

Rekayasa Bukaan untuk Kenyamanan Termal pada Ruang Kelas SMA Plus YPHB di Kota Bogor

Adi Wahyutomo¹ dan Andika Citraningrum²

¹ Mahasiswa Program Sarjana Arsitektur, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

² Dosen Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
adi.wahyutomo12@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kenyamanan termal siswa di dalam ruang kelas SMA Plus YPHB di Kota Bogor. Dimana sekolah adalah tempat untuk menuntut ilmu dengan terdapat guru dan murid yang menggunakan ruang kelas pada sekolah. Pentingnya kondisi udara yang nyaman agar konsentrasi belajar dan mengajar tetap terjaga. Dengan memanfaatkan penghawaan alami diharapkan dapat memenuhi kebutuhan kenyamanan termal pada ruang kelas, akan tetapi terdapat perbedaan bukaan di setiap kelas yaitu bentuk bukaan. Bentuk bukaan pada sekolah ini cukup berbeda dari ruang kelas SMA pada umumnya, perbedaan tersebut terletak pada dinding masif dan tidaknya. Dengan bukaan pada ruang kelas SMA ini memiliki bukaan setengah selebar dinding dengan implementasi dinding tanpa pintu dan memiliki tinggi dinding sebesar 170 centimeter. Lalu sisi lain dari dinding tersebut memiliki 2 bukaan jendela masing-masing sebesar 100 centimeter x 60 centimeter. Metode yang digunakan adalah kuantitatif dengan variable luas bukaan, temperatur udara, kelembaban udara, kecepatan angin, insulasi pakaian, dan aktivitas siswa. Hasil dari kuisioner nantinya akan menunjukkan rasa nyaman atau tidak pada ruang kelas tersebut. Rekomendasi yang dihasilkan akan berpengaruh pada bukaan jendela.

Kata kunci: Kenyamanan termal, Ruang kelas, Bukaan jendela, Simulasi

ABSTRACT

This study aims to analyze the level of students in the YPHB Plus High School classrooms in Bogor City. School is a place to study with teachers and students using classrooms at school. The importance of comfortable air conditions so that the concentration of learning and teaching is maintained. By utilizing natural ventures, it is hoped that it can meet the thermal comfort needs of the classroom, but there are differences in openings in each class, namely the shape of the openings. The shape of openings in this school is quite different from high school classrooms in general, the difference lies in the massive wall and not. With openings in this high school classroom, it has a half wide openings with a wall without door doors and has a wall height of 170 centimeters. Then the other side of the wall has 2 window openings of 100 centimeters x 60 centimeters each. The method used is quantitative with wide openings variable, air temperature, air humidity, wind speed, clothing insulation, and student activities. The results of the questionnaire will show comfort or not in the classroom. The recommendations generated will affect the window opening.

Keywords: Thermal comfort, classrooms, Openings, Simulations

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 SMA Plus YPHB di Kota Bogor. Ruang kelas ini digunakan oleh 30 siswa perkelas. Penghawaan pada ruang kelas SMA Plus YPHB menggunakan penghawaan alami, sehingga dibutuhkan bukaan yang baik agar dapat mengalirkan udara dengan baik pula. Ruang kelas digunakan untuk belajar mengajar selama ± 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.

Pengaruh ventilasi silang sangat berpengaruh terhadap kenyamanan termal ruang kelas, kedua sisi kelas harus sama-sama mencapai titik standar persenan bukaan yang ada, jika salah satunya kurang maka ventilasi silang pun tidak akan berpengaruh terhadap kenyamanan termal. Yang terganggu ada pengguna ruang kelas terhadap konsentrasi belajar yang menurun. Maka dari itu terhadap keunikan yang dimiliki ruang kelas SMA Plus YPHB perlu dilakukan penelitian guna mengetahui termal didalam ruangan dan solusi untuk membenahi kondisi tersebut

Kenyamanan temperatur udara memiliki batasan yang dijelaskan SNI 03-6572-2001. Zona kenyamanan termal untuk orang Indonesia pada umumnya menggunakan perancangan yang diambil pada suhu $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, kelembaban udara relatif sebesar $55\% \pm 10\%$, dan kecepatan angin sebaiknya lebih kecil dari 0,15 m/detik dan tidak boleh lebih besar dari 0,25 m/detik.

