

EVALUASI KENYAMANAN TERMAL RUANG SEKOLAH SMA NEGERI DI KOTA PADANG

Lusi Susanti, Nike Aulia

Laboratorium Sistem Kerja dan Ergonomi, Jurusan Teknik Industri, Universitas Andalas, Padang

Email: lusi@ft.unand.ac.id

Dikirimkan 2 April 2013

Diterima 1 Mei 2013

Abstract

This research aims to determine thermal conditions and sensation of thermal comfort in classrooms of high schools in Padang. This study was conducted in 11 State Senior High School (SMA) represented 11 districts in Padang. About 10% of total student body in each schools were participated in this study to vote thermal comfort questioners. To determine thermal comfort level in this study, PMV (Predicted mean Vote) and PPD (Predicted Percentage of dissatisfied) method were used according to standard of thermal comfort in ASHRAE 55-2005 and ISO 7730. PMV method is used to determine scope of situation in the environment that scaled from +3 for very hot until -3 for very cold, and PPD is a method to calculate the number of human (in percentage) dissatisfied with the environment. Calculated PMV and PPD were compared with PMV and PPD resulted from individual vote from questionnaires. Result showed that in general, thermal conditions in classrooms had air temperature and radiant temperature from 27°C – 30°C, air humidity from 68% - 80%, and wind speed of 0 m/s. Calculated PMV from this condition were ranging from +1 (slightly warm) until +2 (warm) while PPD calculated greater than 20%. Compared with calculated PMV and PPD values, the individual vote showed values from +0,5 (neutral) until +1 (slightly warm) while PPD values of individual vote greater than 20% except for SMA 2 and SMA 11 Padang. It is concluded that improvements of indoor thermal conditions have to make inside classrooms as well as landscape outside in order to improve thermal comfort level of students during learning and teaching.

Keywords: Thermal Comfort, PMV (Predicted Mean Vote), PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied), climatic factors, SMA

1. PENDAHULUAN

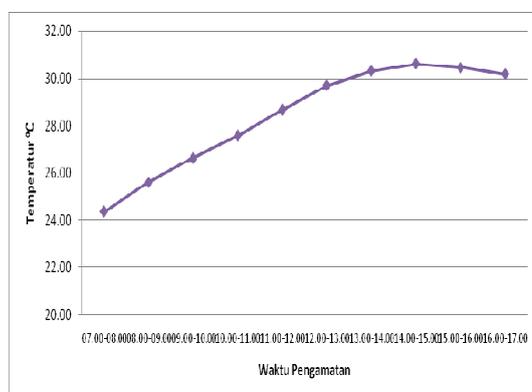
Pendidikan merupakan usaha sadar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar peserta didik secara aktif mengembangkan potensi diri yang dimilikinya (UU Sisdiknas No. 20, 2003). Kenyamanan lingkungan sekitar pada saat terjadinya proses belajar dan mengajar merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi hasil belajar yang dilakukan oleh individu. Salah satu faktor kenyamanan lingkungan yang mempengaruhi tingkat kenyamanan pada saat seseorang bekerja adalah kenyamanan termal. Menurut ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, 1989*), kenyamanan termal merupakan perasaan dimana seseorang merasa nyaman dengan keadaan temperatur lingkungannya, yang dalam konteks sensasi digambarkan sebagai kondisi dimana seseorang tidak merasakan kepanasan maupun kedinginan pada lingkungan tertentu.

Metode yang digunakan untuk

menentukan kenyamanan termal dan telah menjadi standar baku kenyamanan termal pada ASHRAE 55-2005 dan ISO 7730 adalah indeks termal PMV dan PPD. PMV (*Predicted Mean Vote*) merupakan indeks yang dikenalkan oleh Professor Fanger dari *University of Denmark* yang mengindikasikan sensasi dingin dan hangat yang dirasakan oleh manusia dengan melibatkan empat faktor yang berasal dari lingkungan yaitu suhu udara, temperatur radiant, kelembaban udara, kecepatan angin, dan 2 faktor yang berasal dari manusia yaitu laju metabolisme tubuh dan nilai insulasi pakaian, yang menghasilkan skala +3 sangat panas, +2 panas, +1 sedikit panas, 0 netral, -1 sedikit dingin, -2 dingin, -3 sangat dingin. Sedangkan untuk mengetahui berapa banyak orang yang tidak puas dengan kondisi lingkungan dapat ditentukan dengan PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*). Semakin besar presentase PPD makin banyak yang tidak puas [1].

