



KENYAMANAN THERMAL PADA MASJID NAROTAMA MENGGUNAKAN OVERALL THERMAL TRANSFER VALUE (OTTV)

Natalia Damastuti¹, Ronny Durrotun Nasihien²

¹Dosen Sistem Komputer, Universitas Narotama Surabaya

¹natalia.damastuti@narotama.ac.id

²Dosen Teknik Sipil, Universitas Narotama Surabaya

²ronny.durrotun@narotama.ac.id

Abstrak

Salah satu unsur dari kenyamanan bangunan dapat ditinjau dari aspek perpindahan thermal yang terjadi dalam bangunan tersebut. Masjid narotama merupakan salah satu masjid yang menggunakan ventilasi alami dimana kondisi ruangan tersebut dipengaruhi secara langsung kondisi di luar ruangan pagi, siang dan malam. Pengaruh thermal dari luar terhadap ruangan dalam masjid dapat diidentifikasi dengan besar energi total perpindahan thermal. Penelitian dilakukan pada bangunan masjid dengan meninjau besarnya OTTV dan simulasi yang dilakukan dengan menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Hasil perhitungan OTTV menunjukkan nilai 34,94 W/m². Hasil tersebut menunjukkan bahwa perpindahan thermal di dalam ruangan masih lebih rendah dari standar SNI sedang hasil simulasi menunjukkan bahwa temperatur berkisar antara 31-32°C, menunjukkan adanya kondisi di luar ruangan mempengaruhi secara langsung kondisi di dalam ruangan. Hal ini diakibatkan oleh bukaan masjid yang terlalu lebar

Kata kunci : kenyamanan thermal, OTTV, CFD (*Computational Fluid Dynamics*), masjid

Abstract

One element of the comfort of the building can be viewed from the aspect of heat transfer that occurs in the building. Narotama Mosque is one of the mosque that uses natural ventilation where the condition of the room is directly influenced conditions outside in the morning, a day and a night. The influence of the external thermal on the inside of the mosque can be identified by the total energy of the heat transfer. The study was conducted on the mosque building by reviewing the amount of OTTV and simulation using Computational Fluid Dynamics (CFD). The OTTV calculation results show a value of 34.94 W/m². These results indicate that the heat transfer in the room is lower than the SNI standard, while the simulation results show that temperatures ranged from 31-32 ° C, indicating the presence of outdoor conditions indirectly affect the conditions in the room. This is caused by the ventilation of the mosque that is too wide

Keyword : thermal comfort; OTTV, CFD (*Computational Fluid Dynamics*); the mosque

PENDAHULUAN

Masjid Merupakan tempat ibadah umat beragama muslim. Aspek kenyamanan merupakan salah satu faktor penting dalam kekhusyukan beribadah di dalamnya.

Selayaknya bangunan dapat memberi ruang beraktivitas yang nyaman (termasuk nyaman thermal) kepada manusia sebagai penggunaanya agar terlindung dari iklim luar yang tidak menguntungkan, sehingga



aktivitas dalam bangunan dapat berjalan dengan optimal [Gratia E, 2004, hal.1157]. Ada beberapa aspek kenyamanan di dalam ruangan, yaitu aspek pencahayaan, kebisingan kecepatan aliran udara, dan aspek thermal. Di Indonesia, meskipun kita merasa nyaman secara termal, namun tidak dapat dipungkiri bahwa ventilasi alami sulit diusahakan di iklim tropis yang lembab ini [Satwiko, 2004]. Masjid Narotama menggunakan bukaan Ventilasi alami yang sebenarnya sulit dilakukan di dalam iklim tropis. Maka dari itu akan dilakukan analisa kenyamanan penghuni di dalam ruangan dari aspek thermalnya menggunakan perhitungan OTTV dan simulasi dari CFD