Tujuan diadakannya penelitian ini adalah untuk merekayasa bukaan pada ruang kelas SMA Plus YPHB yang kemudian dilakukan rekomendasi yang difokuskan pada bukaan jendela. Setelah didapatkannya rekomendasi lalu dilanjutkan pada komparasi bulan Juni, September, dan Desember, dengan disertakan nilai-nilai PMV (*Predicted Mean Vote*) dan PPD (*Predicted Percentage of Discomfort*)

2. Metode

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah kuantitatif dengan penyajian secara deskriptif. Pengukuran kecepatan angin, kelembaban udara, dan suhu udara pada bangunan menggunakan metode kuantitatif, setelah itu dihitung seberapa nyaman kondisi bangunan 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

Variabel yang digunakan pada penelitian ini terdapat variabel bebas dan variabel terikat. Dengan sensasi kenyamanan termal dan kondisi kenyamanan termal dalam ruang merupakan variabel terikat, sedangkan kondisi klimatis lingkungan, bukaan, insulasi pakaian, dan aktivitas pengguna merupakan variabel bebas.

2.2 Alat Penelitian

Alat ini digunakan untuk mengukur kecepatan angin pada titik yang sudah ditentukan pada objek survey. Anemometer yang digunakan adalah pocket anemometer digital, dengan alasan, anemometer jenis ini mudah dibawa. Untuk hasil yang lebih valid dapat menggunakan Hot Wire. Karena terjadinya keterbatasan alat, maka dipilih alternatif dengan menggunakan pocket anemometer. Pada penelitian ini, anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan angin pada koridor kelas dan pada ruang kelas.



Gambar 1. Anemometer dan *Thermohygrometer*

(Sumber: : <https://www.google.com/search?q=pocket+anemometer&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 yang akan diteliti dengan masing-masing 3 ruangan dari setiap lantai dengan berdasarkan letaknya yang berada ditengah, dan diujung bangunan dan berfungsi sebagai ruang kelas.
2. Menentukan titik pengukuran kondisi termal didalam ruangan maupun. Titik ukur ditetapkan sebanyak jumlah deret bangku yang terdapat pada ruang kelas

yaitu sebanyak 3 titik dengan penamaan titik A, B, C. 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 tanggal, 23 Maret 2018 dan dilakukan pada 3 waktu yang mewakili pagi, siang dan sore yaitu pukul 08.30-09.15, 13.00-13.35 dan 15.45-16.10. Pada waktu tersebut juga dilaksanakannya belajar mengajar di ruang kelas.
4. Kuesioner dibagikan pada siang hari dengan melibatkan 90 siswa yang menempati ruang kelas yang menjadi sampel penelitian.

2.4 Rekomendasi

Pertama kali dilakukan simulasi bukaan ruang kelas dengan kondisi eksisting 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. Setelah disimulasikan hasil rekomendasi dikomparasikan dengan bulan-bulan yang berbeda sekaligus komparasi dengan metode PMV (*Predicted Mean Vote*) dan PPD (*Predicted Percentage of Discomfort*). Bulan-bulan tersebut diantaranya bulan Juni, September, dan Desember.

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.