Berdasarkan hasil survei dan wawancara yang dilakukan pada studi pendahuluan

pada tanggal 7 - 24 Mei 2012 kepada sejumlah siswa di beberapa SMAN di Kota Padang, pada umumnya siswa menyatakan bahwa ruang belajar di sekolah mereka kurang nyaman jika ditinjau dari segi kenyamanan termal yang mengakibatkan menurunnya konsentrasi belajar, karena siswa sering merasa kepanasan seiring dengan meningkatnya temperatur ruangan pada saat proses belajar mengajar. Selain wawancara dengan beberapa siswa SMAN, survei juga dilakukan dengan mengambil data pendahuluan yang terdiri dari data temperatur ruang kelas yang diukur mulai pukul 07.00 WIB sampai pukul 17.00 WIB disalah satu SMA Negeri yang ada di Kota Padang. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Data Pendahuluan Temperatur Ruang Kelas

Pada grafik diatas terlihat temperatur ruang kelas mengalami kenaikan setiap jamnya dan mencapai puncak pada pukul 15.00 dengan suhu 30,61°C. Kenaikan suhu tersebut, menyebabkan siswa-siswi SMAN merasa tidak nyaman dengan kondisi termal yang ada di ruang kelas mereka, sehingga dapat mengurangi konsentrasi mereka dalam menerima pelajaran yang disampaikan oleh guru di depan kelas. Mengingat pentingnya kenyamanan termal untuk mengoptimalkan konsentrasi belajar para peserta didik di SMAN Kota Padang maka dilakukan evaluasi terhadap kenyamanan termal di beberapa SMAN di Kota Padang untuk mengetahui sensasi dan tingkat kenyamanan termal di ruang belajar siswa dan dapat diberikan rekomendasi perbaikan mengenai keadaan ruang belajar sekolah yang dirasa nyaman bagi para siswa SMA di Kota Padang sehingga proses belajar dan mengajar dapat berjalan dengan lancar

dan dapat meningkatkan mutu pendidikan yang ada di Kota Padang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Belajar

Belajar merupakan suatu proses atau usaha perubahan tingkah laku seseorang yang dipengaruhi oleh dorongan yang timbul dari dalam individu. Dorongan tersebut timbul karena adanya kebutuhan. Untuk memenuhi dan memuaskan kebutuhan itu individu berinteraksi dengan lingkungan untuk mencapai kebutuhan yang diharapkan [2]. Tingkat kenyamanan belajar merupakan perasaan nyaman yang dirasakan seseorang ketika mengalami proses perubahan tingkah laku individu yang relatif menetap sebagai hasil pengalaman dan interaksi dengan lingkungan [3].

2.2 Kenyamanan Termal

Ada 6 faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal menurut ASHRAE (1989):

1. Temperatur udara
Temperatur udara merupakan temperatur di sekeliling individu. Bisa dikatakan salah satu faktor utama dari kenyamanan termal.
2. Temperatur radiant
Temperatur radiant adalah panas yang beradiasi dari objek yang mengeluarkan panas. Temperatur radiant lebih memberikan pengaruh yang lebih besar dibandingkan temperatur udara dalam bagaimana kita melepas atau menerima panas dari atau ke lingkungan.
3. Kecepatan angin
Kecepatan angin merupakan faktor yang penting dalam kenyamanan termal. Udara yang tidak bergerak dalam ruangan tertutup akan menyebabkan pengguna ruangan merasa kaku ataupun berkeringat.
4. Kelembaban
Kelembaban relatif adalah perbandingan antara jumlah uap air pada udara dengan jumlah maksimum uap air yang udara bisa tampung pada temperatur tersebut. Lingkungan yang mempunyai kelembaban relatif tinggi mencegah penguapan keringat dari kulit. Di lingkungan yang panas, semakin sedikit keringat yang menguap karena kelembaban tinggi, sehingga kegerahan bagi individu yang berada dilingkungan tersebut.
5. Insulasi pakaian
Kenyamanan termal sangat dipengaruhi oleh efek insulasi pakaian yang kita kenakan. Pakaian mengurangi pelepasan panas tubuh. Karena itu, pakaian diklasifikasikan berdasarkan pada nilai