KAJIAN LITERATUR

Universitas Narotama memiliki sebuah bangunan masjid yang terletak di tengah-tengah lokasi kampus dan. Bangunan tersebut memiliki 3 lantai yang didesain menggunakan tata udara alami di sekeliling bangunan. Infiltrasi udara dengan sistem ventilasi alami dapat digunakan untuk meningkatkan kenyamanan termal pada ruang-ruang dalam bangunan [Mannan, 2007, Sugini, 2004]. Penggunaan ventilasi alami, pengaruh dari luar akan berpengaruh secara langsung terhadap ruangan di dalam masjid seperti perubahan angin, paparan

sinar matahari, suhu udara, dan kelembaban. Untuk itu perlu adanya analisa terhadap perubahan-perubahan tersebut termasuk perpindahan termal terhadap bangunan dan apa pengaruhnya terhadap distribusi temperatur di dalam ruangan masjid. Kita tahu bahwa, Pada suhu 27 – 32 °C sebagian besar penghuni di dalam ruangan masih merasa nyaman dengan kondisi kecepatan liran udara 1 m/s [Baharudin, 2015].

Perpindahan thermal suatu bangunan dapat dilakukan dengan menghitung besaran Overall Thermal Transfer Value (OTTV) dan roof thermal transfer value (RTTV). Nilai Overall Thermal Transfer Value (OTTV) bangunan menjadi dasar dalam menentukan faktor kenyamanan thermal secara prinsip [Setyowati, 2013]. Selain tu panas yang ada dalam bangunan, baik yang berasal dari internal dan eksternal bangunan juga mempengaruhi kenyamanan dan produktivitas penghuni [Sahabuddin , 2014].

Overall Thermal Transfer Value (OTTV) merupakan suatu nilai yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk selubung bangunan yang dikondisikan, yaitu berupa dinding luar atau atap dimana sebagian besar energi dapat termal dapat berpindah melalui elemen tersebut. (Feri Harianto , hal C74).



Nilai OTTV untuk setiap bidang dinding luar bangunan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$OTTV = \alpha \cdot [(U_w \cdot (1 - WWR)) \cdot TD_{EK} + (SC \cdot WWR \cdot SF) + (U_f \cdot WWR \cdot \Delta T)] \quad (1)$$

dimana :

- WWR = perbandingan luas jendela dengan luas dinding
- U_{wall} = Transmittans termal dinding tidak tembus cahaya (W/m²K)
- TD_{dek} = Beda temperatur ekuivalen (K)
- SF = Faktor radiasi matahari (W/m²)
- SC = Koefisien peneduh dari sistem Fenestrasi

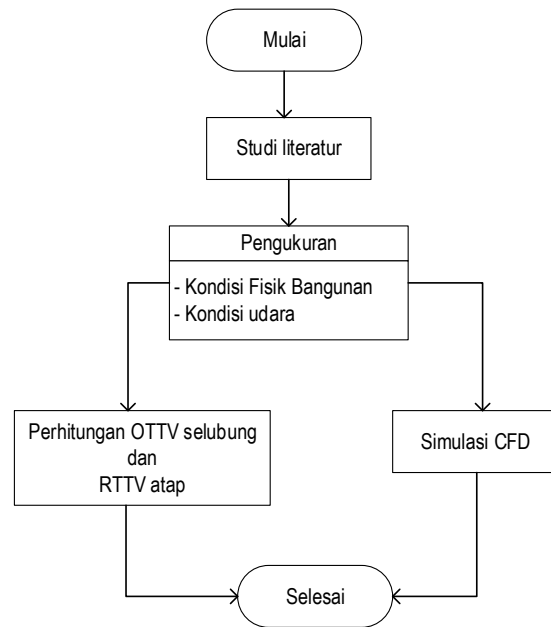
Sedangkan untuk perpindahan termal pada penutup atap bangunan (RTTV) dengan orientasi tertentu dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$RTTV = \frac{\alpha \cdot (A_r \cdot U_r \cdot TD_{EK}) + (A_s \cdot U_s \cdot \Delta T) + (A_o \cdot SC \cdot SF)}{A_o} \quad (2)$$

