

# Evaluasi Kenyamanan Termal pada Ruang Kelas Pondok Pesantren Daar el-Huda di Kabupaten Tangerang

Azka Noor<sup>1</sup> dan Heru Sufianto<sup>2</sup>

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

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

Alamat Email penulis: noorazkaa@gmail.com, hsufianto@gmail.com

## ABSTRAK

Sekolah adalah tempat untuk menuntut ilmu secara formal dimana terdapat guru dan murid yang menggunakan ruang kelas pada sekolah. Pentingnya kondisi udara nyaman adalah kebutuhan setiap siswa dan guru di kelas agar konsentrasi belajar terjaga. Dengan memanfaatkan penghawaan alami diharapkan dapat memenuhi kebutuhan kenyamanan termal pada ruang kelas. Tujuan penelitian ini, untuk mengevaluasi kenyamanan termal ruang kelas berdasarkan bukaan yang terdapat pada ruang kelas kemudian didapatkan bagaimana kondisi termal ruang kelas dan cara meningkatkan kenyamanan termal pada ruang kelas. Metode yang digunakan adalah kuantitatif dengan melakukan pengukuran temperatur udara, kelembaban udara, kecepatan angin, ukuran bukaan jendela, insulasi pakaian, dan aktivitas siswa. Didapatkan rekomendasi untuk aspek bukaan jendela. Hasil dari kuesioner menunjukkan, responden masih merasa nyaman pada temperatur udara yang dapat dikatakan cukup tinggi. Akan tetapi, responden juga menginginkan temperatur udara didalam ruang kelas agar lebih sedikit dingin. Rekomendasi bukaan jendela yang dihasilkan adalah menggunakan jendela putar horizontal untuk ruang kelas yang berada di lantai 1 dan lantai 2. Untuk lantai 2 juga menggunakan penambahan ukuran jendela aktif dan menggunakan *shading*.

Kata kunci: kenyamanan termal, ruang kelas, bukaan jendela

## ABSTRACT

*School is a place for study formally. There are teachers and students who used the classroom at school. The importance of comfortable classroom air condition is a needs of all student and teacher. In order to concentration while studying. By utilized natural air conditioning are expected to fulfill needs of thermal comfort in the class. The purpose of this research is for evaluate the classroom thermal comfort based on the openings (window) in the classroom that perceived by user (student and teacher) which is obtained how the classroom thermal condition and then how to improve the thermal comfort in classroom. We used quantitative methods with measure the air temperature, air humidity, wind speed, size of the window openings, clothing insulation and student activity. Thus obtained recommendation for window openings. The questionnaire result indicate that respondents still feel comfortable at temperatures high enough. However, respondents also wanted air temperature in the classroom is slightly cool. The result of the recommendation window openings is use horizontal pivoted window for classroom at first floor and second floor. For the second floor, openings also increasing size of active window and shading using.*

*Keywords: thermal comfort, classroom, window openings*

## 1. Pendahuluan

Kenyamanan termal dibutuhkan oleh pengguna ruangan, apalagi pengguna ruangan tersebut membutuhkan konsentrasi untuk pelaksanaan belajar mengajar. Sehingga, jika kenyamanan termal pada suatu ruangan kurang baik, maka dapat berpengaruh pada pola aktivitas pengguna dan menyebabkan ketidaknyamanan pengguna dalam melakukan aktivitas dan juga mengganggu konsentrasi belajar. Pada SNI 03-6572-2001 dijelaskan faktor-faktor yang memengaruhi kenyamanan termal yaitu temperatur udara, kelembaban udara relatif, kecepatan angin, aktivitas pengguna dan pakaian yang dikenakan pengguna.

