

# Kinerja Sistem Ventilasi Alami pada Masjid Besar Ainul Yaqin Sunan Giri Gresik

Nur Wakhida Fitria<sup>1</sup> dan Jusuf Thojib<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Sarjana Arsitektur, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Alamat Email penulis: nurwakhidafitria@gmail.com; jusufthojib@gmail.com

## ABSTRAK

Sebagai masjid bersejarah Gresik dan sering dikunjungi para wisatawan, Masjid Besar Ainul Yaqin Sunan Giri Gresik diharap mampu memberikan kenyamanan termal terhadap penggunaannya. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengoptimalkan kinerja ventilasi alami pada Masjid Besar Ainul Yaqin Sunan Giri Gresik dengan tanpa merubah bentuk asli bangunan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif eksperimental. Metode eksperimen menggunakan program *Autodesk Flow Design* untuk melakukan rekayasa bukaan. Hasil analisis kondisi eksisting Masjid Besar Ainul Yaqin Sunan Giri Gresik menunjukkan masjid memiliki kinerja sistem ventilasi yang tergolong cukup baik. Namun, kenyamanan termal pada ruang masjid belum tercapai menurut standar ASHRAE khususnya pada waktu sholat dhuhur. Hasil dari rekayasa bukaan untuk mengoptimalkan kinerja sistem ventilasi berupa penerapan sistem *stack effect*, penambahan luas *inlet*, dan merubah jenis bukaan mampu mempengaruhi kecepatan udara, pemerataan udara, dan titik tubulensi.

Kata kunci : kinerja ventilasi, sistem ventilasi, bukaan, rekayasa bukaan.

## ABSTRACT

*As historical mosque in Gresik and often visited by tourists, Ainul Yaqin Grand Mosque Sunan Giri Gresik expected to be able to provide thermal comfort to its users. The purpose of the study was to optimize the performance of natural ventilation at the Ainul Yaqin Grand Mosque Sunan Giri Gresik without changing the original shape of the building. The method used in this research is descriptive experimental method. The experimental method uses the Autodesk Flow Design program to do openings engineering/changes. The results of the analysis of the existing conditions of the Ainul Yaqin Grand Mosque Sunan Giri Gresik show that the mosque has a fairly good ventilation system performance. However, thermal comfort in the mosque space has not been achieved according to ASHRAE standards, especially at the dhuhur prayer times. The results of openings engineering to optimize the performance of the ventilation system in the form of the application of the stack effect system, the addition of inlet area, and changing the type of openings can affect air velocity, air evenness and tubulence points.*

*Keyword : ventilation performance, ventilation system, openings, openings engineering/changes.*

## 1. Pendahuluan

Masjid Besar Ainul Yaqin Sunan Giri Gresik merupakan salah satu masjid tertua di kabupaten Gresik. Sebagai masjid bersejarah Gresik dan sering dikunjungi para wisatawan, diharap mampu memberikan kenyamanan termal terhadap penggunanya. Ventilasi alami adalah salah satu cara pengendali termal. Perkembangan penduduk mengakibatkan kebutuhan kapasitas masjid perlu ditambah. Sehingga adanya perkembangan pembangunan masjid. Pembangunan masjid tersebut berdampak pada kinerja ventilasi dalam masjid. Adanya bangunan fasilitas pendukung yang memiliki dua lantai dengan ketinggian bangunan 7 meter, menghalangi angin yang masuk ke dalam masjid. Adapun pada ruang sholat wanita, bukaan tidak mengarah pada arah angin datang. Bukaan pada ruang sholat pria yang mengarah pada ruang lain. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui kondisi ventilasi alami (kecepatan, suhu, dan kelembaban) ruang sholat eksisting berdasarkan SNI 03-6572-2001 mengenai Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara Pada Bangunan Gedung, mengetahui kinerja ventilasi alami dalam ruang sholat, dan mengoptimalkan kinerja ventilasi alami pada ruang sholat tanpa merubah bentuk bangunan masjid. Menurut Satwiko (2008) ventilasi dalam konteks bangunan adalah pergantian udara kotor di dalam ruang dengan udara bersih. Sementara ventilasi alami adalah proses pergantian udara ruangan oleh udara segar dari luar ruangan tanpa melibatkan peralatan mekanis. Sistem ventilasi alami terdapat dua macam, yaitu sistem *cross ventilation* dan *stack effect*. Dalam Kusumawardani (2015) kriteria kinerja sistem ventilasi alami ditentukan oleh bukaan, pemerataan, dan turbulensi.