- A_r = luas atap yang tidak transparan (m²)
- A_s = luas skylight (m²)
- A_o = luas total atap = A_r + A_s (m²)
- U_r = transmittans termal atap tidak transparan (W/m².K)
- U_s = transmittans termal fenestrasi (skylight) (W/m².K)
- TD_{dek} = beda temperatur ekuivalen (K)
- SF = faktor radiasi matahari (W/m²)
- SC = koefisien peneduh dari sistem fenestrasi

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan secara kuantitatif dengan melakukan pengukuran fisik dari dimensi bangunan dan pengukuran kondisi udara masuk. Data dari pengukuran tersebut menjadi parameter didalam menentukan nilai Overall Thermal Transfer Value (OTTV) dan roof thermal transfer value (RTTV) sehingga besar perpindahan thermal dapat diketahui. Secara garis besar diagram alir penelitian dapat digambarkan sebagai berikut :

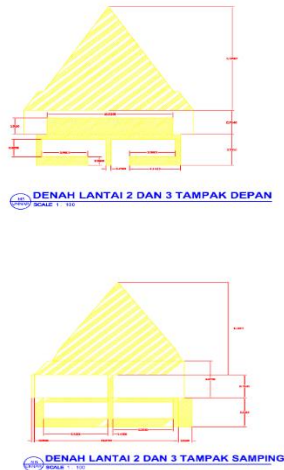


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pengukuran kondisi fisik bangunan :

- Jenis bangunan : Masjid
- Luas bangunan : 132.25 m²
- Struktur bangunan menggunakan beton, 2 lantai dengan atap genteng tanah liat dan dinding batu bata yang dicat putih

Denah bangunan Masjid Universitas Narotama ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Denah Bangunan

Pengukuran temperatur udara dan kelembaban relatif juga dilakukan sebagai dasar dari simulasi pada *Computational Fluid Dynamics* (CFD) yaitu menggunakan ANSYS. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan grid-grid disetiap lantai dimana ruangan dibagi menjadi sejumlah area lebih kecil yang sama luas. Pada ruangan tiap lantai pada masjid memiliki luasan lebih dari 100 m², sehingga untuk meningkatkan akurasi pengukuran setidaknya tiap ruang dibagi menjadi 36 kotak. Dalam pengukuran ini lantai 2 dibagi menjadi 121 kotak pengukuran dan lantai 3 dibagi menjadi 66 kotak pengukuran Luas masing-masing kotak pada **Gambar 3 (a)** sebesar 1,048 m², dengan panjang persegi 1,005 m dan lebar persegi 1,0436 m. Sedangkan luas masing-masing kotak pada **Gambar 3 (b)** sebesar 1,62 m², dengan panjang persegi 1,36 m dan lebar persegi 1,19 m.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12
23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34
45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12
23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34
45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56

(a)

Gambar 3. Grid pengukuran lantai (a) lantai 2 (b) lantai 3

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Overall Thermal Transfer Value (OTTV)

Masjid Narotama merupakan masjid yang keseluruhannya menggunakan ventilasi alami. Bangunan terdiri dari 3 lantai yang memiliki fungsi tersendiri, lantai 2 dan lantai 3 difungsikan sebagai tempat beribadah dan memiliki bukaan lebar disetiap sisi bangunan. Dengan konsep tersebut maka kecepatan angin dan temperatur udara luar sangat mempengaruhi kondisi didalam ruangan.

Pada dinding bagian barat masjid, tidak terdapat jendela, sehingga WWRnya bernilai 0. Sedangkan pada dinding bagian utara dan selatan tidak terdapat ukuran pasti antara dinding dan area bukaan yang dapat memindahkan kalor secara langsung. Maka diasumsikan bahwa luas area bukaan sebesar 65% dari luasan dinding total. Demikian pula



dinding bagian timur bangunan, tidak diketahui pasti luas area bukaan dan luas peneduh, sehingga tidak dapat diketahui dengan pasti nilai SC pada dinding tersebut, sehingga luas area bukaan pada sisi timur diasumsikan 55% dari luasan sisi timur total.

