

# Optimalisasi Kualitas Kenyamanan Thermal di Ruang Kantor dan Aula Islamic Centre UIN SUSKA Riau

Oleh: Nurlaili<sup>1</sup> dan Nofirza<sup>2</sup>

## Abstract

*Energy conservation in buildings is a serious attention in Indonesia, including as one of the focus in the Roadmap Research, Development, and Application of Science and Technology Field of New and Renewable Energy Sources from the Ministry of Research and Technology. This study aims to determine the thermal comfort of office space and a ballroom Islamic Center (IC) State Islamic University of Suska Riau and analyze the concept of design right in an effort to optimize the thermal comfort. Data processing using "software calculator PMV" provided by Luma Sense Technologies to get the value of PMV-PPD and thermal comfort questionnaire respondents. The results of data processing show when the AC On in the office space, the average employee feels comfortable with the PMV value of 0.7 (slightly warm) and PPD value of 16.89 (mean 16.89% of people feel uncomfortable in the room), but when the air conditioner off at 12.00 am, the PMV value rose to 2.76 (Hot) and PPD 96.57 (mean 96.57% of people feel uncomfortable). As for the condition of the hall with AC On the value of PMV = 1.8 (warm), PPD value of 67.89 (mean 67.89% of people feel uncomfortable), and so the AC off at 12.00 pm, the PMV value rose to 3.1 (Hot) with PPD 99, 5 (mean everyone does not feel comfortable being in the hall at that time). This clearly indicates thermal comfort in office space and a ballroom of State Islamic University of Suska Riau at Islamic center relies heavily on the use of air conditioning, so the AC Off the thermal comfort is reduced drastically, especially in the middle of the day and hot weather during the term of the study. Based on the analysis and discussion of design concepts found most appropriate to the condition of the building with the addition of the IC is the insulation of the building, with one of the alternative types of polyurethane foam insulation is spray applied a simple and practical and appropriate for buildings that have been standing.*

**Keywords:** building insulation, thermal comfort, concept design, PMC, PPD

## Pendahuluan

Berdasarkan penelitian Puslitbang Permukiman terhadap gedung SDA Kementerian PU pada tahun 2010, menunjukkan bahwa konsumsi energi listrik untuk pendinginan ruangan mencapai 65% (Tim Balai Sains Bangunan, 2010). Konsumsi energi listrik tersebut diduga terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah bangunan dan pemanasan global yang mempengaruhi kondisi iklim setempat.

Konservasi energi pada bangunan gedung ini mendapatkan perhatian yang serius di Indonesia, di antaranya melalui Inpres No. 10/2005, Kepmen ESDM No. 0983 K/16/MEM/2004 tentang Kebijakan Energi Nasional, dan Kepmen ESDM No. 0002 tahun 2004 tentang Kebijakan Energi Hijau. Selain itu, upaya konservasi energi juga masuk sebagai salah satu fokus dalam Roadmap Penelitian, Pengembangan, dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bidang Sumber Energi Baru dan Terbarukan untuk Mendukung Keamanan Ketersediaan Energi Tahun 2005–2025 dari Kementerian Riset dan Teknologi RI.

Mengingat besarnya konsumsi energi listrik untuk mendapatkan kenyamanan termal pada bangunan, maka besarnya kebutuhan riil kenyamanan termal bagi penghuni bangunan di Indonesia sudah saatnya untuk diteliti. Hal ini diperlukan agar kita dapat menentukan strategi penghematan energi secara menyeluruh, terutama di sektor bangunan.

UIN Sultan Syarif Kasim Riau merupakan salah satu Perguruan Tinggi di Riau yang saat ini sedang membenahi pembangunan fisik, baik gedung perkuliahan, perkantoran, dan fasilitas fisik lainnya. UIN Suska memiliki dua kampus yaitu: Kampus 1 di Jln. K.H. Ahmad Dahlan yang disebut juga dengan kampus "Tuanku Tambusai" dengan total luas gedung 7.320 M<sup>2</sup> dan kampus II di Jln. H. Soebrantas KM. 15 yang disebut juga dengan kampus "Raja Ali haji", dengan total luas gedung adalah 25.760 M<sup>2</sup>. Sejalan dengan meningkatnya kebutuhan fasilitas fisik tersebut, maka kebutuhan energi juga ikut meningkat. Rata-rata ruangan, baik ruang perkantoran dan aula sudah dilengkapi dengan pendingin udara yang tentu

saja akan mempengaruhi konsumsi energi total.