## 2. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif eksperimental. Berdasarkan tujuan penelitian variabel terikat pada penelitian ini adalah persebaran angin dalam ruang, kecepatan angin dalam ruang, variasi turbulensi. Sementara aspek bukaan sebagai variabel kontrol yang mempengaruhi hasil penelitian. Aspek bukaan tersebut adalah jenis bukaan, dimensi bukaan, dan posisi bukaan. Tahap awal penelitian adalah melakukan pengukuran kecepatan angin, suhu, dan kelembaban ruang. pengukuran tersebut dilakukan pada ruang sholat pria, wanita, dan rombongan. Waktu pelaksanaan pengukuran adalah pada saat sholat wajib 5 waktu setelah pelaksanaan sholat berjamaah. Instrumen penelitian yang digunakan pada tahap ini adalah *hot wire anemometer* untuk pengukuran kecepatan angin dan *thermohygrometer* untuk pengukuran suhu dan kelembaban. Tahap selanjutnya adalah pengolahan data dan analisis. Data dianalisis dengan analisis deskriptif dengan cara mengolah data primer yang sudah didapat dengan mempertimbangkan standar dan teori yang ada. Tahap terakhir adalah melakukan rekayasa bukaan sehingga ditemukan bukaan yang optimal dalam pengkondisian udara secara alami dalam ruang dengan menggunakan software *Autodesk Flow Design*.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Tinjauan Objek

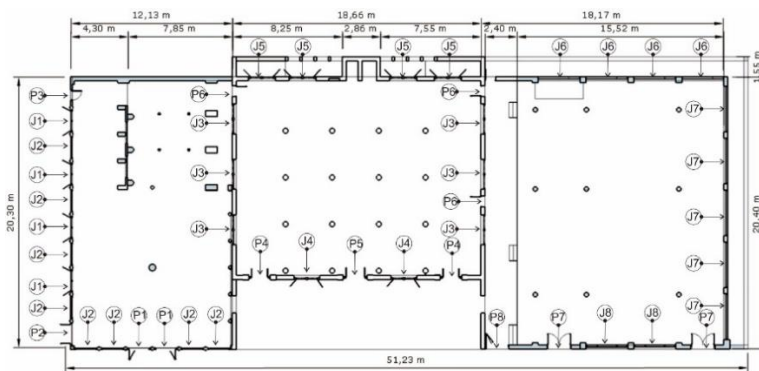
Masjid Besar Ainul Yaqin Sunan Giri Gresik berlokasi di jalan sunan giri, kebomas, Gresik. Terletak di dalam kompleks makam sunan giri. Masjid ainul yaqin sunan giri Gresik

terdiri dari bangunan masjid dan bangunan penunjang dengan fungsi ruang tpq, ruang beristirahat, ruang staf dan pengelola, dan pendopo. Masjid besar ainul yaqin berbatasan langsung dengan perkampungan padat warga dan pertokoan kompleks sunan giri. Bangunan masjid menghadap ke arah timur dengan orientasi ke arah barat sebagai kiblat umat islam dalam beribadah.



