk memanipulasi kecepatan angin *internal*. Arah angin dan kecepatan angin *internal* akan menentukan nilai Cp dan kecepatan angin yang mengenai bukaan.

2. METODOLOGI

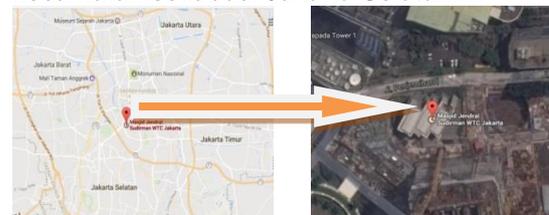
Metode penelitian yang akan digunakan yaitu metode penelitian deskriptif evaluatif dengan pendekatan kuantitatif.

Penelitian deskriptif adalah penelitian yang dilakukan untuk mengetahui variabel mandiri, baik satu variabel atau lebih (independent) tanpa membuat perbandingan atau menghubungkan variabel lain (Sugiyono,;2003). Sedangkan tujuan dari metode deskriptif menurut Rakhmat (2001) adalah untuk melukiskan secara sistematis fakta atau karakteristik populasi tertentu atau bidang tertentu secara factual dan cermat.

Menurut Diah (2011), penelitian evaluatif memiliki dua kegiatan utama yaitu pengukuran atau pengambilan data serta membandingkan hasil pengukuran dan pengumpulan data dengan standar yang digunakan.

Objek Penelitian

Bangunan masjid yang akan dijadikan objek penelitian yaitu masjid Jendral Sudirman . Masjid ini tepatnya berlokasi di Jl. Jendral Sudirman kav.29 kelurahan karet kecamatan setiabudi Jakarta Selatan.



Gambar 2. Peta Masjid Al-huda

Sumber : Google maps

Masjid ini diapit oleh 3 jalan Protocol. Di sebelah timur masjid berbatasan dengan jalan Komando Raya, sebelah utara berbatasan dengan jalan penjernihan 1,

sebelah selatan berbatasan dengan Project WTC 3 yang sedang dibangun, sedangkan sebelah barat berbatasan dengan Perkantoran WTC 2 dan Jl Jendral Sudirman.



Gambar 3. Foto Masjid Al-huda
Sumber : Data Penulis, 2016

Bangunan masjid Jendral Sudirman berbentuk tidak simetris. Bukaan pintu dan jendela pada masjid yang berhubungan langsung dengan luar bangunan berjumlah 20 modul bukaan, pada lantai 1 masjid sisi utara terdapat 1 bukaan pintu 4 modul bukaan jendela, pada sisi timur terdapat 3 bukaan pintu utama serta 4 modul bukaan jendela, pada sisi selatan terdapat 1 bukaan pintu 5 modul bukaan jendela, pada sisi barat terdapat 3 modul bukaan jendela. Pada lantai 2 masjid sisi utara terdapat 20 modul bukaan jendela, pada sisi timur terdapat 2 modul bukaan jendela. Setiap modul bukaan jendela dicover oleh ACP relief pada fasad bangunan.

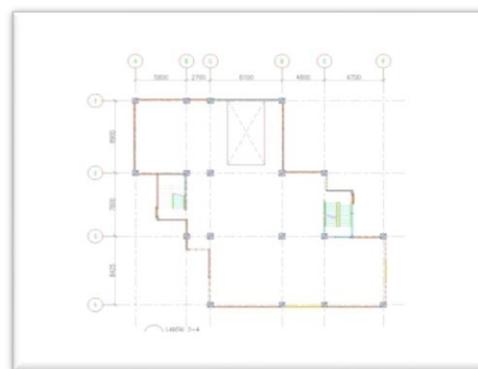


Gambar 4. Foto ruang solat lantai 2 & lantai 3

Sumber : Data Penulis, 2016



Gambar 5. Denah Lantai 2
Sumber : Data Penulis, 2016



Gambar 6. Denah Lantai 3
Sumber : Data Penulis, 2016

Pengumpulan Data

Dari penelitian-penelitian sejenis yang telah dilakukan sebelumnya, maka dapat disimpulkan beberapa variabel untuk pengukuran yang bisa digunakan untuk penelitian, yaitu:

- Variabel bebas : Kecepatan angin & Suhu permukaan
- Variabel terikat : Nilai Suhu udara
- Variabel terkontrol : Pengambilan data mulai jam 09.00 sampai dengan jam 17.00

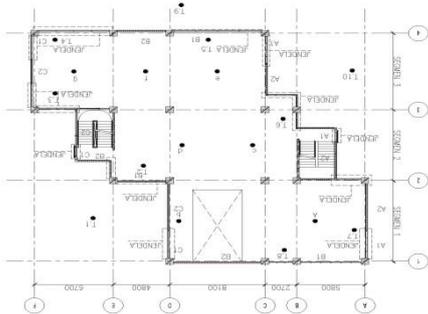
Dalam pengumpulan data digunakan metode survey dan observasi langsung dilokasi. Pengukuran yang dilakukan yaitu pengukuran terhadap suhu udara, kecepatan angin dan suhu permukaan.

Waktu pengambilan data dilakukan selama 3 hari dari pukul 09.00 WIB sampai dengan pukul 17.00 WIB. Saat pengukuran dilakukan beberapa percobaan yaitu, hari pertama bukaan jendela dalam keadaan terbuka, lalu hari kedua bukaan jendela dalam keadaan tertutup, selanjutnya hari ketiga bukaan jendela dalam keadaan terbuka sebagian.

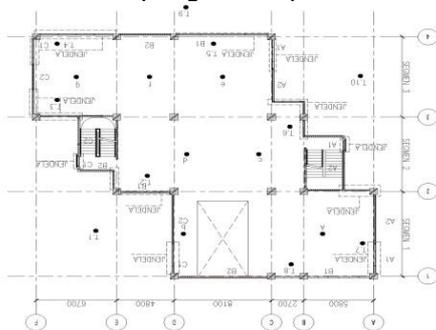
Untuk pengukuran suhu udara, kecepatan udara dan permukaan pada ruang solat dibagi menjadi 58 titik, yaitu 29 titik berada di lantai 2, 29 titik berada di lantai 3 dan 4 titik berada di outdoor sebagai pembanding. Untuk pengukuran suhu udara dan kecepatan udara posisi titik berada 1 meter di atas lantai.

Untuk pengambilan data suhu permukaan dinding dan plafon dibagi menjadi 3 segmen. Pengambilan suhu permukaan dinding terdapat 2 bagian, yaitu bagian dalam dan bagian luar.

Titik-titik pengukuran pada lantai 2 :



Titik-titik pengukuran pada lantai 3 :



Analisa Data

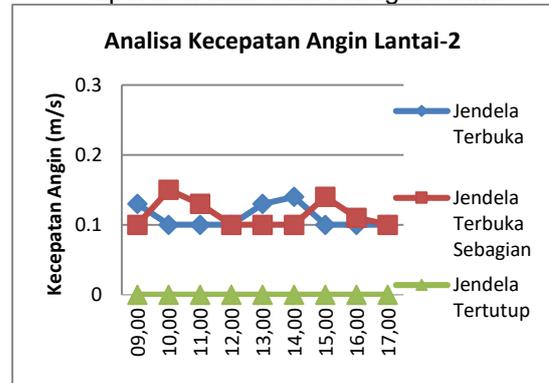
Rincian analisa yang dilakukan :

- Analisa terhadap kenyamanan termal ruang yang meliputi analisa terhadap suhu udara dan kelembaban udara dan suhu permukaan.
- Teknik Pengolahan Data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan metode kuantitatif. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan pengukuran langsung dengan menggunakan Termo-Hygrometer, Anemometer, Infrared untuk mengetahui Suhu Radiant dan Kelembaban udara.
- Simulasi pengukuran dilakukan hari sabtu sampai dengan selasa dengan interval tiap satu jam mulai dari pukul 09.00 sampai dengan 17.00.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Kecepatan Udara

Pengukuran ini dilakukan dengan 3 experiment jendela terbuka semua, jendela terbuka sebagian dan jendela tertutup dari simulasi tersebut diperoleh data-data sebagai berikut :