Tabel 1. Nilai Insulasi Pakaian

Garment Description	clo	Garment Description	clo
<i>Underwear</i>		<i>Trousers and Coveralls</i>	
Men's briefs	0,04	Short shorts	0,06
Panties	0,03	Walking shorts	0,08
Bra	0,01	Straight trousers (thin)	0,15
T-shirt	0,08	Straight trousers (thick)	0,24
Full slip	0,16	Sweat Pants	0,28
Half slip	0,14	Overalls	0,3
Long underwear top	0,2	Coveralls	0,49
Long underwear bottom	0,15	<i>Dresses and skirts</i>	
<i>Footwear</i>		Skirt (thin)	0,14
Ankle-Length athletic socks	0,02	Skirt (thick)	0,23
Calf-Length socks	0,03	Long-sleeve shirt dress (thin)	0,33
Knee socks (thick)	0,06	Long-sleeve shirt dress (thick)	0,47
Panty hose stockings	0,02	Short-sleeve shirt dress (thin)	0,29
Sandals	0,02	Sleeveless, scoop neck (thin)	0,23
Slippers	0,03	Sleeveless, scoop neck (thick)	0,27
Boot	0,1	<i>Sweaters</i>	
<i>Shirt and Blouses</i>		Sleeveless vest (thin)	0,13
Sleeveless	0,12	Sleeveless vest (thick)	0,22
Short sleeve, dresses	0,19	Long-sleeve (thin)	0,25
Long sleeve, dresses	0,25	Long-sleeve (thick)	0,36
Long sleeve, flannel shirt	0,34	<i>Sleepwear and Robes</i>	
Short sleeve, knit sport shirt	0,17	Sleeveless, short gown (thin)	0,18
Long sleeve, sweat shirt	0,34	Sleeveless, long gown (thin)	0,2
		Long-sleeve pajamas	0,57
		Short-sleeve pajamas	0,42

(Sumber: ASHRAE, 1989)

insulasinya. Satuan yang biasa digunakan untuk pengukuran insulasi pakaian adalah Clo. Batas nyaman untuk pakaian adalah $n \leq 0,5$ Clo [4]. Total nilai Clo bisa dihitung dengan menjumlahkan nilai Clo untuk setiap jenis pakaian. Nilai insulasi pakaian dapat dilihat pada Tabel 1.

6. Tingkat metabolisme

Tingkat metabolisme merupakan panas yang dihasilkan di dalam tubuh sepanjang beraktivitas. Semakin banyak melakukan aktivitas fisik, semakin banyak panas yang dibuat. Semakin banyak panas yang dihasilkan tubuh, semakin banyak panas yang perlu dihilangkan agar tubuh tidak mengalami *overheat*. Metabolisme diukur dalam MET (1 MET = 58 W/m² permukaan tubuh). Manusia dewasa normal memiliki permukaan kulit 1,7 m², dan orang dalam kenyamanan termal dengan tingkat aktivitas 1 MET akan memiliki *heat loss* kira-kira 100 W. Dalam menilai tingkat metabolisme, penting untuk menggunakan rata-rata aktivitas manusia yang telah ditunjukkan dalam 1 jam terakhir. Nilai MET berbagai aktivitas dapat dilihat pada Tabel 2.

2.3 Skala PMV (Predicted Mean Vote)

Predicted mean vote (PMV) merupakan index yang diperkenalkan oleh Fanger (1982) untuk mengindikasikan rasa dingin dan hangat yang dirasakan oleh manusia. PMV merupakan index yang memperkirakan respon sekelompok besar manusia pada skala sensasi termal ASHRAE berikut:

Tabel 2. Nilai MET Berbagai Aktivitas

Jenis Aktivitas	W/m ²	met
<i>Resting</i>		
Sleeping	40	0,7
Reclining	45	0,8
Seated	60	1
Standing	70	1,2
<i>Walking (on the level)</i>		
0,89 m/s	115	2
1,34 m/s	150	2,6
1,79 m/s	220	3,8
<i>Office Activities</i>		
Reading, seated	55	1
Writing	60	1
Typing	65	1,1
Filing, seated	70	1,2
Filing, standing	80	1,4
Walking About	100	1,7
Lifting/packing	120	2,1

(Sumber: ASHRAE, 1989)

+3 hot

+2 warm

+1 slightly warm

0 neutral

-1 slightly cool

-2 cool

-3 cold

Nilai PMV (*Predicted Mean Vote*) menentukan jangkauan sensasi yang dirasakan orang terhadap lingkungan. Indeks PMV ini berkisar dari -3 (sangat dingin) sampai dengan +3 (sangat panas). Nilai nol adalah netralitas termal tapi bukan berarti kenyamanan termal.