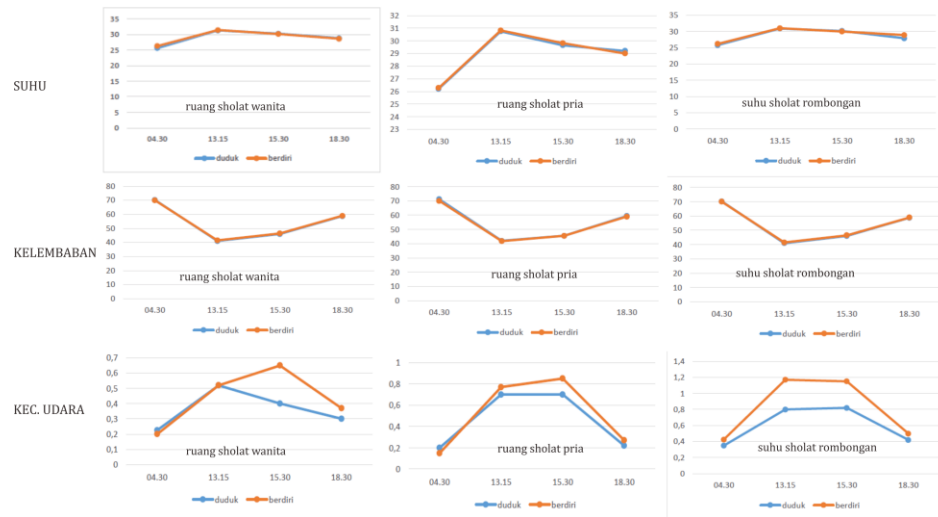
Gambar 1. Batas Bangunan dan Foto Eksterior Masjid Besar Ainul Yaqin Sunan Giri Gresik

Bangunan masjid dibagi menjadi tiga zona, yaitu ruang sholat wanita, pria dan jamaah rombongan. Zona ruang dalam bangunan disusun secara linear. Ruang sholat wania berada pada sisi selatan, ruang sholat pria pada sisi tengah, dan ruang sholat untuk jamaah rombongan pada sisi utara. Pada setiap sisi dinding bangunan terdapat bukaan berupa jendela, lubang ventilasi, dan pintu yang bermanfaat untuk penghawaan ataupun penerangan alami. Penerangan alami juga didapat dari jendela mati atas antara atap tumpang. Bukaan pada ruang sholat wanita berjumlah 16 bukaan. 9 bukaan pada dinding sisi selatan, 4 bukaan pada dinding sisi timur, 3 bukaan pada sisi utara. Pada ruang sholat pria terdapat 12 bukaan. 4 bukaan pada dinding sisi barat, 2 bukaan pada sisi selatan dan 3 bukaan pada sisi utara dan timur. Sementara pada ruang sholat rombongan terdapat 14 bukaan. 4 bukaan pada sisi barat, 5 bukaan sisi utara, 2 bukaan pada sisi timur, dan 3 bukaan pada sisi selatan. Bukan didominasi dengan jenis bukaan *casement*.



Gambar 2. Titik Bukaan Masjid Besar Ainul Yaqin Sunan Giri Gresik

### 3.2 Hasil Pengukuran



Gambar 3. Hasil Pengukuran Suhu, Kelembaban, dan Kecepatan Angin Kondisi Eksisting

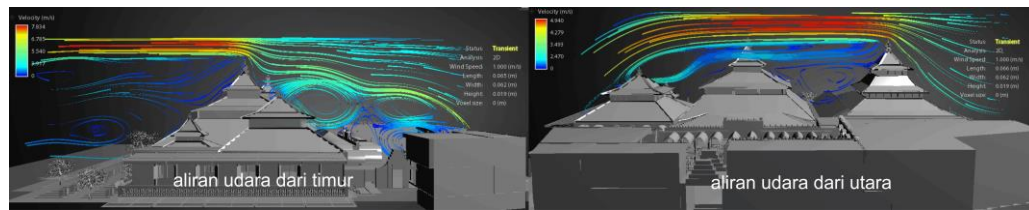
Pengukuran kondisi iklim ruang eksisting dilakukan dalam kondisi berdiri dan duduk dengan kondisi cuaca cerah. Berdasarkan hasil pengukuran, ruang yang memiliki suhu ruang yang merata pada setiap titik ukur ruang adalah ruang sholat pria. Ruang sholat pria memiliki suhu udara terdingin dari ruang lain ketika siang hari dan suhu terhangat dari ruang lain ketika malam hari. Berbeda dengan ruang sholat wanita dan rombongan, ruang ini memiliki suhu ruang yang panas pada siang hari dan terdingin pada malam hari. Apabila dibandingkan temperatur udara di luar ruang, suhu udara dalam ruang tidak memberikan perbedaan yang signifikan. Kondisi suhu pada setiap ruang melebihi batas kenyamanan yang ditetapkan SNI 03-6572-2001, kecuali pada waktu subuh. Standar yang ditetapkan SNI adalah 25°C-27°C. Sementara suhu dalam ruang mencapai 28°C-30°C.