Adapun objek yang dikaji merupakan ruang kelas pada Gedung Arwana Pondok Pesantren Daar el-Huda yang terletak pada Kabupaten Tangerang, Banten. Ruang kelas ini digunakan oleh  $\pm 30$  siswa perkelas yang merupakan siswa SMA kelas 1. Penghawaan pada ruang kelas Gedung Arwana menggunakan penghawaan alami, sehingga dibutuhkan bukaan yang baik agar dapat mengalirkan udara dengan baik pula. Ruang kelas digunakan untuk belajar mengajar selama  $\pm 8$  jam sehari. Pengaruh jendela pada kenyamanan ruang kelas adalah sebagai jalur perputaran udara pada ruang kelas yang menyebabkan tingkat kenyamanan siswa pengguna ruang kelas sehingga konsentrasi belajar stabil. Adapun kondisi bukaan pada ruang kelas belum dimanfaatkan secara maksimal dengan jendela yang berada pada ruang kelas sebagian tidak dapat dibuka.

Kabupaten Tangerang memiliki kisaran temperatur udara rata-rata 21,5-34,1°C dan temperatur udara tertinggi terjadi pada bulan Oktober dan Desember. Temperatur udara terendah terjadi pada bulan Agustus. Kelembaban udara pada Kabupaten Tangerang 79,9% dan rata-rata kecepatan angin dalam setahun adalah 3,5 km/jam. Kenyamanan temperatur udara juga memiliki batasan yang dijelaskan oleh Lippsmeier (1997) yaitu batas kenyamanan untuk wilayah khatulistiwa antara 19°C TE- 26°C TE.

Tujuan diadakannya penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi termal pada ruang kelas Gedung Arwana Pondok Pesantren Daar el-Huda yang kemudian dilakukan evaluasi dan mengajukan rekomendasi yang difokuskan pada bukaan jendela.

## 2. Metode

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah kuantitatif dengan melakukan pengukuran lapangan pada temperatur udara, kelembaban udara, kecepatan angin, ukuran bukaan, dan juga dilakukan penyebaran kuesioner pada siang hari. Adapun skala yang digunakan pada kuesioner menggunakan skala kenyamanan termal *ASHRAE* sebagai berikut.

**Tabel 1. Skala kenyamanan termal *ASHRAE***

<i>Thermal Sensation</i>		<i>Comfort</i>	<i>Preference</i>
<i>Hot</i>	+3		
<i>Warm</i>	+2	<i>Very comfortable</i>	
<i>Slightly warm</i>	+1	<i>Moderately comfortable</i>	<i>warmer</i>
<i>Neutral</i>	0	<i>Slightly comfortable</i>	<i>no change</i>
<i>Slightly cool</i>	-1	<i>Slightly uncomfortable</i>	<i>cooler</i>
<i>Cool</i>	-2	<i>Moderately uncomfortable</i>	
<i>Cold</i>	-3	<i>Very uncomfortable</i>	

(Sumber: *ASHRAE*, 1989)

## 2.1. Variabel

Terdapat beberapa variabel terikat pada penelitian ini yaitu temperatur udara, kelembaban udara, kecepatan angin, pakaian siswa, aktivitas dan sensasi kenyamanan termal. Variabel bebas berupa bukaan jendela dan ventilasi.

## 2.2. Alat penelitian

Alat yang digunakan dalam pengukuran temperatur udara dan kelembaban udara adalah *thermohygrometer* dan untuk pengukuran kecepatan angin menggunakan *pocket anemometer*. Untuk menganalisis data kuesioner menggunakan *SPSS 16.0* dan untuk mensimulasikan temperatur udara menggunakan simulasi *software Ecotect Analysis 2011*.



Gambar 1. Pocket Anemometer dan Thermohigrometer

(Sumber: <https://www.google.com/search?q=pocket+anemometer&client> & <https://www.google.com/search?client>)

## 2.3. Mekanisme Pengukuran Kondisi Termal dan Persebaran Kuesioner

Untuk mendapatkan data mengenai temperatur udara, kelembaban udara dan kecepatan angin pada ruang kelas, dilakukan langkah-langkah sebagai dasar pengukuran lapangan. Berikut adalah mekanisme pengambilan data kondisi termal pada ruang kelas.