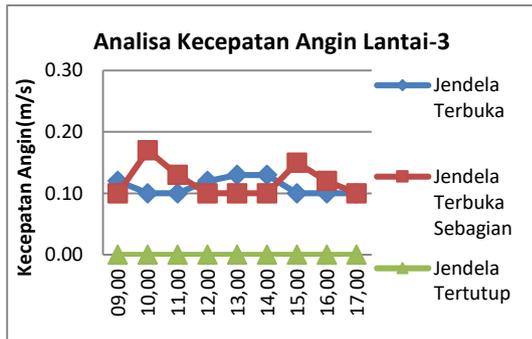


Gambar 7. Grafik kecepatan udara lantai 2

Tabel 1. Tabel kecepatan udara lantai 2

JAM	JENDELA TERBUKA	JENDELA TERBUKA SEBAGIAN	JENDELA TERTUTUP
09.00	0,13	0,1	0
10.00	0,1	0,15	0
11.00	0,1	0,13	0
12.00	0,1	0,1	0
13.00	0,13	0,1	0
14.00	0,14	0,1	0
15.00	0,1	0,11	0
16.00	0,1	0,1	0
17.00	0,1	0,14	0

Pada grafik dan tabel diatas memperlihatkan adanya perubahan kecepatan angin dan penurunan disetiap waktu dengan titik tertinggi untuk kecepatan angin experiment jendela terbuka sebesar 0.14m/s dan 0.15m/s untuk experiment jendela terbuka sebagian sedangkan untuk experiment jendela tertutup 0 m/s hal ini menandakan ruang dalam masjid hanya mengandalkan akses bukaan untuk penghanta angin. Selanjutnya untuk titik terendahnya sebesar 0.1m/s untuk experiment jendela terbuka dan jendela terbuka sebagian.



Gambar 8. Grafik Kecepatan udara lantai 3

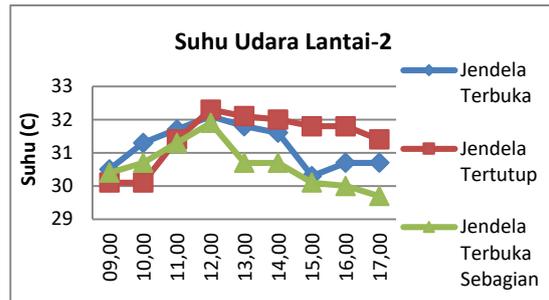
Tabel 2. Tabel kecepatan udara lantai 3

JAM	JENDELA TERBUKA	JENDELA TERBUKA SEBAGIAN	JENDELA TERTUTUP
09.00	0,12	0,1	0
10.00	0,1	0,17	0
11.00	0,1	0,13	0
12.00	0,12	0,1	0
13.00	0,12	0,1	0
14.00	0,13	0,1	0
15.00	0,1	0,15	0
16.00	0,1	0,12	0
17.00	0,1	0,1	0
Rata *	0,11	0,12	0

Pada grafik dan tabel diatas memperlihatkan adanya perubahan kecepatan angin dan penurunan disetiap waktu dengan titik tertinggi untuk kecepatan angin experiment jendela terbuka sebesar 0.13m/s dan 0.15m/s untuk experiment jendela terbuka sebagian sedangkan untuk experiment jendela tertutup 0 m/s hal ini menandakan ruang dalam masjid hanya mengandalkan akses bukaan untuk penghanta angin.Selanjutnya untuk titik terendahnya sebesar 0.1m/s untuk experiment jendela terbuka dan jendela terbuka sebagian.

3.2. Analisis Kecepatan Udara.

Pengukuran ini dilakukan dengan 3 experiment jendela terbuka semua,jendela terbuka sebagian dan jendela tertutup.