Menurut SNI 03-6389-2010, dengan bahan dinding bata merah dan cat tembok putih, diperoleh nilai transmisi termal

diketuainya ukuran sesuai peneduh yang ada di sekitar bangunan. Maka diasumsikan nilai sebagaimana pada tabel, mengikuti keterangan pada standar yang ada bahwa semakin teduh atau semakin sedikit sinar matahari yang diteruskan, maka nilai koefisien peneduhnya semakin besar. Sehingga diperoleh OTTV total dari seluruh

Tabel 1. Perhitungan OTTV

No	Bagian Masjid	Luas Dinding (m ²)	Luas Jendela (m ²)	WWR	U _{wall}	TD _{ek}	SF	SC	OTTV	OTTV Total (W/m ²)
1	Dinding Barat	120.48	0	0	0.625	10	243	1	8.343	36.4435
2	Dinding Utara	330.73	214.97	0.65	0.625	15	130	0.6	52.648	
3	Dinding Timur	330.73	181.90	0.55	0.625	15	112	0.4	27.143	
4	Dinding Selatan	330.73	214.97	0.65	0.625	15	97	0.6	39.776	

dinding sebesar 0,625 W/m²K. Beda temperatur ekuivalen untuk dinding barat sebesar 10 K dan dinding sisi lain 15 K. Perbedaan ini karena ketebalan dinding yang berbeda, dinding barat memiliki ketebalan yang lebih (berupa dinding dan pilar) dibandingkan dengan dinding di sisi yang lain. Semakin tebal dinding, maka perbedaan temperatur ekuivalen akan semakin kecil, terkait resistansi kalor dinding yang semakin besar. Untuk nilai SF, masing-masing arah memiliki nilai yang berbeda, sebagaimana telah tercantum pada SNI 03-6389-2010.

Sementara koefisien peneduh, cukup sulit ditentukan dengan pasti karena tidak

sisi bangunan sebesar 36,4435 W/m².

RTTV (Roof Thermal Transfer Value)

Nilai perpindahan termal dari penutup atap bangunan gedung dengan orientasi tertentu, harus dihitung melalui persamaan berikut:

Tabel 2. Perhitungan RTTV

Bangunan Masjid	Atap
Ar (m ²)	90.73
As (m ²)	0
Ao (m ²)	90.73
Ur	00.04
Us	0
Tdek	24
SF	316
SC	1
RTTV (W/m ²)	8.544



Berdasarkan pada SNI 03-6389-2010 untuk perpindahan panas atap bangunan, bahan atap yang terbuat dari genteng tanah liat memiliki transmisi termal sebesar 0,4 W/m²K. Karena atap masjid ini tidak memiliki *skylight* (genteng kaca transparan) maka luasan *skylight* beserta nilai transmisi fenetrasinya bernilai 0. Dengan bentuk menyerupai piramida dengan alas berupa persegi panjang berukuran 5,08m x 5,48m dan tinggi 8,59m, maka luas permukaan atap sebesar 90,73m². Sebagaimana pada perpindahan panas sisi gedung, faktor radiasi matahari atap berbahan genteng tanah liat yaitu sebesar 316 W/m². Sementara karena tidak ada cahaya matahari yang ditransmisikan secara langsung, *shading coefficient*nya bernilai maksimum yaitu 1. Sehingga perhitungan perpindahan termal atap masjid didapatkan hasil sebesar 8,554 W/m

Nilai Perpindahan Termal Total

Mengacu pada hasil perhitungan OTTV dan RTTV, dapat diketahui perpindahan termal keseluruhan selubung bangunan (sisi dan atap) dapat dihitung sebagai berikut :

Perpindahan termal total

$$= \frac{(\text{Luas sisi total} \times \text{OTTV}) + (\text{Luas atap} \times \text{RTTV})}{\text{Luas selubung total}}$$

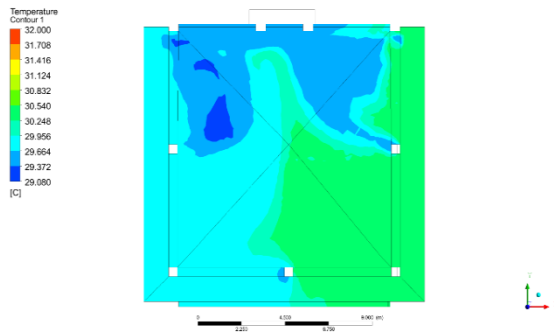
$$\begin{aligned} & \text{Perpindahan termal total} \\ &= \frac{(1112,67 \times 37,093) + (90,73 \times 8,554)}{1203,4} \end{aligned}$$