1. Menentukan ruang kelas dan koridor yang akan diteliti dengan masing-masing 1 ruangan dari setiap lantai dengan berdasarkan letaknya yang berada ditengah bangunan dan berfungsi sebagai ruang kelas.
2. Menentukan titik pengukuran kondisi termal didalam ruangan maupun koridor. Titik ukur ditetapkan sebanyak jumlah bangku yang terdapat pada ruang kelas yaitu sebanyak 16 titik dengan deret A, B, C, D. Hal ini dilakukan karena kondisi kenyamanan yang dirasakan oleh masing-masing siswa sehingga diharapkan dapat mewakili kondisi siswa tersebut. Karena keterbatasan alat ukur *thermohygrometer* dan *anemometer* waktu dalam pengukuran dilakukan dengan rentang 1 menit per titik.
3. Pelaksanaan pengambilan data dilakukan pada hari Jum'at, 07 April 2017 dan dilakukan pada 3 waktu yang mewakili pagi, siang dan sore yaitu pukul 09.45-10.30, 12.45-13.30 dan 15.45-16.30. Pada waktu tersebut juga dilaksanakannya belajar mengajar di ruang kelas.
4. Kuesioner dibagikan pada siang hari dengan melibatkan 52 siswa yang menempati ruang kelas yang menjadi sampel penelitian.

## 2.4. Penentuan Rekomendasi

Pertama kali dilakukan simulasi bukaan ruang kelas dengan kondisi eksisting (tertutup) yang disimulasikan menggunakan *software Ecotect Analysis 2011* sebagai patokan untuk kondisi temperatur udara eksisting. Kemudian dilakukan analisis bukaan

jendela yang diambil dari jenis jendela menurut Backet *et al.* (1974). Dari masing-masing jendela tersebut didapatkan bagaimana angin masuk dalam kondisi penggunaan jendela tersebut dilihat dari denah dan potongan ruangan dan kelebihan kekurangan menggunakan jendela tersebut, Setelah itu didapatkan hipotesis dari pilihan jenis jendela yang sesuai dengan fungsi, aktivitas dan besaran ruangan. Jendela yang telah terpilih sebagai rekomendasi tersebut akan disimulasikan menggunakan *software Ecotect Analysis 2011* untuk mendapatkan hasil temperatur udara yang dapat dibandingkan dengan kondisi eksisting dan didapatkan selisih temperatur udara.

## 2.5. Validasi data

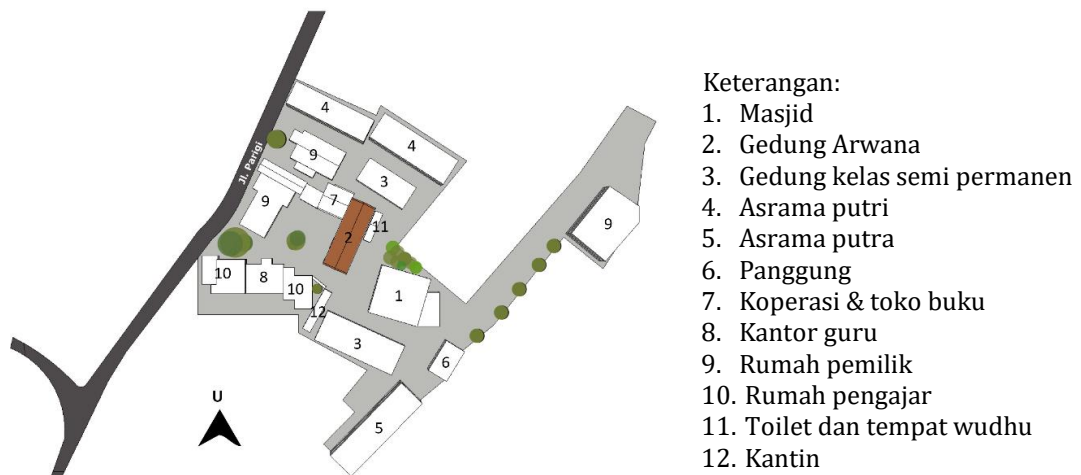
Dilakukan validasi pada data temperatur udara lapangan dengan data simulasi temperatur udara lapangan. Perbandingan itu dapat dilihat dari besaran *error* yang dihitung dengan persamaan berikut.

$$Error (\%) = \left[ \left( \frac{p - u}{p} \right) \times 100\% \right]$$

Dimana *p* adalah temperatur udara hasil dari simulasi (°C) dan *u* adalah temperatur udara hasil pengukuran (°C).