Persamaan PMV untuk kenyamanan termal merupakan *steady-state model*. Nilai PMV dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) [1].

$$\begin{aligned}
 PMV = & 0,303e^{-0,036M} + 0.028 \\
 & \times [(M - W) - 3.05 \times 10^{-3} \{5733 \\
 & - 6.99 (M - W) - Pa\} - 0.42 \{(M \\
 & - W) - 58.15 - 1.7 \times 10^{-5} M(5867 \\
 & - Pa) - 0.0014 M (34 - t_a) - 3.96 \\
 & \times 10^{-8} f_{cl} \{t_{cl} + 273\}^4 - \\
 & (t_r + 273)^4\} - f_{cl} h_c \\
 & (t_{cl} - t_a)] \quad (1)
 \end{aligned}$$

Dimana,

$$\begin{aligned}
 t_{cl} = & 35.7 - 0.028 (M - W) - 0.155 I_{cl} \\
 & [3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \{t_{cl} + 273\}^4 \\
 & [(t_r + 273)^4] + f_{cl} h_c \\
 & (t_{cl} - t_a)] \quad (2)
 \end{aligned}$$

$$h_c = \max (2.38 (t_{cl} - t_a) 0.25 ,$$

$$12.1\sqrt{V} \quad (3)$$

$$f_c = 1.0 + 0.2 I_d \text{ untuk } I_d < 0,5 \text{ clo}$$

$$1.05 + 0.1 I_d \text{ untuk}$$

$$I_d > 0,5 \text{ clo} \quad (4)$$

Keterangan:

M : Tingkat aktivitas (W/m²)

W : Aktivitas luar (W/m²), 0 untuk sebagian besar aktivitas

f_{cl} : Rasio permukaan orang ketika berpakaian, dan tidak berpakaian

t_{cl} : Temperatur permukaan pakaian (°C)

t_r : Temperatur radiasi (°C)

h_c : Konvektif heat transfer dalam (W/m² K)

t_a : Temperatur udara (°C)

P_a : Kelembaban udara (Pa)

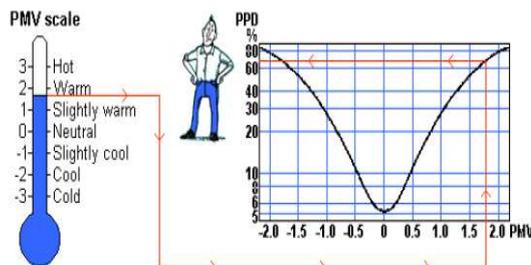
I_{cl} : Nilai insulasi pakaian (clo)

V : Kecepatan aliran udara (m/s)

2.4 PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*)

PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*) merupakan banyaknya orang (dalam presentase) yang tidak puas terhadap lingkungan. Semakin besar presentase PPD makin banyak yang tidak puas. Fanger (1982) menghubungkan nilai PMV dan PPD seperti formula (5) [1].

$$PPD = 100 - 95 \exp - (10.03353 PMV^4 + 0,2179 PMV^2) \quad (5)$$



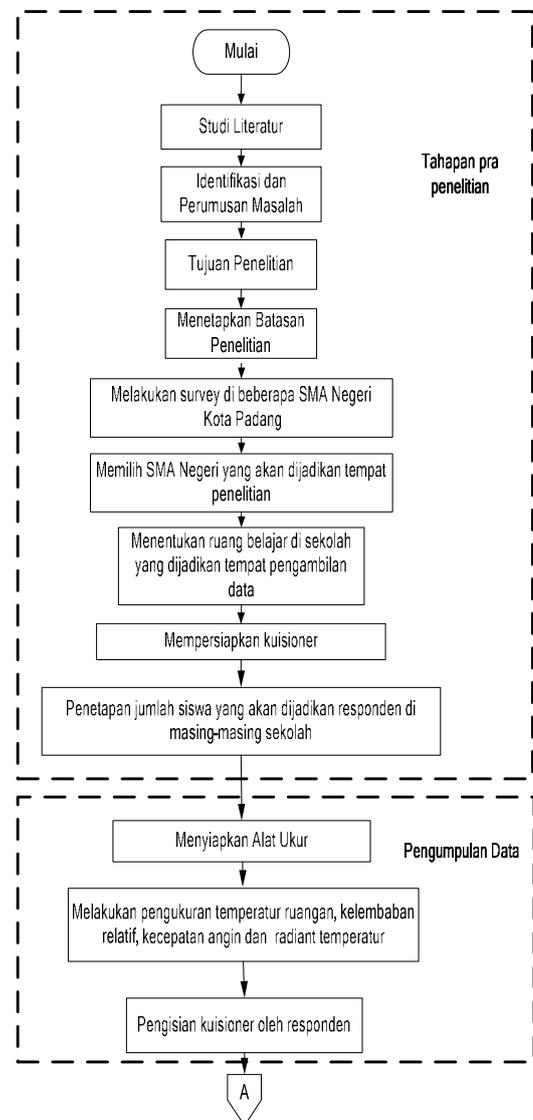
Gambar 2. Hubungan antara PMV dan PPD (Sumber: *Innova*, 1997)