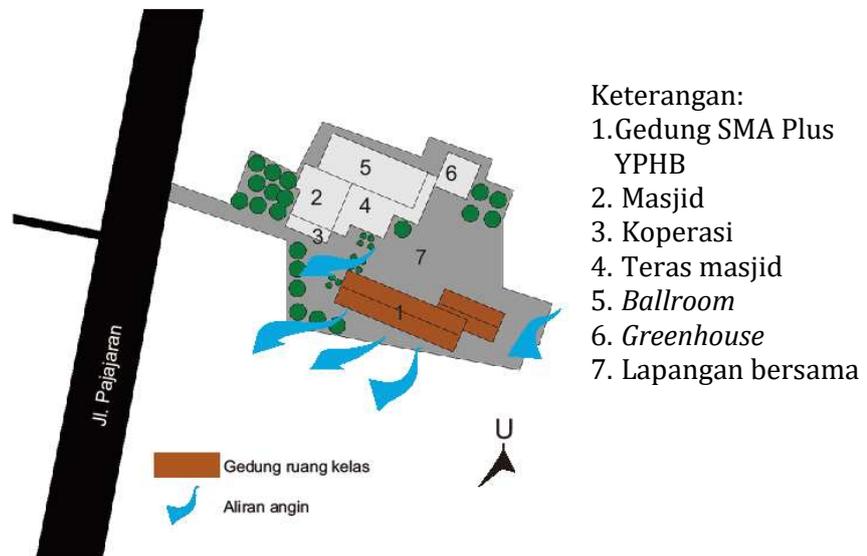
$$Error (\%) = \left[\left(\frac{p-u}{u} \right) \times 100\% \right]$$

Dimana p adalah temperatur udara hasil dari simulasi ($^{\circ}\text{C}$) dan u adalah temperatur udara hasil pengukuran ($^{\circ}\text{C}$).

3. Hasil dan Pembahasan

Objek penelitian berada di Kota Bogor, Jawa Barat. Objek penelitian ini merupakan salah satu Sekolah Menengah Atas (SMA) yang berada di Kota Bogor yaitu SMA Plus YPHB yang tepatnya terletak di jalan Raya Pajajaran, Kecamatan Bogor Utara, Kota Bogor. Objek pada penelitian ini merupakan ruang kelas pada gedung sekolah yang berada di SMA Plus YPHB yang berlokasi di Kota Bogor tepatnya pada jalan Raya Pajajaran, Kota Bogor, Jawa Barat. Kota Bogor terletak pada $106^{\circ}48'$ BT dan $6^{\circ}26'$ LS.

SMA Plus YPHB memiliki luas tapak mencapai $\pm 10.200 \text{ m}^2$. Tapak tersebut meliputi masjid, ballroom, 4 lapangan, kantin, tempat parkir, kantor, kelas, kantin, dan taman.

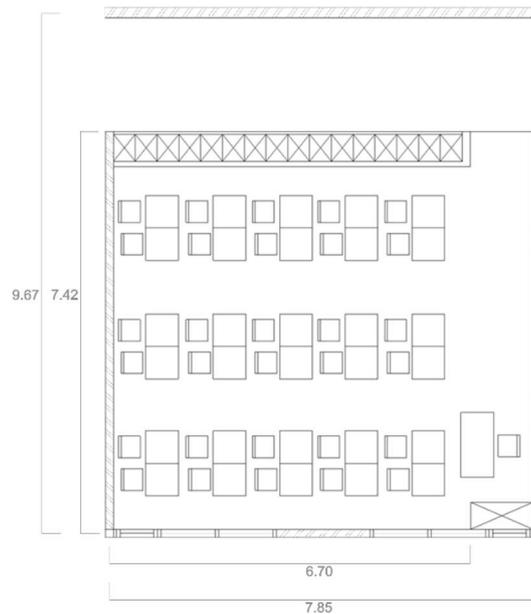


Gambar 2. Siteplan SMA Plus YPHB

Gedung utama SMA Plus YPHB mempunyai 4 lantai bangunan. Pada lantai 1 bangunan terdiri dari aula terbuka, ruang kepala dan staf yayasan, ruang guru, ruang kepala dan wakil kepala sekolah, perpustakaan, dan *pantry*. Pada lantai 2 bangunan terdiri dari 8 ruang kelas, ruang laboratorium, dan ruang piket guru. Pada lantai 3 bangunan terdiri dari 6 ruang kelas, 3 ruang laboratorium, dan ruang piket guru. Pada lantai 4 bangunan sama dengan lantai 2 bangunan.

3.1 Dimensi Bangunan

Terdapat 9 ruangan yang menjadi objek penelitian, dengan komposisi setiap lantainya terdapat 3 ruangan. Kapasitas siswa per ruang kelas adalah maksimal 30 siswa. Menurut dari pengukuran langsung lapangan, masing-masing ruangan tersebut memiliki panjang $7.85 \text{ m} \times 7.42 \text{ m}$ dan tinggi 3.5 m . Berikut adalah dimensi ruang kelas objek penelitian.