## 3. Hasil dan Pembahasan

Objek penelitian berada di Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten. Terletak di jalan Parigi, Curug. Kabupaten Tangerang terletak pada koordinat 106°20'-106°43'BT, 6°00'-6°20'LS. Dari data BMKG Tangerang, rata-rata temperatur udara pada Kabupaten Tangerang tahun 2015 adalah 24,3°C, rata-rata kelembaban udara pada tahun 2015 77,3% dan rata-rata kecepatan udara pada 2015 adalah 3,3 km/jam dengan arah angin pada bulan April adalah selatan menuju barat. Pondok Pesantren Daar el-Huda berbatasan dengan kawasan permukiman warga. Adapun kendaraan yang biasa melintasi jalan parigi adalah kendaraan pribadi motor dan mobil serta mobil barang dan tidak banyak kendaraan besar mengakses jalan Parigi. Pondok Pesantren Daar el-Huda memiliki luas kawasan ± 6405.37 m<sup>2</sup>. Kawasan tersebut meliputi tempat tinggal pemilik Pondok Pesantren dan tenga pengajar, asrama putra dan putri, gedung kelas, gedung kantor, kantin, koperasi dan fasilitas bersama.

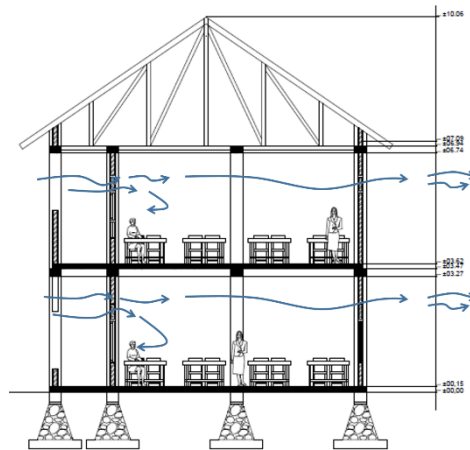


Gambar 2. Siteplan Pondok Pesantren Daar el-Huda

### 3.1. Eksisting Bangunan

Pada Pondok Pesantren Daar elHuda ada beberapa bangunan yang digunakan sebagai ruang kelas. Tetapi bangunan yang telah permanen menjadi bangunan ruang kelas adalah pada Gedung Arwana. Pada bangunan tersebut terdiri dari 3 ruangan di lantai 1 dan 3 ruangan di lantai 2. Dengan 4 ruangan merupakan ruang kelas yang digunakan oleh siswa Madrasah Aliyah (MA/SMA). 4 ruangan tersebut terletak dilantai 1 dan 2. Pada lantai 1 ruang kelas berada ditengah bangunan yang kedua ruangan disisinya berfungsi sebagai laboratorium komputer dan ruang guru. Ruang kelas lainnya berada dilantai 2. Orientasi Gedung Arwana menghadap ke barat laut sehingga sisi terpanjang bangunan membentang dari utara ke selatan dengan sisi dengan bangunan berbatasan dengan ruang terbuka yang digunakan untuk tempat berkumpul. Terdapat 2 ruangan yang menjadi objek sampel penelitian yaitu ruangan pada lantai 1 dan ruangan pada lantai 2 yang berfungsi sebagai ruang kelas dan terletak diantara ruang lainnya.

Pada skala mikro, arah angin yang berhembus lebih banyak berasal dari gerbang utama Pondok Pesantren Daar el-Huda yang berada pada sisi barat tapak. Sehingga langsung mengenai bagian koridor gedung Arwana. Bukaan pada ruangan terdapat pada sisi barat dan timur ruangan. Sehingga, bukaan yang berfungsi sebagai *inlet* adalah bukaan jendela sisi barat karena bersebelahan langsung dengan koridor ruang kelas. Dalam penggunaannya, angin yang berhembus, kurang memenuhi kebutuhan penghawaan alami pengguna ruangan. Berikut adalah ilustrasi yang menunjukkan hembusan angin pada ruangan melalui potongan bangunan.