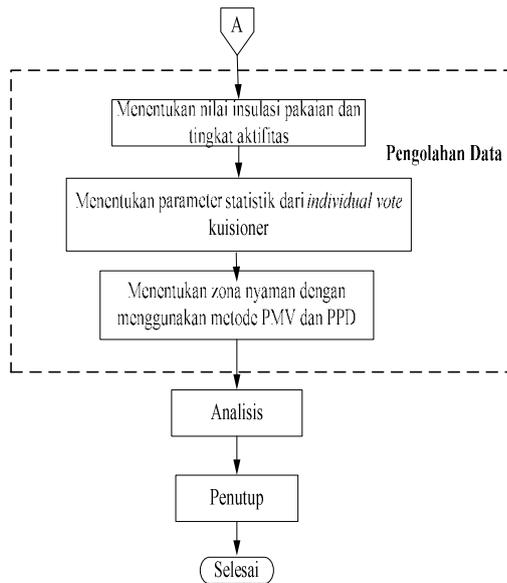
3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam melaksanakan sebuah penelitian. Metodologi penelitian dalam pembuatan tugas akhir ini dapat digambarkan dalam *flowchart* pada Gambar 3.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelas yang dijadikan sebagai tempat penelitian pada setiap sekolah memiliki orientasi yang sama. Pada penelitian ini dipilih kelas yang memiliki orientasi Timur – Barat sesuai dengan arah lintasan cahaya matahari. Setiap kelas yang ada di masing-masing SMA Negeri Kota Padang memiliki dimensi yang sama yaitu memiliki panjang 8 meter, lebar 9 meter dan tinggi 3 meter, dengan kapasitas maksimal sebanyak 40 siswa. Pada masing-masing sekolah memiliki fasilitas pendingin ruangan yang berbeda-beda. Tabel 3 menunjukkan jenis-jenis pendingin ruangan yang dimiliki oleh masing-masing sekolah.



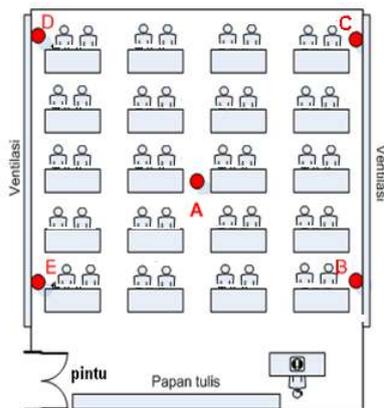


Gambar 3. Flowchart Metodologi Penelitian

Tabel 3. Jenis Pendingin Ruangan

Sekolah	Jenis Pendingin Ruangan
SMA Negeri 2 Padang	kipas angin
SMA Negeri 3 Padang	Alami
SMA Negeri 4 Padang	Alami
SMA Negeri 5 Padang	Alami
SMA Negeri 6 Padang	Alami
SMA Negeri 7 Padang	Kipas angin
SMA Negeri 9 Padang	Alami
SMA Negeri 10 Padang	Ac
SMA Negeri 11 Padang	Alami
SMA Negeri 12 Padang	Alami
SMA Negeri 14 Padang	Alami

Gambar 4 memperlihatkan skema ruangan serta penempatan titik-titik pengukuran pada masing- masing ruangan sekolah :



Gambar 4. Skema Titik Pengukuran Pada ruangan

Keterangan:

Titik A : Penempatan *thermocouple* A1, A2, *humidity recorder*, *glovesmeter* dan *anemometer*.