Gambar 3. Denah detail kelas

3.2 Hasil Pengukuran Lapangan

Keadaan temperatur udara didapatkan dari pengambilan data lapangan pada titik 1 sampai dengan 3 dengan masing-masing titik diambil waktu pagi, siang, dan sore yang terdapat pada tabel. Didapatkan temperatur udara ruang kelas dan koridor pada lantai 1, 2, dan 3 yang menjadi sampel penelitian. Dari pengukuran pada pagi, siang, dan sore didapatkan temperatur rata-rata pada ruang kelas adalah 31.5°C dan pada koridor kelas rata-rata temperatur udaranya adalah 31.4°C . Terlihat dari rata-rata temperatur udara yang didapatkan tersebut, temperatur udara pada koridor kelas mengalami temperatur udara yang lebih rendah dibandingkan dengan temperatur udara pada ruang kelas. Temperatur yang terjadi pada ketiga sampel lantai kelas dan koridornya masih berada diatas ambang kenyamanan termal yang ditentukan oleh SNI 03-6572-2001 yaitu $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Sedangkan pada hasil eksisting yang didapatkan, temperatur udara yang terjadi pada kedua sampel tersebut berkisar antara 28.5°C - 33°C . Sehingga dibutuhkan cara untuk dapat menurunkan temperatur udara yang terjadi di eksisting pada saat itu.

Pada hasil pengukuran kelembaban udara pada sampel ruang kelas dan koridor, didapatkan bahwa rata-rata kelembaban udara yang terjadi pada sampel ruangan secara keseluruhan pada waktu pagi, siang, dan sore berkisar antara 59% - 86%. Sedangkan pada koridor ruangan rata-rata kelembaban udaranya berkisar antara 57% - 88%. Rata-rata kelembaban udara tertinggi terjadi pada pagi hari pada sampel ruang kelas lantai 1 yaitu 86%. Sedangkan rata-rata kelembaban udara terendah terjadi pada sampel ruang kelas di lantai 3 pada siang hari yaitu 58%. Adapun kelembaban udara pada pagi hari pada koridor lantai 1 mengalami kelembaban udara yang lebih tinggi dibandingkan pada kelembaban udara pada ruang kelas di lantai 1. Dari rata-rata yang didapatkan pada pengambilan data eksisting dibandingkan dengan kelembaban udara relative untuk daerah tropis yang ditetapkan oleh SNI 03-6572-2001 yang menyatakan bahwa kelembaban udara relative suatu ruangan dengan pengguna ruangan tersebut cukup banyak berkisar antara 55% - 60%. Maka kelembaban udara pada ruang kelas SMA Plus YPHB masih berada diatas kisaran kelembaban udara yang ditetapkan oleh SNI tersebut. Adapun kelembaban rata-rata yang terjadi pada Kota Bogor keseluruhan

juga cukup tinggi, yaitu pada rata-rata kelembaban udara tahun 2017 sebesar 82% dengan kelembaban pada bulan Maret 2017 sebesar 85%. Dengan begitu pada Kota Bogor secara keseluruhan pun mengalami kelembaban udara yang cukup tinggi.