Setiap ruang sholat memiliki tingkat kelembaban tinggi saat subuh dan kelembaban rendah pada siang hari. Kondisi kelembaban ruang yang sesuai dengan standar SNI 03-6572-2001 adalah saat subuh dan maghrib. Standar kelembaban yang ditetapkan adalah 50%-70%. Sementara kelembaban ruang saat duhur dan ashar 38%-46%.

Kecepatan angin yang diterima dalam keadaan berdiri lebih besar dari pada dalam keadaan duduk. Hal ini dikarenakan lokasi bukaan yang berada pada ketinggian 1 meter dari lantai. Ruang yang menerima kecepatan angin tertinggi adalah ruang sholat rombongan. Sementara ruang sholat wanita menerima kecepatan angin yang terendah.

### 3.3 Analisa Aliran Udara Luar Ruang

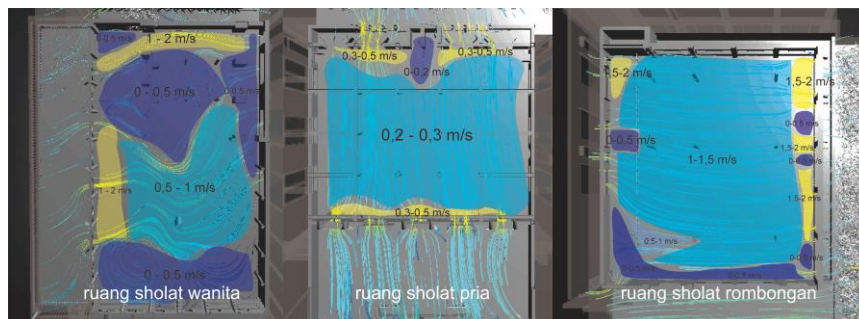
Pada waktu pengukuran, angin berhembus dari arah utara, batas utara dari bangunan masjid berupa pepohonan dan semak-semak yang berada dikontur lebih rendah dari bangunan. sehingga, angin yang masuk ke dalam bangunan dari arah utara lebih maksimal dari arah lainnya. Angin yang berasal dari arah timur, tidak dapat masuk ke dalam bangunan secara maksimal, hal ini dikarenakan bangunan lain dalam kompleks masjid yang memiliki ketinggian lebih dari bangunan masjid.



Gambar 4. Pergerakan Aliran Udara dari Timur dan Utara

### 3.4 Persebaran Angin Dalam Ruang

Aliran udara pada zona wanita cenderung turbulen. Hal ini menandakan sistem *cross ventilation* bekerja kurang baik. Terdapat 5 titik turbulen dalam ruang diakibatkan dari jumlah outlet yang kurang dari inlet dan adanya dinding dalam ruang. Bila dilihat dari kemeretaannya, aliran udara yang sesuai kebutuhan hanya sekitar 40%. Pada zona pria dan rombongan sistem *cross ventilation* bekerja dengan baik. Hal ini ditandai dengan aliran udara dalam ruang yang laminar. Bila dilihat dari kemeretaannya, aliran udara yang sesuai kebutuhan mencapai 95%.

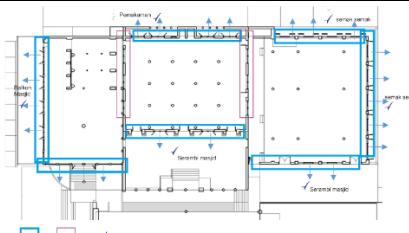
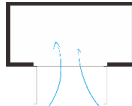
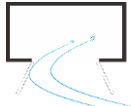

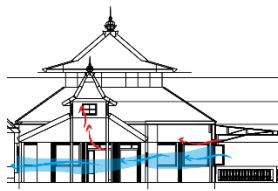
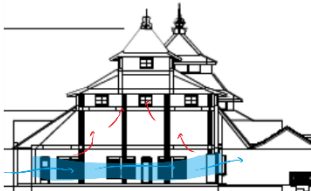
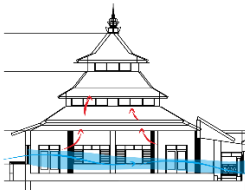
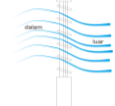