Perpindahan termal total = 34,94 W/m²

Nilai perpindahan termal total tersebut telah sesuai standar pada SNI 03-6389-2010 yaitu nilai transmisi termal maksimal sebesar 45 W/m². Hal ini dapat menjadi konfirmasi bahwa distribusi temperatur di dalam ruang sesuai dengan standar.

Distribusi Temperatur Ruangan

Hasil simulasi ditampilkan dalam beberapa kontur distribusi temperature yang terjadi pada suatu luasan *plane* horizontal di dalam bangunan. Plane horizontal tersebut dietakkan di lantai dua dan tiga pada ketinggian 140cm dari lantai. Penentuan letak ketinggian plane ini disesuaikan agar sama seperti kondisi yang dialami manusia saat berada di bangunan tersebut. Kemudian ditentukan titik outlet pada bangunan. Penentuan ini berdasarkan dari kecepatan paling rendah yang muncul pada suatu bukaan. Berdasarkan data pengukuran maka sisi barat menjadi outlet pada simulasi berikut.



Gambar 5. Distribusi temperatur Pada Lt.2 (pagi hari)

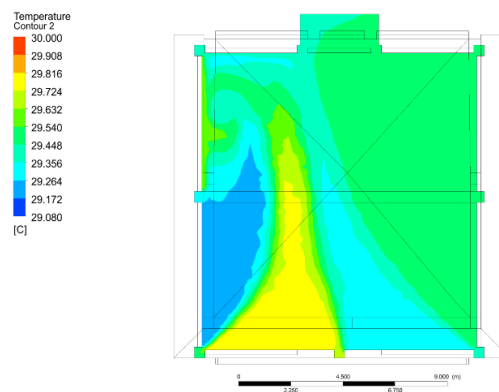
Gambar 5 menunjukkan bahwa temperatur pada lantai dua memiliki range 29.089°C sampai 30°C. Temperatur pada bagian timur cukup tinggi dikarenakan masih terpaparnya bangunan oleh sinar matahari. Sementara pada bagian selatan bangunan tertutupi oleh bangunan sebelahnya sehingga temperaturnya paling rendah. Sedangkan pada bagian utara bangunan temperature paling tinggi dikarenakan adanya tanah lapang yang terpapar sinar matahari sehingga udara yang masuk dari arah utara lebih panas.

Gambar 6. Distribusi temperatur pada Lt 3 (pagi hari)

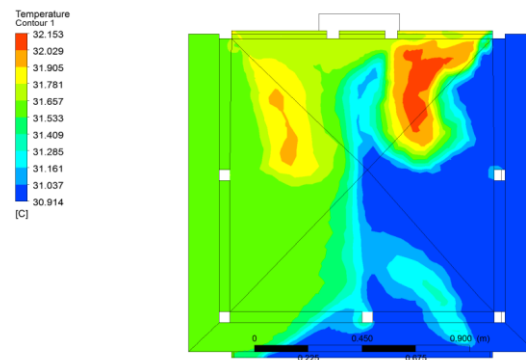
Gambar 6 menunjukkan bahwa temperatur berada pada range 29.089°C sampai 30.836°C. Temperatur paling tinggi muncul pada sisi utara dikarenakan bangunan tersebut pada lantai tiga terpapar langsung oleh cahaya matahari. Sedangkan pada bagian timur temperatur lebih rendah

Copyright © SENASIF 2017

dikarenakan adanya atap (*shading*) yang menutupi bangunan dari paparan sinar matahari. Sementara pada bagian rendah temperature paling rendah dikarenakan udara yang mengalir dari arah selatan memiliki temperatur lebih rendah dan Karena adanya bangunan lain yang menghalangi paparan sinar matahari.