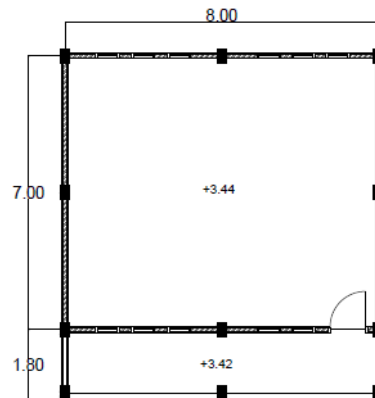
Gambar 3. Hembusan angin yang memasuki ruang kelas pada Gedung Arwana

Dari gambar diatas diketahui bahwa pada kondisi eksisting, aliran angin yang masuk kedalam ruangan hanya melalui ventilasi jalusi di atas jendela, sehingga aliran udara berada jauh diatas kepala pengguna ruang kelas dan menyebabkan aliran angin tersebut tidak dirasakan oleh pengguna ruangan tersebut. Maka dari itu dapat dilakukan pemaksimalan jenis dan ukuran pada jendela yang berada dibawah jalusi tersebut, agar dapat menangkap angin yang menghasilkan kecepatan angin didalam ruangan.

### 3.2. Dimensi Bangunan dan Bukaan

Ruang kelas pada gedung Arwana memiliki luasan sebesar 56 m<sup>2</sup> dengan panjang 8 m, lebar 7 m dan tinggi lantai sampai langit-langit 3,32 m. Beberapa tipe bukaan yang digunakan pada masing-masing ruang kelas yang berada pada lantai 1 dan 2 berbeda dalam ukuran dan jenisnya. Pada lantai 1 menggunakan jenis jendela *awning* dan jalusi

pada sisi atasnya dengan ukuran 60 x 170 cm, pada lantai 2 menggunakan jendela *awning* dengan jendela mati pada bagian bawah dan jalusi pada sisi atas dengan ukuran keseluruhan 60 x 180 cm dan pintu ruangan dengan jalusi di atasnya memiliki ukuran keseluruhan 100 x 250 cm.



Gambar 4. Dimensi ruang kelas

### 3.3. Hasil Pengukuran Lapangan

Hasil pengukuran temperatur udara pada lapangan pada pagi, siang dan sore menghasilkan pada sampel lantai 1 memiliki temperatur udara yang lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur udara pada sampel lantai 2. Sedangkan pada siang menuju sore hari, temperatur udara pada sampel lantai 1 lebih rendah dibandingkan pada sampel lantai 2. Dengan kisaran rata-rata temperatur udara pada kedua ruang tersebut adalah 29°C – 31,5°C. Pada koridor ruang kelas lantai 1 mengalami temperatur udara lebih tinggi dibandingkan dengan pada koridor lantai 2. Dengan kisaran rata-rata temperatur pada koridor ruang kelas adalah 29,3 - 31°C. Dari kisaran rata-rata yang dihasilkan, kondisi eksisting ruangan pada sampel ruangan masih berada diambang atas kenyamanan temperatur yang dinyatakan oleh Lipsmeier (1997) dan SNI.

Pada hasil pengukuran kelembaban udara ruang kelas dan koridor didapatkan hasil kelembaban udara pada sampel lantai 1 mengalami nilai yang lebih rendah dibandingkan pada sampel lantai 2 pada pagi hari dan pada saat siang hari rata-rata kelembaban udara pada sampel lantai 1 meningkat dan pada sampel lantai 2 stabil. Dengan kisaran rata-rata kelembaban udara 72,9% - 80,8%. Sedangkan pada koridor sampel lantai 1 menalami rata-rata kelembaban udara lebih tinggi dibandingkan pada koridor pada sampel lantai 2 yang berkisar antara 72,9% - 81,8%. Dari kelembaban yang didapatkan dari hasil pengukuran tersebut, didapatkan bahwa kelembaban udara yang terjadi pada sampel ruang kelas eksisting melampaui batasan kelembaban udara yang ditujukan untuk ruangan yang digunakan secara massal. Hal ini juga berhubungan dengan kelembaban udara makro yang cukup tinggi pula.