Gambar 5. Persebaran Udara Kondisi Eksisting

### 3.5 Analisis Bukaannya

Bukaan pada Masjid Besar Ainul Yaqin Sunan Giri Gresik didominasi oleh jenis bukaan *casement*. Jenis bukaan *casement* mampu menerima udara hingga 90% dari udara luar. Bukaan memiliki ukuran yang berbeda-beda pada setiap ruang sholat. Lokasi bukaan pada ruang sholat wanita dan rombongan berada pada ketinggian 1 meter menyebabkan udara tidak dapat menjangkau pada kondisi aktifitas duduk. Sementara pada ruang sholat pria bukaan berada pada ketinggian 0,4 meter sehingga udara dapat menjangkau aktifitas duduk. Luas bukaan pada setiap ruang sudah sesuai dengan luas bukaan yang disyaratkan di SNI yaitu luas bukaan yang melebihi 5 % dari luas lantai.

**Tabel 1. Analisis Bukaan Eksisting**

Analisis	Ruang Sholat Wanita	Ruang Sholat Pria	Ruang Sholat Rombongan
Orientasi bukaan			
Jenis bukaan	 Jendela <i>casement</i> Kec. udara yang masuk: 0,4 – 1 m/s	 Jendela <i>casement</i> Kec. udara yang masuk: 0,1 – 2,3 m/s	 Jendela <i>casement</i> Kec. udara yang masuk: 0,4 – 3,4 m/s
Lokasi bukaan	 Ketinggian inlet = 1 m Ketinggian outlet = 0,4 m	 Ketinggian inlet = 0,4 m Ketinggian outlet = 0,8 m	 Ketinggian inlet = 1 m Ketinggian outlet = -0,2 m
Dimensi bukaan	Inlet = 10,22 m <sup>2</sup> Outlet = 8,22 m <sup>2</sup> Inlet > Outlet Sesuai SNI	Inlet = 12,96 m <sup>2</sup> Outlet = 16,44 m <sup>2</sup> Inlet < Outlet Sesuai SNI	 Jendela <i>jalousi</i> Kec. udara yang masuk: 0,2 – 0,5 m/s Inlet = 14,24 m <sup>2</sup> Outlet = 8,22 m <sup>2</sup> Inlet > Outlet Sesuai SNI

### 3.6 Pengaruh Kecepatan Udara Dalam Menciptakan Kenyamanan Termal

Perhitungan tingkat kenyamanan termal menggunakan *CBE thermal comfort tools*. Ruang yang belum memenuhi standar kenyamanan termal adalah setiap ruang saat waktu duhur, ruang sholat wanita dan rombongan saat ashar, dan wanita dan pria saat waktu maghrib. Hal ini menandakan bahwa ruang sholat dalam Masjid Besar Ainul Yaqin Sunan Giri Gresik masih belum mencapai kenyamanan termal, terutama saat waktu sholat duhur. Temperatur yang tinggi dengan kelembaban yang kering sehingga ruangan membutuhkan kecepatan udara yang lebih besar dan merata.

**Tabel 2. Kenyamanan termal ruang sholat**

Pukul	Zona	T(°C)	RH(%)	V(m/s)	Hasil	Ket.
04.30	Wanita	26,15	70,12	0,21	Sesuai standar	Netral
	Pria	25,95	70,62	0,175	Sesuai standar	Netral
	Rombongan	26	69	0,38	Sesuai standar	Netral
13.15	Wanita	31,36	41,25	0,52	Tidak sesuai standar	Sedikit hangat
	Pria	30,78	41,87	0,73	Tidak sesuai standar	Sedikit hangat
	Rombongan	30,96	38,12	0,98	Tidak sesuai standar	Sedikit hangat
15.30	Wanita	30,1	46,25	0,52	Tidak sesuai standar	Sedikit hangat
	Pria	29,73	45,5	0,77	Sesuai standar	Netral
	Rombongan	30	43,75	0,98	Tidak sesuai standar	Netral
18.15	Wanita	28,7	55	0,33	Tidak sesuai standar	Sedikit hangat
	Pria	29,1	58,87	0,25	Tidak sesuai standar	Sedikit hangat
	Rombongan	28,17	59,12	0,46	Sesuai standar	Netral