Titik B : Titik penempatan *thermocouple* B1 dan B2

Titik C : Titik penempatan *thermocouple* C1 dan C2

Titik D : Titik penempatan *thermocouple* D1 dan D2

Titik E : Titik penempatan *thermocouple* E1 dan E2

Tabel 4. Rekapitulasi Data Hasil Pengukuran untuk Variabel Temperatur Ruangan

Sekolah	Waktu Pengamatan						
	07.00-08.00	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00
SMAN 2 Padang	25.74	26.55	27.46	28.20	28.95	29.52	30.00
SMAN 3 Padang	25.96	26.42	26.92	27.60	28.22	28.48	28.78
SMAN 4 Padang	25.00	26.74	28.24	29.71	30.41	31.16	31.93
SMAN 5 Padang	25.50	26.24	27.06	28.02	29.01	29.71	30.28
SMAN 6 Padang	24.77	24.86	25.26	26.91	28.70	29.65	30.08
SMAN 7 Padang	26.06	27.04	28.15	29.21	30.38	30.96	31.50
SMAN 9 Padang	24.37	25.75	26.57	27.49	28.56	29.58	30.29
SMAN 10 Padang	26.35	26.35	26.82	27.04	27.31	27.25	27.12
SMAN 11 Padang	24.64	26.10	27.64	28.48	29.56	29.86	30.36
SMAN 12 Padang	25.20	26.54	27.79	28.62	29.02	30.12	30.74
SMAN 14 Padang	25.73	27.10	28.10	29.38	30.28	30.73	30.79

Tabel 5. Rekapitulasi Data Hasil Pengukuran untuk Variabel Temperatur Radiant

Sekolah	Waktu Pengamatan						
	07.00-08.00	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00
SMAN 2 Padang	26.40	27.23	28.18	28.85	29.43	30.05	30.43
SMAN 3 Padang	26.31	27.00	27.54	28.48	29.33	30.08	30.69
SMAN 4 Padang	25.48	27.60	29.45	30.50	30.93	32.18	32.68
SMAN 5 Padang	25.58	27.80	28.48	29.75	30.65	31.20	30.95
SMAN 6 Padang	25.45	27.62	29.35	30.50	30.93	32.17	32.54
SMAN 7 Padang	26.59	27.93	29.31	30.56	31.59	31.80	31.80
SMAN 9 Padang	24.43	25.98	27.73	29.38	30.52	31.67	32.29
SMAN 10 Padang	26.80	26.80	26.80	26.80	26.80	26.80	26.80
SMAN 11 Padang	24.90	26.52	27.98	29.10	30.00	30.19	30.52
SMAN 12 Padang	26.18	27.75	29.20	30.05	30.70	31.45	31.68
SMAN 14 Padang	26.08	27.28	28.33	29.65	30.20	31.35	31.80

Tabel 6. Rekapitulasi Data Hasil Pengukuran untuk Variabel Kelembaban Relatif

Sekolah	Waktu Pengamatan						
	07.00-08.00	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00
SMAN 2 Padang	83.50	83.00	81.00	78.25	75.50	72.75	71.00
SMAN 3 Padang	85.42	80.67	74.50	67.75	61.33	60.42	63.08
SMAN 4 Padang	89.00	81.75	74.25	69.50	70.50	65.00	63.80
SMAN 5 Padang	90.00	81.50	76.75	69.50	67.00	67.00	67.00
SMAN 6 Padang	90.25	87.50	86.25	83.25	71.00	66.00	64.00
SMAN 7 Padang	90.75	86.92	81.17	76.25	69.75	64.92	65.77
SMAN 9 Padang	81.00	79.58	75.08	65.75	62.92	58.92	56.54
SMAN 10 Padang	64.92	64.92	64.92	64.92	64.92	64.92	64.92
SMAN 11 Padang	94.75	83.08	76.42	69.42	64.83	66.08	65.23
SMAN 12 Padang	93.75	86.75	80.50	78.25	74.50	73.25	73.50
SMAN 14 Padang	84.25	81.00	76.75	73.75	73.75	72.75	69.75