Kecepatan angin diukur pada titik yang sama dengan pengukuran temperatur dengan ketinggian siswa ketika duduk di dalam kelas. Titik ukur tersebut juga terdiri dari 4 titik di setiap kelas sudah termasuk koridornya, yang waktu pengukurannya dilakukan pada pagi, siang, dan sore hari pada hari yang sama. Didapatkan rata-rata kecepatan angin yang terjadi pada eksisting bangunan yang menghasilkan dikeseluruhan titik pengukuran di dalam kelas menunjukkan tidak adanya gerakan angin pada ruangan tersebut. Dapat dilihat pada tabel dibawah yang menunjukkan angka 0 m/s untuk kecepatan angin di dalam ruang kelas. Hal ini dapat mengakibatkan para siswa merasa panas dan berkeringat. Pada luar ruang kelas / koridor kecepatan angin yang terjadi tidak stabil tetapi lebih besar dibandingkan didalam kelas. Pada pagi hari cenderung angin lebih besar melewati area koridor lantai 3 dibandingkan lantai 1 dan lantai 2, terlihat pada lantai 3 koridor mencapai hamper 0.80 m/s sedangkan koridor lantai 1 dan lantai 2 dibawah 0.40 m/s. Pada siang hari, koridor lantai 1 berhembus kencang dibandingkan pada pagi hari, dan paling tinggi hembusannya dibandingkan koridor lantai 2 dan 3. Pada sore hari, kembali koridor lantai 3 berada paling tinggi hembusannya dibandingkan koridor lainnya dan paling tinggi dari semua waktu yaitu sebesar 1 m/s.

3.3 Perbandingan Hasil Pengukuran Eksisting dan Kuesioner

Terdapat beberapa data yang dibandingkan upaya melihat kebutuhan rekomendasi yang akan dipakai. Beberapa data tersebut diantaranya kuesioner tentang persepsi kenyamanan, kuesioner tentang harapan pada bukaan ruang kelas, eksisting suhu, eksisting kelembaban udara, eksisting kecepatan angin, dan SNI.

Tabel 2. Eksisting dan Kuesioner

Kelas	Kuesioner		Pengukuran Lapangan						Kebutuhan Rekomendasi
	Kenyamanan	Harapan	Suhu (°C)	RH (%)	Kec. Angin (m/s)	SNI			
						°C	%	m/s	
1A	13.3% Nyaman	58.6% Memilih diperbesar dan diperbanyak jendelanya	33.3	62.7	0.10	-	-	-	Diperbesar dan diperbanyak
1B	86.7% Tidak nyaman		32.6	60.7	0.00	-	-	-	Diperbesar dan diperbanyak
1C			32.1	57.3	0.10	-	✓	-	Diperbesar dan diperbanyak
2A	16.7% Nyaman	63.0% Memilih diperbesar dan diperbanyak jendelanya	32.1	61.7	0.03	-	-	-	Diperbesar dan diperbanyak
2B	83.3% Tidak nyaman		32.0	60.3	0.07	-	-	-	Diperbesar dan diperbanyak
2C			32.0	59.7	0.03	-	✓	-	Diperbesar dan diperbanyak
3A	10.0% Nyaman	68.0% Memilih diperbesar dan diperbanyak jendelanya	32.2	58.3	0.10	-	✓	-	Diperbesar dan diperbanyak
3B	90.0% Tidak nyaman		32.7	59.3	0.03	-	✓	-	Diperbesar dan diperbanyak
3C			32.7	59.3	0.13	-	✓	-	Diperbesar dan diperbanyak

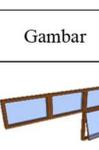
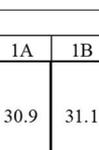
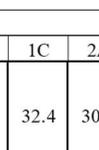
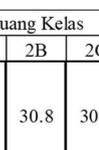
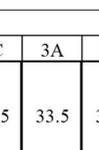
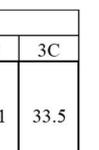
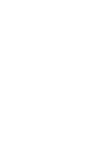
3.4 Validasi

Validasi antara hasil pengukuran eksisting lapangan dengan hasil simulasi eksisting menghasilkan nilai *error* kurang dari 10% pada ruang kelas lantai 1, lantai 2, dan lantai 3. Hal ini menunjukkan bahwa data tersebut dapat digunakan untuk simulasi alternatif desain guna rekomendasi pada ruang kelas.

3.5 Simulasi Alternatif

Sistem pengambilan kesimpulan untuk solusi alternatif berdasarkan penurunan suhu yang paling besar di setiap alternatif dan di setiap ruang kelas. Mayoritas penggunaan alternatif 4 dan alternatif 5 sangat besar pengaruhnya terhadap penurunan suhu, hanya di ruang kelas 1B saja yang menggunakan alternatif 2 dikarekanan paling besar penurunan suhunya.