### 3.7 Performa ACH sehubungan dengan persyaratan pergantian udara ruang dalam

Dalam satwiko , menjelaskan untuk mencari ACH perlu diketahui tingkat penghawaan alami (Q) yang dapat ditemukan dapat dilakukan dengan rumus

$$Q = 0,3 \times A \times v$$

Dimana, A = luas bukaan (m<sup>2</sup>)

v = kecepatan angin (m/s)

**Tabel 3. Perhitungan ACH**

Pukul	Zona	Inlet	Outlet	Pengali Cv	Kecepatan Angin	Q (M3/S)	Pukul	Zona	Q (M3/S)	Volume ruang (m <sup>3</sup> )	ACH
04.30	wanita	10,2	8,22	1	0,21	0,51	04.30	wanita	0,51	965,5	1,9
	pria	12,96	16,44	1	0,175	0,66		pria	0,66	1206,9	1,96
	rombongan	14,24	8,22	0,63	0,38	0,59		rombongan	0,59	1432,11	1,48
13.15	wanita	10,2	8,22	1	0,52	1,28	13.15	wanita	1,28	965,5	4,77
	pria	12,96	16,44	1	0,73	2,83		pria	2,83	1206,9	8,44
	rombongan	14,24	8,22	0,63	0,98	1,5		rombongan	1,5	1432,11	3,77
15.30	wanita	10,2	8,22	1	0,52	1,28	15.30	wanita	1,28	965,5	4,77
	pria	12,96	16,44	1	0,77	3		pria	3	1206,9	8,94
	rombongan	14,24	8,22	0,63	0,98	1,5		rombongan	1,5	1432,11	3,77
18.15	wanita	10,2	8,22	1	0,33	0,8	18.15	wanita	0,8	965,5	2,98
	pria	12,96	16,44	1	0,25	0,97		pria	0,97	1206,9	2,89
	rombongan	14,24	8,22	0,63	0,46	0,71		rombongan	0,71	1432,11	1,7

Standar kenyamanan ACH EnREI 1991 dalam mediastika (2002) adalah 1- 5. Sehingga setiap ruang memenuhi kenyamanan ACH saat subuh dan malam hari. Namun, pada siang dan sore hari ruang sholat pria memiliki ACH melebihi standar nyaman yang ditentukan.

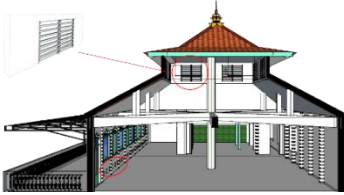
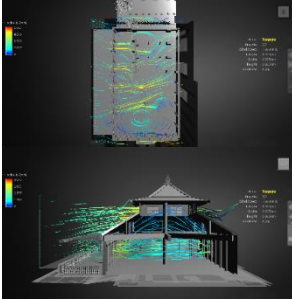
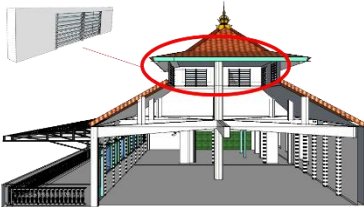
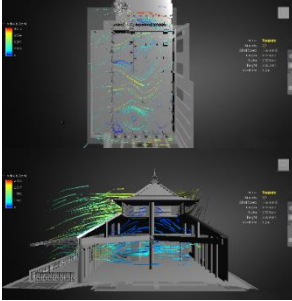
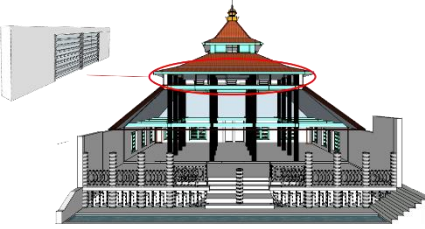
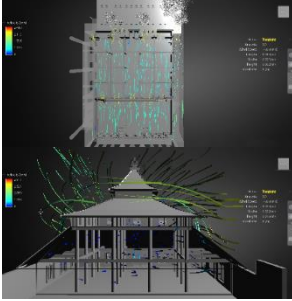
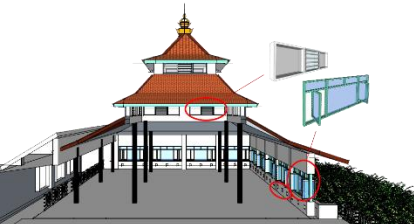
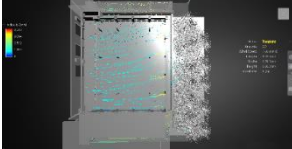
### 3.8 Simulasi Rekomendasi