## Lingkungan Kerja dan Kenyamanann Termal

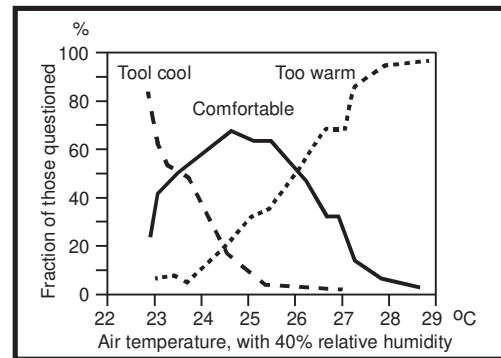
Manusia dalam melakukan aktivitas tidak akan terlepas dari berbagai pengaruh lingkungan sekitarnya yang selalu membawa dampak positif maupun negatif. Secara langsung maupun tidak langsung, lingkungan sangat mempengaruhi aktivitas manusia. Kualitas lingkungan kerja fisik dapat menimbulkan gangguan terhadap suasana kerja dan sangat berpengaruh terhadap kesehatan dan keselamatan kerja apabila tidak dapat dikendalikan dan dikontrol. Oleh karena itu, kualitas lingkungan kerja harus ditangani dan didesain secara baik (Wignjosebroto, 1995).

Lingkungan kerja merupakan salah satu kajian dalam bidang ergonomi industri, di mana lingkungan kerja memperhatikan interaksi yang terjadi antara manusia (*man*), tugas/pekerjaan (*task*), dan lingkungan (*environment*). Lingkungan kerja yang nyaman sangat dibutuhkan oleh pekerja untuk dapat bekerja secara optimal dan produktif. Oleh karena itu, lingkungan kerja harus ditangani atau didesain sedemikian rupa sehingga menjadi kondusif terhadap pekerja untuk melaksanakan kegiatan dalam suasana yang aman dan nyaman. (Marsidi dan Ch. Desi Kusmindari, 2009). Salah satu indikator yang bisa diperhitungkan dalam upaya mendapatkan kenyamanan dalam bekerja adalah kondisi thermal dari ruang kerja. Banyak faktor yang mempengaruhi kondisi thermal dalam ruang kerja, antara lain temperatur dan kelembaban udara. Rata-rata ruangan perkantoran di Indonesia sudah menggunakan pendingin ruangan (AC), yang menggunakan energi listrik untuk mengurangi efek panas yang ekstrim ketika bekerja. Faktanya suhu yang terlalu panas dan suhu yang terlalu dingin akan memberikan efek yang sama-sama tidak baik bagi kesehatan dan produktivitas pekerja.

Kemampuan manusia beradaptasi dengan temperatur lingkungan secara umum dilihat dari perubahan suhu tubuh. Manusia dianggap mampu beradaptasi dengan perubahan temperatur lingkungan bila perubahan suhu tubuh tidak terjadi atau perubahan suhu tubuh yang terjadi masih pada rentang yang aman. Sebagaimana diketahui bahwa suhu tubuh (suhu inti tubuh) atau *core body temperature* harus berkisar antara 37°–38° C (Hendra, 2009). Apabila suhu lingkungan tinggi (lebih tinggi daripada suhu

tubuh normal), maka akan menyebabkan terjadinya peningkatan suhu tubuh karena tubuh menerima panas dari lingkungan. Sedangkan hal yang sebaliknya terjadi, yaitu bila suhu lingkungan rendah (lebih rendah daripada suhu tubuh normal), maka panas tubuh akan keluar melalui evaporasi dan ekspirasi sehingga tubuh dapat mengalami kehilangan panas (Hendra, 2009).

Daerah musim panas/tropis, untuk kondisi ruang yang tidak memakai AC suhu udara di dalam ruang direkomendasikan antara 20°C sampai dengan 27°C, sedangkan untuk ruang yang memakai AC adalah 24°C. Kelembaban nisbi yang nyaman pada daerah tropis atau musim panas adalah antara 40% sampai dengan 60%. Untuk mengetahui tingkat suhu yang optimal dalam suatu lingkungan kerja disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Tingkat suhu yang memberikan kenyamanan dalam bekerja (daerah tropis)

Dari gambar tersebut diketahui bahwa suhu yang memberikan kondisi nyaman adalah sekitar 23°C sampai dengan 27°C dengan tingkat kelembaban nisbi 40% (Grandjean, 1993 dalam Eko Nurmianto, 2005). Pengkombinasian Ilmu Ergonomi (*Human Centre*) dengan konsep rancang bangun dapat diharapkan menjadi salah satu solusi cerdas yang bisa diterapkan dalam pendesainan gedung. Evaluasi efek kenyamanan thermal dapat menjadi langkah awal dalam mensukseskan program penghematan energi. Akan sangat bijaksana ketika pemakaian energi ini disesuaikan dengan kebutuhan dari si pekerja, sehingga tidak terjadi pembaziran energi yang semakin hari semakin mahal untuk diperoleh.