Pada hasil pengukuran angin yang menggunakan *pocket anemometer* tidak didapatkan hasil yang maksimal dalam pengukuran kecepatan angin. Sehingga didapatkan hampir tidak dirasakan adanya angin pada sampel ruangan lantai 1 dan lantai 2. Dari kondisi eksistingnya pula tidak dirasakan adanya angin dikarenakan kondisi bukaan yang tertutup. Adapun pada koridor ruang kelas lantai 1 didapatkan rata-rata kecepatan angin sebesar 0,1 m/s dan pada koridor lantai 2 mencapai 0,4 m/s.

### 3.4. Kenyamanan Termal Ruang Kelas

Dari SNI, aspek kenyamanan termal memiliki beberapa faktor yaitu temperatur udara, kelembaban udara relatif, kecepatan angin, aktivitas pengguna dan pakaian yang dikenakan pengguna. Didapatkan hasil analisis sebagai berikut.

**Tabel 2. Kondisi termal dan bukaan**

Kondisi Eksisting	Ruang Kelas	
	Lantai 1	Lantai 2
Temperatur udara (SNI 03-6572-2001)	Belum memenuhi	Belum memenuhi
Kelembaban udara (SNI 03-6572-2001)	Belum memenuhi	Belum memenuhi
Kecepatan angin (SNI 03-6572-2001)	Belum memenuhi	Belum memenuhi
Insulasi pakaian (SNI 03-6572-2001)	siswa: tidak memenuhi siswi: memenuhi	siswa: tidak memenuhi siswi: memenuhi
Bukaan (SNI 03-6572-2001)	memenuhi	belum memenuhi

Dari tabel diatas dapat diambil hipotesis bahwa kondisi eksisting bukaan dapat ditambahkan ukuran *inlet* dan *outlet* juga dicari alternatif bukaan yang lain.

**Tabel 3. Kondisi termal pengguna hasil kuesioner**

Deret bangku	Lantai 1	Lantai 2
A	Sebagian besar merasa nyaman pada posisi duduk tersebut dengan temperatur udara sedikit dingin	Sebagian besar merasa posisi duduk nyaman dengan temperatur udara netral
B	Sebagian besar mengatakan nyaman dengan kondisi tubuh netral	Sebagian besar merasa posisi duduk nyaman dengan temperatur dirasa netral
C	Sebagian besar responden merasa nyaman dengan temoeratur udara pada ruangan terasa sedikit dingin	Posisi duduk nyaman deengan temperatur udara dirasa sedikit dingin
D	Sebagian besar merasa nyaman dengan merasa temperatur udara netral	Posisi duduk nyaman dengan temperatur dirasa netral

### 3.5. Validasi

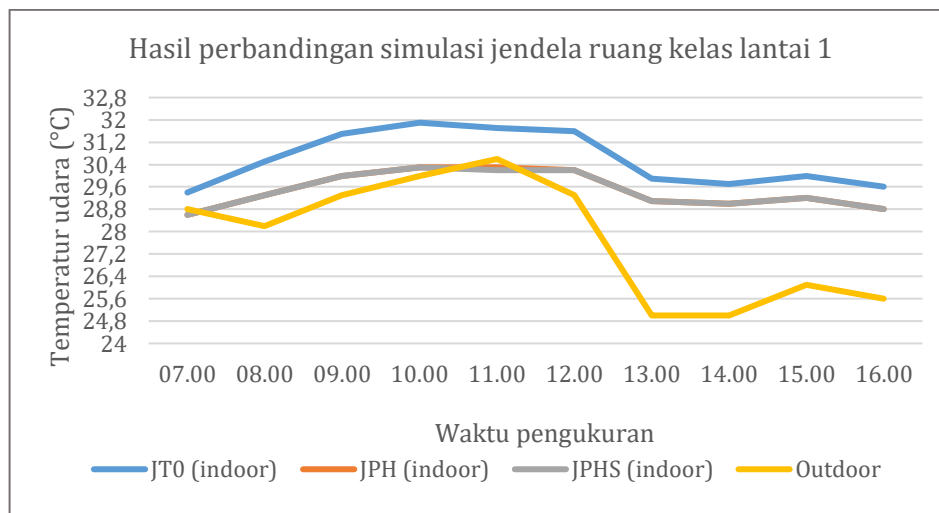
Validasi antara hasil pengukuran eksisting lapangan dengan hasil simulasi eksisting menghasilkan nilai *error* kurang dari 10% pada ruang kelas lantai 1 dan 2, sedangkan pada luar ruangan hanya pada lantai 1 saja yang memiliki nilai *error* dibawah 10%. Hal ini menunjukkan bahwa data tersebut dapat digunakan untuk simulasi rekomendasi.