Permasalahan sistem ventilasi Masjid Besar Ainul Yaqin Sunan Giri Gresi adalah

1. Jenis jendela *casement* pada zona ruang sholat rombongan yang dapat menerima udara sebesar 90% dinilai kurang tepat karena kecepatan angin yang diterima tertalu kencang.
2. Pada ruang sholat wanita dan rombongan lokasi bukaan berada pada zona aktifitas berdiri.
3. Setiap zona tidak memiliki sistem ventilasi stack effect untuk membuang udara panas dalam ruang.

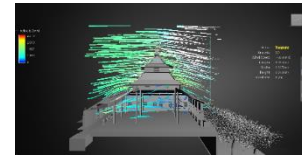
Dari permasalahan tersebut, kombinasi rekomendasi yang didapatkan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4. Hasil Simulasi Rekomendasi**

Kombinasi	Gambar kombinasi	Hasil simulasi
R. sholat wanita 1	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Penambahan jendela Jalousi untuk penerapan sistem <i>stack effect ventilation</i>.</li> <li>- Penamahan lubang ventilasi dibawah jendela</li> </ul>	 <p>Kecepatan udara = 1,1 m/s Kemerataan = 75% Turbulensi = 4 titik</p>
R. sholat wanita 2	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Penambahan jendela Jalousi untuk penerapan sistem <i>stack effect ventilation</i>.</li> </ul>	 <p>Kecepatan udara = 0,8 m/s Kemerataan = 53% Turbulensi = 3 titik</p>
R. sholat pria	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Penambahan jendela Jalousi untuk penerapan sistem <i>stack effect ventilation</i>.</li> </ul>	 <p>Kecepatan udara = 0,3 m/s Kemerataan = 98% Turbulensi = tidak ada</p>
R. sholat rombongan 1		

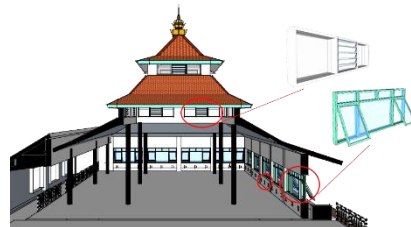


- Penambahan jendela Jalousi untuk penerapan sistem *stack effect ventilation*.
- Penamahan lubang ventilasi dibawah jendela
- Jendela *casement* diganti menjadi jendela *vertical pivot*

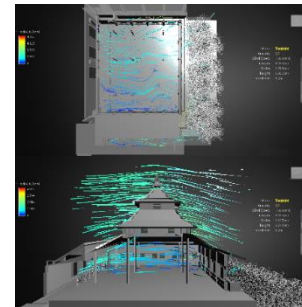


Kecepatan udara = 0,45 m/s  
Kemerataan = 95%  
Turbulensi = tidak ada

R. sholat  
rombongan 2

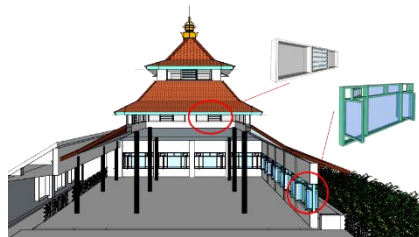


- Penambahan jendela Jalousi untuk penerapan sistem *stack effect ventilation*.
- Penamahan lubang ventilasi dibawah jendela
- Jendela *casement* diganti menjadi jendela *awning*