Tabel 3. Eksisting dan Kuesioner

Tipe	Gambar	Ruang Kelas									
		1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	
1	Eksisting		30.9	31.1	32.4	30.9	30.8	30.5	33.5	33.1	33.5
	Alternatif		28	27.6	30.1	28	28	27.9	31.1	30.5	31.1
	Perbandingan		2.9	3.5	2.3	2.9	2.8	2.6	2.4	2.6	2.4
2	Eksisting		30.9	31.1	32.4	30.9	30.8	30.5	33.5	33.1	33.5
	Alternatif		28.2	27.9	29.7	28	28	27.9	31.1	30.5	31.1
	Perbandingan		2.7	3.2	2.7	2.9	2.8	2.6	2.4	2.6	2.4
3	Eksisting		30.9	31.1	32.4	30.9	30.8	30.5	33.5	33.1	33.5
	Alternatif		28	27.8	29.5	27.9	27.9	27.8	30.7	30.2	30.7
	Perbandingan		2.9	3.3	2.9	3	2.9	2.7	2.8	2.9	2.8
4	Eksisting		30.9	31.1	32.4	30.9	30.8	30.5	33.5	33.1	33.5
	Alternatif		27.9	27.7	29.3	27.8	27.8	27.8	30.1	29.9	30.1
	Perbandingan		3	3.4	3.1	3.1	3	2.7	3.4	3.2	3.4
5	Eksisting		30.9	31.1	32.4	30.9	30.8	30.5	33.5	33.1	33.5
	Alternatif		27.8	27.8	29.3	27.8	27.6	27.7	30.1	29.9	30.1
	Perbandingan		3.1	3.3	3.1	3.1	3.2	2.8	3.4	3.2	3.4

3.6 Alternatif 5 pada Bulan-bulan Kritis

Dari hasil analisis alternatif untuk rekomendasi bukaan, alternatif cenderung dapat mengurangi jumlah suhu paling banyak di semua kelas. Maka dari itu dipilih alternatif 5 untuk rekomendasi desain dan di implementasikan pada bulan-bulan yang ada di garis ekuator. Garis ekuator terdapat 3 bulan yang berbeda yaitu bulan Maret, Juni, September, dan Desember. Dikarenakan penelitian ini dilakukan pada bulan Maret, maka langkah selanjutnya hanya mengimplementasikan bukaan pada bulan Juni, September dan Desember.

Tabel 4. Perbandingan alternatif 5 dengan bulan-bulan kritis

Rekomendasi Alternatif 5	Ruang Kelas (°C)								
	Lantai 1			Lantai 2			Lantai 3		
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Bulan Maret	27.8	27.8	29.3	27.8	27.6	27.7	30.1	29.9	30.1
Bulan Juni	31.5	31.6	33.2	31.3	31.2	31.4	33.7	33.4	33.7
Bulan September	31.1	31.1	32.9	30.8	30.7	30.9	33.4	33.4	33.4
Bulan Desember	30.9	31.1	32.5	30.6	30.6	30.7	33	33	33

Alternatif 5 disimulasikan kembali pada bulan Juni, September, dan Desember, upaya melihat perbedaan dengan bulan dilakukannya penelitian yaitu bulan Maret. Dengan hasil bulan Maret kondisi di semua kelas dapat menurunkan suhu paling banyak dibandingkan bulan Juni, September, dan Desember. Dilihat dari tabel 4 bahwa pada bulan Maret dibandingkan bulan Juni, September, dan Desember adalah bulan paling optimal menurunkan suhu dengan menggunakan alternatif 5.

3.6 PMV dan PPD

Terdapat 9 unit ruang kelas yang dijadikan sampel penelitian, letaknya pada lantai 1, lantai 2, dan lantai 3. Dari pengelompokan lantai tersebut didapatkan PMV (*Predicted Mean Voted*) dan PPD (*Predicted Percentage of Discomfort*) yang terjadi pada masing-masing kelas. Sehingga diketahui bagaimana PMV dan PPD pada alternatif 5 rekomendasi desain di ruang kelas. Berikut adalah klasifikasi kondisi PMV dan PPD berdasarkan pengelompokan tiap kelas.