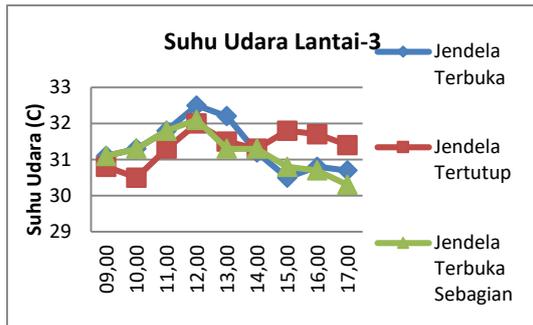


Gambar 9. Grafik analisa udara lantai 2

Tabel 3. Tabel analisa suhu udara lantai 2

JAM	JENDELA TERBUKA	JENDELA TERBUKA SEBAGIAN	JENDELA TERTUTUP
09.00	30,5	30,4	30,1
10.00	31,3	30,7	30,1
11.00	31,7	31,3	31,4
12.00	32,1	31,9	32,3
13.00	31,8	30,7	32,1
14.00	31,6	30,7	32,0
15.00	30,3	30,0	31,8
16.00	30,7	29,7	31,8
17.00	30,7	30,6	31,4
Rata*	31,2	30,6	31,4

Tabel dan grafik diatas memperlihatkan adanya kenaikan suhu dimulai pagi sampai menjelang siang dan kembali mengalami penurunan setelah sore untuk semua experiment.Untuk titik tertinggi sebesar 32,1°C untuk experimen jendela terbuka , 31,9°C untuk experiment jendela terbuka sebagian dan 32,3°C sedangkan untuk titik terendah pada experiment jendela terbuka sebesar 30,5°C yang terjadi dipagi hari dan 29,7°C terjadi disore hari sedangkan experiment jendela tertutup sebesar 30,1°C yang terjadi saat masih pagi.dari hasil rata-rata analisa suhu udara lantai 2 menunjukkan bahwa suhu terbaik terjadi pada experiment jendela terbuka sebagian sebesar 30,6°C hal ini menunjukkan bahwa pada saat experiment jendela terbuka lebih panas dikarenakan dengan jumlah bukaan disetiap sisi udara yang masuk bercampur dengan radiasi sehingga suhu udara didalam masjid menjadi panas.



Gambar 10. Grafik analisa suhu udara lantai 3

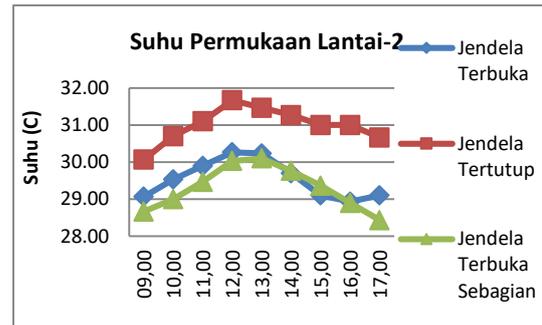
Tabel 4. Tabel analisa suhu udara lantai 3

JAM	JENDELA TERBUKA	JENDELA TERBUKA SEBAGIAN	JENDELA TERTUTUP
09.00	31,1	31,1	30,8
10.00	31,3	31,3	30,5
11.00	31,8	31,8	31,3
12.00	32,5	32,1	32
13.00	32,2	31,3	31,5
14.00	31,2	31,3	31,3
15.00	30,5	30,8	31,8
16.00	30,8	30,7	31,7
17.00	30,7	30,3	31,4
Rata*	31,3	30,3	31,4

Tabel dan grafik diatas memperlihatkan adanya kenaikan suhu dimulai pagi sampai menjelang siang dan kembali mengalami penurunan setelah sore untuk semua experiment. Untuk titik tertinggi sebesar 32,5°C untuk experiment jendela terbuka, 32,1°C untuk experiment jendela terbuka sebagian dan 31,8°C untuk jendela tertutup sedangkan untuk titik terendah pada experiment jendela terbuka sebesar 31,1°C yang terjadi dipagi hari untuk experiment jendela terbuka semua dan terbuka sebagian dan 30,5°C terjadi dipagi untuk experiment jendela tertutup. Dari hasil rata-rata analisa suhu udara lantai 3 menunjukkan bahwa perbedaan suhu antara tiap experiment tidak begitu signifikan hal ini ditunjukkan dengan selisih suhu sebesar 0,1°C dari experiment jendela tertutup, terbuka dan terbuka sebagian hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh faktor radiasi pada lantai 3 lebih besar.