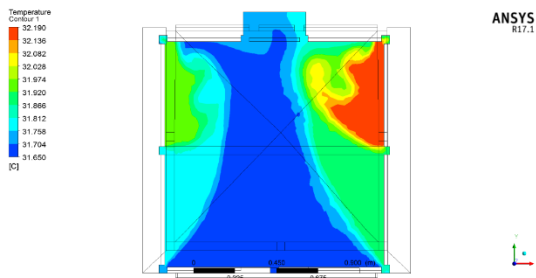


Gambar 7. Distribusi temperatur pada Lt.2 (siang hari)



Gambar 7 menunjukkan temperature pada lantai dua memiliki range 30°C sampai 32°C. Temperatur pada bagian timur paling rendah dikarenakan adanya atap yang

berfungsi sebagai shading bangunan dari paparan sinar matahari. Sementara pada bagian selatan bangunan tertutupi oleh bangunan sebelahnya sehingga temperaturnya paling rendah. Sedangkan pada bagian utara bangunan temperature paling tinggi dikarenakan adanya tanah lapang yang terpapar sinar matahari sehingga udara yang masuk dari arah utara lebih panas.



Gambar 8. Distribusi temperatur pada lt.3 (siang hari)

Gambar 8 menunjukkan bahwa temperature berada pada range 30°C sampai 32°C. Temperatur paling tinggi muncul pada sisi selatan dikarenakan bangunan tersebut pada lantai tiga terpapar langsung oleh cahaya matahari. Sedangkan pada bagian timur temperatur lebih rendah dikarenakan adanya atap (*shading*) yang menutupi bangunan dari paparan sinar matahari. Sementara pada bagian utara temperature paling rendah dikarenakan udara yang mengalir dari arah selatan memiliki temperatur lebih rendah.

Copyright © SENASIF 2017

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisa dan perhitungan, dapat disimpulkan bahwa perpindahan termal dari bangunan masjid adalah 34,94 W/m². Nilai dari OTTV adalah sebesar 36.443 W/m². Nilai dari RTTV adalah sebesar 8,544 W/m².

Dari hasil simulasi menggunakan CFD didapatkan bahwa distribusi temperatur pada ruangan berada pada kisaran 31-32 °C. Dengan temperatur tersebut dapat dikatakan bahwa ruangan tersebut kurang nyaman karena besar temperatur sudah diatas standar kenyamanan.

REFERENSI

- Baharuddin, Ishak, Muhammad T., Asniawaty. (2015). *Pengaruh Kecepatan Aliran Udara Terhadap Tingkat Kenyamanan Termal di Ruang Kuliah*. Prosiding Seminar Ilmiah Nasional. Volume 1.
- Gratia, E., Bruyère, A., & De Herde, A. (2004). *How to use natural ventilation to cool narrow office buildings*. *Building and Environment*, 39 (10): 1157-1170.
- Mannan, (2007). *Faktor kenyamanan dalam perancangan bangunan (kenyamanan suhu-termal pada bangunan)*. *Jurnal Ichsans Gorontalo*, 2 (1): 466-473.
- Sahabuddin, Baharuddin, H., Ihsan. (2014). *Pengaliran Udara untuk Kenyamanan Termal Ruang Kelas dengan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamics*. *Sinektika* Vol. 14 No. 2.
- Satwiko, Prasasto (2004), *Fisika Bangunan* 2. Edisi Pertama. Yogyakarta : Andi.



- Setyowati, Erni., Trilistyo, hendro (2013).
.Modul Vol.13 No. 1 Januari-Juni 2013.
ISSN : 0853-2877
- SNI. (2011). *SNI 6389-2011 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Sugini. (2004). *Pemaknaan Istilah-Istilah Kualitas Kenyamanan Thermal Ruang Dalam Kaitan Dengan Variabel Iklim Ruang*. LOGIKA: 03-17.
- Feri Harianto¹ dan Anastasia Fairanie Gozali²,
KONSERVASI ENERGI
SELUBUNG BANGUNAN PADA
GEDUNG GRAHA GALAXY
SURABAYA (hal c-74)