Tabel 7. Rekapitulasi Data Hasil Pengukuran untuk Variabel Kecepatan Angin

Sekolah	Waktu Pengamatan						
	07.00-08.00	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00
SMAN 2 Padang	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
SMAN 3 Padang	0	0	0	0	0	0	0
SMAN 4 Padang	0	0	0	0	0	0	0
SMAN 5 Padang	0	0	0	0	0	0	0
SMAN 6 Padang	0	0	0	0	0	0	0
SMAN 7 Padang	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
SMAN 9 Padang	0	0	0	0	0	0	0
SMAN 10 Padang	0	0	0	0	0	0	0
SMAN 11 Padang	0	0	0	0	0	0	0
SMAN 12 Padang	0	0	0	0	0	0	0
SMAN 14 Padang	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 8. Nilai Insulasi Pakaian Individu

Laki-laki		Perempuan	
<i>Men's briefs</i>	0.04	<i>Bra</i>	0.01
<i>T-shirt</i>	0.08	<i>Panties</i>	0.03
<i>Short sleeve</i>	0.17	<i>halfslip</i>	0.14
<i>Straight trousers (thin)</i>	0.15	<i>T shirt</i>	0.08
<i>Socks</i>	0.03	<i>Long sleeve</i>	0.34
<i>Shoes</i>	0.1	<i>skirt</i>	0.14
		<i>Scraft</i>	0.03
		<i>Socks</i>	0.03
		<i>Shoes</i>	0.1
Clo	0.57	Clo	0.90

Sedangkan untuk nilai laju metabolisme dari individu pengguna ruangan diasumsikan bernilai 1 MET, atau setara dengan 55 W/m², karena aktifitas yang dilakukan oleh individu (siswa) adalah duduk dan membaca.

Berdasarkan tabel perbandingan PMV dan PPD hitung dengan PMV dan PPD individual vote diatas terlihat perbedaan antara nilai PMV dan PPD yang diperoleh berdasarkan perhitungan menggunakan rumus PMV dan PPD dengan yang diperoleh berdasarkan

Tabel 9. Hasil Perhitungan PMV dan PPD Rata-Rata di SMA - SMA Negeri Kota Padang

Sekolah	PMV Rata-rata	PPD Rata-rata (%)
SMA Negeri 2 Padang	0.99	27.44
SMA Negeri 3 Padang	1.28	39.60
SMA Negeri 4 Padang	1.81	67.31
SMA Negeri 5 Padang	1.51	51.95
SMA Negeri 6 Padang	1.49	50.73
SMA Negeri 7 Padang	1.42	47.21
SMA Negeri 9 Padang	1.32	41.79
SMA Negeri 10 Padang	0.85	21.47
SMA Negeri 11 Padang	1.42	47.11
SMA Negeri 12 Padang	1.69	61.48
SMA Negeri 14 Padang	1.71	62.43

Tabel 10. Hasil Perhitungan PMV dan PPD berdasarkan *Individual Vote* di SMA - SMA Negeri Kota Padang

Sekolah	PMV Rata-rata	PPD Rata-rata
SMA Negeri 2 Padang	0.70	19.30%
SMA Negeri 3 Padang	0.59	29.31%
SMA Negeri 4 Padang	1.13	62.26%
SMA Negeri 5 Padang	1.00	38.98%
SMA Negeri 6 Padang	1.05	32.26%
SMA Negeri 7 Padang	0.95	32.76%
SMA Negeri 9 Padang	0.63	37.29%
SMA Negeri 10 Padang	0.04	27.45%
SMA Negeri 11 Padang	0.51	18.92%
SMA Negeri 12 Padang	0.93	57.41%
SMA Negeri 14 Padang	0.96	40.00%

hasil *individual vote* kuisisioner untuk masing-masing SMA.

Untuk PMV hitung diperoleh rentang nilai PMV dari indeks +1 (sedikit panas) sampai dengan +2 (panas), sedangkan untuk nilai PMV hasil *individual vote* berada pada rentang indeks +0,5 (netral) sampai dengan +1 (sedikit panas). Sehingga dapat disimpulkan bahwa hampir seluruh SMA Negeri di Kota Padang memiliki sensasi termal ruangan yang sedikit panas dan panas kecuali SMAN 10 yang memperoleh indeks PMV *individual vote* sebesar 0,04. Hal ini berarti siswa-siswi SMA Negeri 10 merasakan sensasi termal ruangan sekolah mereka berada pada kondisi netral.