3.3. Analisa Suhu Permukaan

Pengukuran ini dilakukan dengan 3 experiment jendela terbuka semua, jendela terbuka sebagian dan jendela tertutup.



Gambar 11. Grafik suhu permukaan lantai 2

Tabel 5. Tabel Suhu permukaan lantai 2

JAM	JENDELA TERBUKA	JENDELA TERBUKA SEBAGIAN	JENDELA TERTUTUP
09.00	29,07	28,67	30,07
10.00	29,53	29,00	30,70
11.00	29,90	29,47	31,10
12.00	30,27	30,03	31,67
13.00	30,23	30,10	31,47
14.00	29,70	29,77	31,27
15.00	29,10	29,37	31,00
16.00	28,93	28,90	31,00
17.00	29,10	28,43	30,67
Rata*	29,54	29,30	30,99

Tabel dan grafik diatas memperlihatkan adanya kenaikan suhu dimulai pagi sampai menjelang siang dan kembali mengalami penurunan setelah sore untuk semua experiment. Untuk titik tertinggi sebesar 31,67°C untuk experiment jendela tertutup, 31,10°C untuk jendela terbuka sebagian dan 30,70°C untuk jendela terbuka sedangkan untuk titik terendah pada experiment jendela terbuka sebesar 29,07°C yang terjadi dipagi hari untuk experiment jendela terbuka semua dan 28,67°C terbuka sebagian sedangkan 30,7°C terjadi dipagi untuk experiment jendela tertutup dari hasil rata-rata analisa suhu udara lantai 2 menunjukkan bahwa perbedaan suhu antara experiment jendela terbuka semua dan sebagian sebesar 0,24°C hal ini menunjukkan bahwa saat jendela terbuka semua sirkulasi angin yang masuk kedalam ruangan bercampur dengan radiasi sehingga mempengaruhi kinerja termal dalam masjid.

Tabel 6. Tabel suhu permukaan lantai 3

JAM	JENDELA TERBUKA	JENDELA TERBUKA SEBAGIAN	JENDELA TERTUTUP
09.00	29,20	30,00	31,23
10.00	29,97	30,57	31,77
11.00	30,53	31,00	32,10
12.00	31,10	31,33	32,53
13.00	30,87	30,60	31,60
14.00	30,77	30,30	31,27
15.00	30,50	30,20	31,27
16.00	30,17	30,07	31,33
17.00	30,27	30,27	31,00
Rata*	30,37	30,48	31,57

Tabel dan grafik diatas memperlihatkan adanya kenaikan suhu dimulai pagi sampai menjelang siang dan kembali mengalami penurunan setelah sore untuk semua experiment. Untuk titik tertinggi sebesar 31,10°C untuk experimen jendela

terbuka, 31,33°C dan 32,53°C untuk jendela tertutup sedangkan untuk titik terendah pada experiment jendela terbuka sebesar 29,20°C yang terjadi dipagi hari untuk experiment jendela terbuka semua dan 30°C terbuka sebagian sedangkan 31,23°C terjadi dipagi untuk experiment jendela tertutup. dari hasil rata-rata analisa suhu udara lantai 3 menunjukkan bahwa perbedaan suhu antara experiment jendela terbuka semua dan sebagian sebesar 0,11°C ini lebih kecil dibandingkan dengan selisih suhu yang terjadi dilantai 2 sebesar 0,24°C hal ini dipengaruhi dengan letak lantai 3.