### 3.6. Simulasi

Sebelum simulasi *software* dilakukan, terlebih dahulu membuat tabel analisis yang berisikan persentase angin masuk kedalam bangunan, aliran udara dilihat dari denah dan potongan, juga dari kelebihan dan kekurangannya. Setelah di analisis, didapatkan hasil yang sesuai dengan fungsi ruangan dan bagaimana aktivitas didalamnya. Pada sampel ruang kelas lantai 1 didapatkan perbandingan antara temperatur udara eksisting simulasi dengan rekomendasi sebagai berikut.

**Tabel 4. Perbandingan temperatur eksisting dan rekomendasi pada ruang kelas lantai 1**

Kode	Kondisi Bukaannya	Temperatur (°C)										Rata-rata
		07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	
<b>Indoor</b>												
<b>Eksisting</b>												
JT0	J. Gantung Tertutup	29,4	30,5	31,5	31,9	31,7	31,6	29,9	29,7	30	29,6	30,58
<b>Rekomendasi</b>												
JPH	horizontal (Horizontal Pivoted)	28,6	29,3	30	30,3	30,3	30,2	29,1	29	29,2	28,8	29,48
JPHS	Jendela putar horizontal (Horizontal Pivoted) + shading	28,6	29,3	30	30,3	30,2	30,2	29,1	29	29,2	28,8	29,47
<b>Outdoor</b>												
		28,8	28,2	29,3	30	30,6	29,3	25	25	26,1	25,6	27,79



**Gambar 5. Grafik perbandingan temperatur udara simulasi eksisting dan rekomendasi ruang kelas lantai 1**

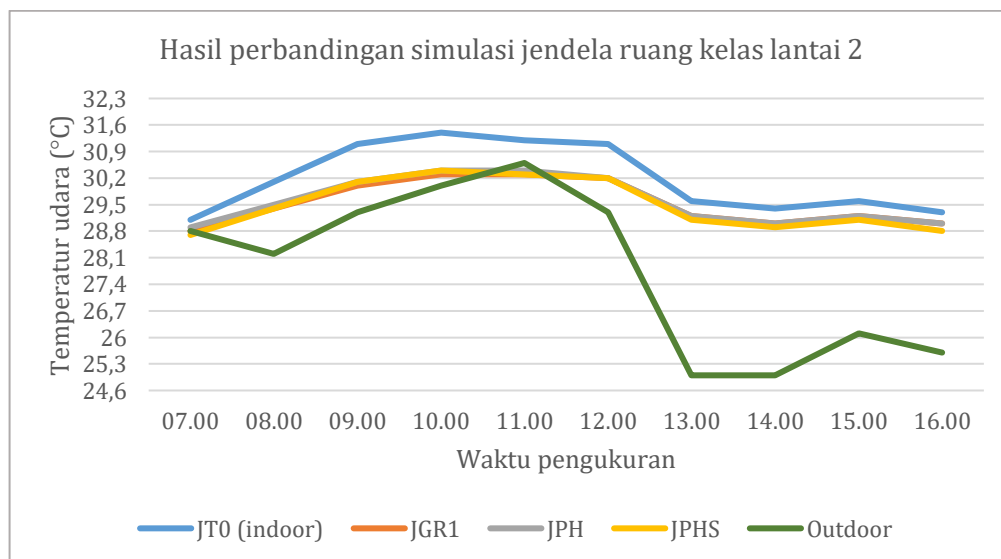
Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa temperatur udara eksisting (JT0) dari hasil simulasi memiliki temperatur udara yang paling tinggi diantara simulasi yang lain. Pada simulasi rekomendasi menggunakan *horizontal pivoted window* tanpa *shading* (JPH) dan menggunakan *shading* (JPHS) menghasilkan temperatur udara yang relatif sama.