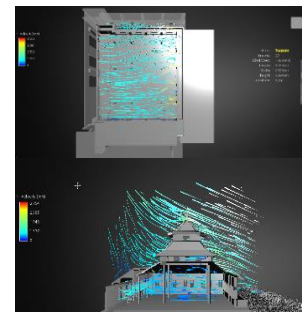


Kecepatan udara = 0,85 m/s  
Kemerataan = 85%  
Turbulensi = tidak ada

R. sholat  
rombongan 3

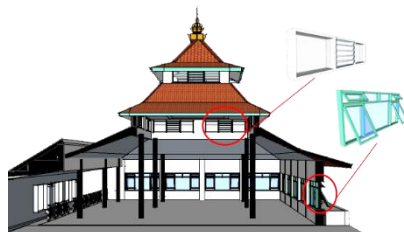


- Penambahan jendela Jalousi untuk penerapan sistem *stack effect ventilation*.
  - Penamahan transom
- Jendela *casement* diganti menjadi jendela *vertical pivot*

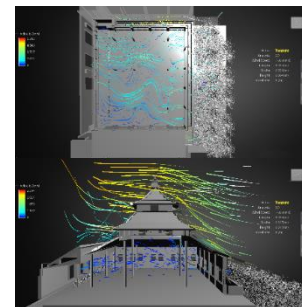


Kecepatan udara = 0,55 m/s  
Kemerataan = 97%  
Turbulensi = tidak ada

R. sholat  
rombongan 4



- Penambahan jendela Jalousi untuk penerapan sistem *stack effect ventilation*.
  - Penamahan transom
- Jendela *casement* diganti menjadi jendela *awning*



Kecepatan udara = 0,85 m/s  
Kemerataan = 45%  
Turbulensi = tidak ada

Berdasarkan permasalahan pada setiap ruang, kombinasi yang tepat diterapkan pada masjid ainul yaqin sunan giri gresik adalah ruang wanita yaitu kombinasi tipe 1, ruang pria yaitu alternatif pemberian *stack effect*, ruang rombongan yaitu kombinasi tipe 3.

Rekomendasi desain memberikan efisiensi kecepatan angin kurang dari 50%. Hal ini berarti rekomendasi yang diberikan kurang memberikan dampak yang optimal. Dampak yang kurang optimal tersebut dikarenakan adanya batasan dalam pemberian rekomendasi yaitu bangunan sebagai bangunan cagar budaya, sehingga rekomendasi tidak merubah bentuk dari bangunan asli.

#### **4. Kesimpulan**

Melalui penelitian kinerja sistem ventilasi pada Masjid Besar Ainul Yaqin Sunan Giri Gresik dapat disimpulkan:

1. Bangunan masjid memiliki kinerja ventilasi yang baik, namun belum dapat memenuhi standar kenyamanan termal.
2. Pada hasil rekayasa bukaan pada setiap ruang sholat, penerapan sistem *stack effect* mampu meningkatkan pemerataan udara.
3. Optimalisasi kinerja ventilasi ruang sholat wanita dengan menambah luas inlet
4. Optimalisasi kinerja ventilasi ruang rombongan dengan mengganti jenis bukaan dan menambah luas inlet.
5. Rekayasa bukaan dapat dilakukan apabila kondisi ventilasi sudah tidak mencapai kenyamanan sesuai dengan PERDA Kab. Gresik no 27 tahun 2011 mengenai pelestarian bangunan dan/atau lingkungan cagar budaya.

#### **Daftar Pustaka**

- Mediastika, Christina E.. 2002. *Desain Jendela Bangunan Domestik Untuk Mencapai "Cooling Ventilation"*. Dimensi Teknik Arsitektur.
- Satwiko, Prasasto. 2008. *Fisika Bangunan*. Yogyakarta: Andi.
- Badan Standarisasi Nasional. 2001. SNI 03-6572-2001. *Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Kusumawardani, Nastiti., Jusuf Thojib., Indyah Martiningrum. 2015. Sistem Ventilasi Alami sebagai Dasar Perancangan JFC Center di Kabupaten Jember. Jurnal mahasiswa jurusan arsitektur UB. <http://arsitektur.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jma/article/view/75> (diakses 01 Oktober 2018)