3.4. Pembahasan

Berikut merupakan hasil dari analisa analisa persimulasi diatas dari keadaan termal didalam bangunan masjid Al-huda. Hasil perbandingan suhu udara pada setiap percobaan bukaan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 7. Selisih penurunan suhu udara dari setiap percobaan bukaan

Waktu	Sistem percobaan bukaan	Rata-rata suhu udara (°C)		Selisih suhu udara (°C) lantai 2 – lantai 3	Kecepatan angin (m/s)	
		Lantai 2	Lantai 3		Lantai 2	Lantai 3
Hari ke 1	Jendela terbuka	31,19	31,34	0,15	0,11	0,11
Hari ke 2	Jendela tertutup sebagian	30,61	31,18	0,57	0,12	0,11
Hari ke 3	Jendela tertutup	31,14	31,36	0,22	0,1	0,1

Dari hasil perbandingan diatas untuk suhu udara dengan kenyamanan terbaik terletak pada experimen jendela terbuka sebagian dengan suhu 30,61°C untuk lantai 2 dan 31,18°C untuk lantai 3 sedangkan untuk experimen jendela terbuka semua lebih panas dengan selisih suhu 0,59 °C hal ini bisa terjadi saat experiment terbuka semua aliran angin yang masuk bercampur dengan radiasi yang menimbulkan kinerja suhu didalam ruangan menjadi panas, sedangkan untuk suhu udara experimen jendela tertutup

bisa lebih dingin 0,05 °C dari jendela terbuka semua hal ini terjadi dimana kondisi saat pengukuran suhu udara diluar rendah dengan factor cuaca yang mendung. untuk suhu udara terbaik terjadi pada lantai 2 dengan suhu 30,61 °C dengan selisih 0,57 °C lebih dingin dibanding lantai 3 dikarenakan posisi lantai 3 yang lebih dekat dengan arah paparan sinar matahari mengakibatkan radiasi yang diterima lebih besar dibandingkan dengan lantai 2.

Tabel 7. Perbandingan suhu permukaan dari setiap percobaan bukaan

Waktu	Sistem percobaan bukaan	Suhu permukaan pada Lantai 2 (°C)		
		Lantai-2	Lantai-3	Selisih Lantai 2 dan 3
Hari ke 1	Jendela terbuka	29,54	30,37	0,83
Hari ke 2	Jendela tertutup sebagian	29,30	30,48	1,18
Hari ke 3	Jendela tertutup semua	30,99	31,57	0,58

Dari hasil perbandingan suhu permukaan di atas, suhu tertinggi yaitu pada percobaan jendela tertutup sebagian yaitu sebesar 30,99°C untuk lantai 2 dan 31,57°C

untuk lantai 3, sedangkan suhu terendah yaitu pada percobaan jendela terbuka sebagian hal ini dikarenakan kecepatan angina saat percobaan jendela terbuka

sebagian lebih tinggi dibanding dengan percobaan yang lain yaitu sebesar 0,12m/s hal ini yang membuat suhu permukaan menjadi lebih dingin walaupun dengan selisih yang tidak terlalu signifikan dan untuk perbandingan antara lantai suhu permukaan terbaik sebesar 29,30°C pada lantai 2 yang lebih dingin 1,18°C dibanding lantai 3 hal ini dipengaruhi dengan factor kecepatan angin yang lebih tinggi dan juga factor radiasi paparan matahari yang lebih besar terjadi pada lantai 3.

Dari data-data yang sudah dipaparkan diatas dapat dikatakan bahwa bukaan pada masjid jendral sudirman dapat mempengaruhi kinerja termal walaupun tidak signifikan dengan bukti adanya perbedaan suhu antara 3 eksperimen dimulai dari jendela tertutup dengan suhu tertinggi sebesar 31,27°C untuk suhu udara dan 31,28°C untuk suhu permukaan dan mengalami penurunan suhu udara sebesar 0,02°C dan suhu permukaan 1,33°C pada experiment jendela terbuka semua sampai berlanjut pada experiment jendela terbuka sebagian dengan penurunan suhu udara sebesar 0,38°C dan untuk penurunan suhu permukaan sebesar 0,65°C dari experiment jendela terbuka.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Adapun hasil kesimpulan dari hasil analisa dan pembahasan adalah sebagai berikut:

- Dari data-data yang sudah dipaparkan diatas dapat dikatakan bahwa bukaan pada masjid jendral sudirman dapat mempengaruhi kinerja termal namun tidak signifikan hal ini dibuktikan dengan adanya perbedaan suhu sebesar 0,11°C antara experiment jendela terbuka semua dan terbuka sebagian
- Suhu udara lantai 2 pada percobaan experiment jendela terbuka sebagian lebih dingin dibanding lantai 3 dengan selisih suhu 0,57°C
- Suhu udara lantai 3 lebih panas dibanding lantai 2 dengan selisih suhu 0,42°C yang diakibatkan oleh factor radiasi paparan sinar matahari yang lebih besar terjadi pada lantai 3.
- Suhu udara terbaik terjadi pada experiment jendela terbuka sebagian dengan suhu udara 30,61°C . Suhu udara terpanas terjadi pada experiment jendela tertutup semua dengan suhu udara 31,36°C

Saran

Saran dari hasil analisa dan pembahasan sebagai berikut:

Saran pada bangunan

- Sebaiknya bukaan jendela tidak terhalang oleh apapun agar fungsi dari bukaan bisa lebih maksimal.
- Tambahkan bukaan outlet agar udara panas bisa keluar dari bangunan bangunan.

Saran untuk mahasiswa / umum

- Untuk penelitian yang berhubungan dengan termal sebaiknya pengukuran dilakukan pada saat cuaca cerah agar data yang didapat lebih maksimal.
- Untuk penelitian selanjutnya perlu dikaji kinerja termal dari penggunaan material dan pengaruh dimensi bukaan terhadap kenyamanan pada masjid tersebut.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Atmaja, dkk. (2014). Pengaruh Bukaan Jendela Terhadap Kinerja Termal Rumah Tinggal.
- Attar, dkk. (2011). Kenyamanan Termal Ruang Kuliah Dengan Pengkondisian Buatan.
- James Rilatupa. (2008). Aspek kenyamanan termal pada. Jurnal Sains dan Teknologi Emas, vol. 18, no. 3, Agustus 2008 Pengkondisian Ruang Dalam.
- Luddityawan, dkk. (2014). Taman Vertikal Sebagai Pendingin Alami Pada Rumah Sederhana Sehat Griya Saxophone Kecamatan Lowokwaru – Kota Malang.
- Humphreys, J. E. (1992). *Reflection groups and Coxeter groups* (Vol. 29). Cambridge university press.
- Kamil, m., rahim, m.r., hamzah, b. (2012). Perubahan temperatur pada kinerja ventilasi rumah susun mariso di makassar.
- Karna, E. D., Kristiawan, B., & Budiana, E. P. (2012). Studi Eksperimental Perpindahan Kalor Konveksi Fluida Nano Al₂O₃-Propylene Glycol Pada Circular Tube Di Bawah Kondisi Fluks Kalor Konstan. *Mekanika*, 11(1).
- Khedari, J., Hirunlabh, J., & Bunnag, T. (1997). Experimental study of a roof solar collector towards the natural ventilation of new houses. *Energy and Buildings*, 26(2), 159-164.
- Kusumawardani, N., Thojib, J., & Martiningrum, I. (2015). Sistem Ventilasi Alami sebagai Dasar Perancangan JFC Center di Kabupaten Jember. Jurnal Mahasiswa Jurusan Arsitektur, 3(1).

- Latif, S., Hamzah, B., & Ihsan, I. (2016). Pengaliran Udara untuk Kenyamanan Termal Ruang Kelas dengan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamics. *Sinektika*, 14(2), 209-216.
- Wailan, K. J. (2011). Perhitungan Aliran Angin pada Ventilasi Bangunan Menggunakan Simulasi Numerik. *Jurnal Ilmiah Sains*, 11(1), 69-72.
- Lippsmeier, G. (1994). Alih bahasa oleh Ir. Syahmir Nasution, *Bangunan Tropis*, Penerbit Erlangga. Jakarta
- Satwiko, P. (2004). Solar-Wind Generated Roof Ventilation System (SiVATAS) for a Warm-Humid Climate. *International Journal of Ventilation*, 3(3), 209-218.
- Toisi, n. H., & kussoy, j. W. (2012). Pengaruh luas bukaan ventilasi terhadap penghawaan alami dan kenyamanan thermal pada rumah tinggal hasil modifikasi dari rumah tradisional minahasa. *Jurnal arsitektur daseng*, 1(1), 66-73.