Pada sampel ruang kelas lantai 2 juga diambil rekomendasi dengan menggunakan *horizontal pivoted window* dikarenakan fungsi dari ruangan yang sama dengan ruangan lantai 1 yaitu ruang kelas. Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa temperatur udara eksisting (JT0) pada sampel ruang kelas lantai 2 juga tertinggi diantara hasil temperatur lainnya. Dengan rata-rata temperatur udara dengan jendela *awning* dan penambahan jendela (JGR1) lebih rendah dibandingkan dengan hasil simulasi yang menggunakan *horizontal pivoted window* (JPH). Ketika jendela hasil penambahan tersebut diubah ukuran jendela aktifnya dan menggunakan *shading* (JPHS) maka dihasilkan temperatur udara sedikit lebih rendah dibandingkan dengan hanya menggunakan jendela *awning*.



**Tabel 5. Perbandingan temperatur eksisting dan rekomendasi pada ruang kelas lantai 2**

Kode	Kondisi Bukaannya	Temperatur (°C)										Rata-rata
		07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	
<b>Indoor</b>												
<b>Eksisting</b>												
JG0	J. Gantung Tertutup	29,4	29,7	30,2	30,5	30,9	31	30	29,7	29,9	29,7	30,10
JGR1	J. Gantung +6 unit	28,8	29,4	30	30,3	30,3	30,2	29,2	29	29,2	29	29,54
<b>Rekomendasi</b>												
JPH	<i>horizontal pivoted window</i>	28,9	29,5	30,1	30,4	30,4	30,2	29,2	29	29,2	29	29,59
JPHS	<i>Horizontal pivoted window + shading dan perubahan ukuran outlet</i>	28,7	29,4	30,1	30,4	30,3	30,2	29,1	28,9	29,1	28,8	29,50
<b>Outdoor</b>												
		28,8	28,2	29,3	30	30,6	29,3	25	25	26,1	25,6	27,79



Gambar 6. Grafik perbandingan temperatur udara simulasi eksisting dan rekomendasi ruang kelas lantai 2

#### 4. Kesimpulan

Pada kondisi eksisting bangunan, temperatur udara masih berada diatas ambang kenyamanan temperatur udara yang ditentukan oleh SNI. Begitu pula pada kelembaban udara yang cukup tinggi dan kecepatan angin pada eksisting yang sangat rendah. Pada kuesioner yang dibagikan kepada siswa pada siang hari didapatkan hasil hampir dari seluruh responden mengatakan nyaman pada temperatur udara tersebut dengan mengharapkan agar temperatur udara diturunkan. Rekomendasi bukaan yang dihasilkan adalah pada ruang kelas lantai 1 dapat menggunakan jendela jenis *horizontal pivoted* dengan ukuran jendela mengikuti eksisting. Dapat menurunkan 1,10°C. Dengan penambahan *shading* pada bagian bukaan sisi timur tidak banyak terdapat perbedaan hasil temperatur udara yang signifikan. Untuk rekomendasi ruang kelas lantai 2, dapat

menggunakan jendela jenis *horizontal pivoted* dengan penambahan jumlah jendela, memperbesar ukuran jendela aktif, dan menambahkan *shading* pada bukaan dinding sisi timur dapat menurunkan temperatur udara yang cukup yaitu 0,6°C.

### **Daftar Pustaka**

- ASHRAE, 1989. *Physiological Principles, Comfort, and Health ASHRAE. Handbook of Fundamental Chapter 8* ed. USA: s.n.
- Backet, H. E. & Godfrey, J. A., 1974. *Windows: Performance, Design and Installation*. New York: Van Nostrand Reinhold Co.
- BMKG, Stasiun Geofisika Klas III, n.d. *Keadaan Iklim, Kabupaten Tangerang*: s.n.
- SNI, 2001. *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*, s.l.: s.n.