Untuk persentase PPD, hampir seluruh sekolah baik berdasarkan perhitungan maupun *individual vote* diperoleh nilai persentase yang lebih besar dari angka 20% pada 9 sekolah, sedangkan dua sekolah

lainnya yaitu SMA Negeri 2 dan SMA Negeri 11, meskipun memiliki nilai PPD dibawah 20% tapi masih di atas 18%. Dari nilai PPD ini dapat disimpulkan bahwa kondisi dan kenyamanan termal di ruang kelas SMA-SMA Negeri Kota Padang dinilai tidak nyaman dan tidak dapat diterima oleh sebagian besar siswa.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan, diperoleh bahwa nilai temperatur udara dan temperatur radiant pada setiap sekolah adalah antara 27°C-30°C, kelembaban udara antara 68%-80%, kecuali SMAN 10 memiliki temperatur udara dan temperatur radiant antara 26,89°C dan 26,80°C dan kelembaban rata-rata sebesar 64,92%. Hal ini disebabkan oleh penggunaan AC di ruang kelas yang ada di SMAN 10 tersebut. Sedangkan kecepatan angin diperoleh sebesar 0 m/s untuk sekolah yang tidak memiliki kipas angin dan 0,5 m/s untuk sekolah yang memiliki kipas angin.
2. Sensasi kenyamanan termal dari pengguna ruang kelas SMAN Kota Padang dapat ditentukan dengan mendapatkan nilai PMV dan persentase PPD berdasarkan perhitungan dan berdasarkan *individual vote* yang diperoleh dari hasil kuesioner. Untuk PMV hitung diperoleh rentang nilai PMV dari indeks +1 (sedikit panas) sampai dengan +2 (panas), sedangkan untuk nilai PMV hasil *individual vote* berada pada rentang indeks +0,5 (netral) sampai dengan +1 (sedikit panas). Sehingga dapat disimpulkan bahwa hampir seluruh SMA Negeri di Kota Padang memiliki sensasi termal ruangan yang sedikit panas dan panas kecuali SMA Negeri 10 yang memperoleh indeks PMV *individual vote* sebesar 0,04. Hal ini berarti siswa-siswi SMA Negeri 10 merasakan kondisi termal ruangan sekolah mereka berada pada kondisi netral.

Untuk persentase PPD, hampir seluruh sekolah baik berdasarkan perhitungan maupun *individual vote* diperoleh nilai persentase yang lebih besar dari angka 18%, sehingga dapat disimpulkan bahwa kenyamanan termal di masing-masing ruang kelas SMA-SMA Negeri di Kota Padang tidak dapat diterima oleh para siswa. Hal ini terjadi

karena pengaruh lingkungan fisik yang ada di lingkungan sekitar sekolah.

3. Rekomendasi yang dapat diberikan adalah dengan melakukan pendekatan mekanis, yaitu menggunakan AC pada setiap ruang. Namun pendekatan ini membutuhkan biaya operasional yang tidak sedikit dan merupakan tindakan yang tidak berwawasan lingkungan karena menjadi pemicu terjadinya *global warming*. Rekomendasi lain yang dapat diberikan adalah:
 - a. Pemanfaatan elemen arsitektur berupa tirai, pemanfaatan lansekap dengan menanam pepohonan disekeliling sekolah dan didalam pekarangan sekolah.
 - b. Sekolah dapat memilih untuk mengganti warna cat dinding sekolah terutama interior dengan warna-warna yang lebih terang dan memantulkan kembali radiasi panas yang diterimanya, karena warna terang lebih sedikit menyerap kalor dibanding warna lainnya [5].

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh pada penelitian ini, maka dapat disarankan beberapa hal untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu melakukan evaluasi kenyamanan termal ruang belajar di SMA-SMA swasta dan di tempat lainnya seperti tempat kantor, tempat olah raga dan tempat-tempat lainnya, serta penelitian dapat dilanjutkan dengan melakukan evaluasi mengenai hubungan antara kenyamanan termal dengan kualitas performansi belajar siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASHRAE, "Handbook of Fundamental Chapter 8" *Physiological Principles, Comfort, and Health* ASHRAE, USA, 1989.
- [2] M. Surya, *Psikologi Pendidikan*, Bandung: Jurusan PPB FIP IKIP, 1979.
- [3] Slameto, *Belajar dan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhinya*, Jakarta: Rineka Cipta, 2003.
- [4] H. Frick, *Ilmu Fisika Bangunan, Seri Konstruksi Arsitektur 8*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius, 2008.
- [5] Y. B. Mangunwijaya, *Pengantar Fisika Bangunan*, Jakarta: Djambatan, 1988.