3.6.1 Ruang kelas lantai 1

PMV yang terjadi pada ruang-ruang kelas di lantai 1 paling rendah mencapai 1.75 PMV dan paling tinggi mencapai 3.21 PMV. Paling tinggi PMV terdapat pada Kelas 1C yaitu dengan besaran 3.21 PMV dengan kondisi sensasi termal berada di fase panas tidak nyaman. Ruang kelas 1A sebagian besar nilai PMV masih diantara angka 1.82 sampai 1.83 dengan kondisi sensasi termal berada di fase hangat tidak menyenangkan. Untuk ruang kelas 1B sebagian besar nilai PMV berada diantara angka 1.75 PMV dengan kondisi sensasi termal berada di fase hangat tidak menyenangkan.

PPD yang terjadi pada ruang-ruang kelas di lantai 1 paling rendah mencapai 64.57% PPD dan paling tinggi mencapai 99.71% PPD. Paling tinggi PPD terdapat pada Kelas 1C menjadi yaitu dengan besaran 99.71% PPD. Ruang kelas 1B sebagian besar nilai PPD masih diantara angka 64.57% PPD. Untuk ruang kelas 1A sebagian besar nilai PPD berada diantara angka 68.04% sampai 99.95% PPD.

Jika dibandingkan dengan nilai indeks kenyamanan pada sensasi termal, penggunaan alternatif 5 di lantai 3 belum bisa mencapai nilai efek psikologi setara dengan kondisi nyaman, di semua kelas pada lantai 3 masih diluar nilai itu semua.

3.6.2 Ruang kelas lantai 2

PMV yang terjadi pada ruang-ruang kelas di lantai 2 paling rendah mencapai 1.72 PMV dan paling tinggi mencapai 2.38 PMV. Paling tinggi PMV terdapat pada Kelas 2C menjadi yaitu dengan besaran 2.38 PMV dengan kondisi sensasi termal berada di fase hangat tidak menyenangkan. Ruang kelas 1A sebagian besar nilai PMV masih diantara angka 1.81 PMV dengan kondisi sensasi termal berada di fase hangat tidak menyenangkan. Untuk ruang kelas 1B sebagian besar nilai PMV berada diantara angka 1.72 sampai 1.73 PMV dengan kondisi sensasi termal berada di fase hangat tidak menyenangkan.

PPD yang terjadi pada ruang-ruang kelas di lantai 2 paling rendah mencapai 62.88% PPD dan paling tinggi mencapai 90.62% PPD. Paling tinggi PPD terdapat pada Kelas 2C menjadi yaitu dengan besaran 90.62% PPD. Ruang kelas 2B sebagian besar nilai PPD masih diantara angka 62.88% sampai 63.25% PPD. Untuk ruang kelas 2A sebagian besar nilai PPD berada diantara angka 67.41% sampai 67.50% PPD.

Jika dibandingkan dengan nilai indeks kenyamanan pada sensasi termal, penggunaan alternatif 5 di lantai 2 belum bisa mencapai nilai efek psikologi setara dengan kondisi nyaman, di semua kelas pada lantai 2 masih diluar nilai itu semua.

3.6.3 Ruang kelas lantai 3

PMV yang terjadi pada ruang-ruang kelas di lantai 3 paling rendah mencapai 1.98 PMV dan paling tinggi mencapai 3.55 PMV. Paling tinggi PMV terdapat pada Kelas 3A menjadi yaitu dengan besaran 3.55 PMV dengan kondisi sensasi termal berada di fase panas tidak nyaman. Ruang kelas 3C sebagian besar nilai PMV masih diantara angka 2.08 sampai 2.74 PMV dengan kondisi sensasi termal berada di fase panas tidak nyaman. Untuk ruang kelas 3B sebagian besar nilai PMV berada diantara angka 2.08 sampai 2.20 PMV dengan kondisi sensasi termal berada di fase hangat tidak menyenangkan.

PPD yang terjadi pada ruang-ruang kelas di lantai 3 paling rendah mencapai 80.32% PPD dan paling tinggi mencapai 97.92% PPD. Paling tinggi PPD terdapat pada Kelas 3A menjadi yaitu dengan besaran 97.92% PPD. Ruang kelas 3C sebagian besar nilai PPD masih diantara angka 97.17%. Untuk ruang kelas 3B sebagian besar nilai PPD berada diantara angka 80.32% sampai 84.85% PPD.

Jika dibandingkan dengan nilai indeks kenyamanan pada sensasi termal, penggunaan alternatif 5 di lantai 3 belum bisa mencapai nilai efek psikologi setara dengan kondisi nyaman, di semua kelas pada lantai 3 masih diluar nilai itu semua.

4. Kesimpulan

Pada kondisi eksisting bangunan, temperatur udara beberapa masih berada di atas ambang kenyamanan termal yang ditentukan oleh SNI 03-6572-2001 yaitu yang diatur adalah $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Dengan temperatur rata-rata eksistingnya 29°C - 33°C , kelembaban udara pada ruang kelas mencapai 90%, dan kecepatan angin pada ruangan mencapai 0.2m/s.

Pada kuesioner yang disebarkan menyatakan bahwa siswa dan siswi merasa belum nyaman dan mengharapkan agar temperatur udara di dalam kelas agar lebih dingin. Untuk menurunkan temperatur udara pada ruang kelas, dapat dilakukan rekomendasi bukaan jendela. Dengan merubah fungsi jendela mati menjadi jalusi adalah alternatif 1, memperbanyak jalusi di ruang kelas adalah alternatif 2, memperbanyak jumlah jendela *awning* yang ada adalah alternatif 4, dan merubah tipe jendela *awning* menjadi jendela *casement side-hung* adalah alternatif 5.

Diantara semua alternatif, ruang kelas 1A memiliki perbandingan suhu paling besar terjadi pada alternatif nomor 5 dengan besaran mencapai 3.1°C penurunan suhu dari eksisting terhadap alternatif. Ruang kelas 1B memiliki perbandingan suhu paling besar pada alternatif nomor 1 dengan penurunan suhu mencapai 3.5°C . Ruang kelas 1C memiliki perbandingan suhu paling besar pada alternatif nomor 4 dan nomor 5 masing – masing memiliki kesamaan penurunan suhu mencapai 3.1°C . Untuk ruang kelas 2A perbandingan suhu yang terjadi paling besar terdapat pada alternatif nomor 4 dan nomor 5 dengan penurunan suhu mencapai 3.1°C . Ruang kelas 2B perbandingan suhu yang paling besar pada alternatif nomor 5 dengan penurunan suhu mencapai 3.2°C . Untuk ruang kelas 2C penurunan suhu mencapai 2.8 dengan menggunakan alternatif nomor 5. Ruang kelas 3A bisa menurunkan suhu mencapai 3.4°C dengan menggunakan alternatif nomor 4 dan nomor 5. Sedangkan ruang kelas 3B dapat menurunkan suhu mencapai 3.2°C dengan penggunaan alternatif yang sama yaitu nomor 4 dan nomor 5. Dan yang terakhir ruang kelas 3C dapat menurunkan suhu mencapai 3.4°C dengan penggunaan alternatif nomor 4 dan nomor 5.

Untuk bagian PMV dan PPD, alternatif 5 masih belum bisa mencapai kondisi nyaman pada fase efek psikologi dikarenakan sensasi termal yang ada di PMV masi diluar angka -0.5 sampai +0.5 PMV.

Daftar Pustaka

- ASHRAE, 1989. *Physiological Principles, Comfort, and Health ASHRAE*. Handbook of Fundamental Chapter 8 ed. USA: s.n.
- SNI, 2001. *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*.
- Bucket, H. E. & Godfrey, J. A., 1974. *Windows: Performance, Design and Installation*. New York: Van Nostrand Reinhold Co.
- Daish, N. C., Linden, P. F. & da Graca, G. C., 2015. *A Model for Natural Cross Ventilation*. Elsevier, Volume 89, pp. 72-85.
- Finger, 1995. "Method and apparatus for calculating predicted mean thermal sensitivity" dalam US Patent Issued.