### 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:

- +3 hot
- +2 warm
- +1 slightly warm
- 0 neutral
- 1 slightly cool
- 2 cool
- 3 cold

Indeks PMV merupakan indeks yang mengindikasikan kondisi dingin dan panas yang dirasakan manusia pada skala -3 sampai 3. PMV mempertimbangkan beberapa faktor yang berhubungan dengan keseimbangan termal di dalam tubuh yaitu (Charles, Kate E, 2003):

1. Faktor lingkungan, terdapat empat parameter lingkungan yang dipertimbangkan, yaitu temperatur udara, temperatur radiasi, kecepatan aliran udara, dan kelembaban udara.
2. Tingkat aktivitas, berpengaruh kepada metabolisme tubuh, yaitu energi yang dikeluarkan akibat aktivitas otot. Tingkat aktivitas biasanya dinyatakan dalam satuan MET (1MET = 58,2 W/m<sup>2</sup>). Pengukuran tingkat aktivitas manusia dilakukan pada aktivitas rata-rata yang dilakukan selama 1 jam terakhir. Tabel 2.4 menunjukkan nilai metabolisme untuk beberapa aktivitas untuk manusia dewasa.
3. Jenis pakaian, setiap jenis pakaian memiliki daya serap terhadap panas yang berbeda-beda. Pakaian biasanya diklasifikasikan berdasarkan nilai insulasinya. Satuan yang digunakan untuk mendefinisikan daya insulasi ini adalah clo (1 clo = 0,155 m<sup>2</sup>oC/W). Menentukan nilai insulasi beberapa jenis pakaian secara terpisah dapat dihitung dengan persamaan

$$I_{cl} = \sum I_{clu}$$

Persamaan PMV menggunakan kondisi keseimbangan kondisi panas dalam tubuh dan menggunakan deviasi dari beban minimum pada mekanisme penerimaan panas, sehingga semakin besar bebannya, maka semakin besar penyimpangannya dari 0. Nilai PMV dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (ASHRAE, 1989):

$$PMV = (0.303e^{-0.036M}e^{-0.036M} + 0.028) \left( (M-W) - 3.05 \times 10^{-3} - 10^{-3} \times (5733 - 6.99(M-W) - 0.42 \times ((M-W) - 58.15) - 1.7 \times 10^{-5} - 10^{-5} M(5867 - P_a) - 0.0014M(34 - 3.96 \times 10^{-8} - 10^{-8} f_{cl} \times ((t_{cl} + 273)^4) - (t_r + 273)^4) - f_{cl} \times h_c(t_{cl} - t_a) \right)$$

$$PPD = 100 - 95e^{(0.03353PMV^4 + 0.2179PMV^2)} e^{(0.03353PMV^4 + 0.2179PMV^2)}$$

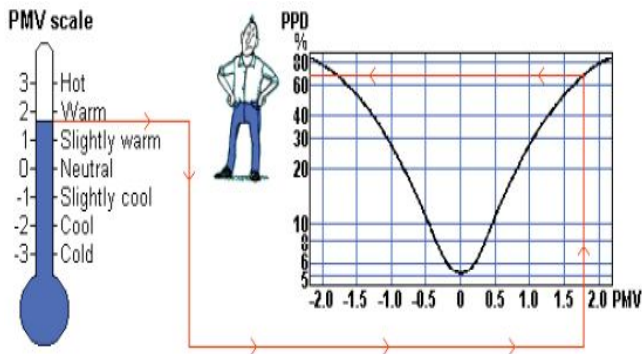
Keterangan:

- M = nilai metabolisme, dalam W/m.
- W = kegiatan external, dalam W/m = 0, untuk kebanyakan aktivitas.
- I<sub>cl</sub> = daya tahan thermal pada pakaian, dalam m K/W.
- f<sub>cl</sub> = rasio area permukaan orang ketika berpakaian, dengan area permukaan ketika tidak berpakaian.
- t<sub>a</sub> = temperature udara dalam °C.
- t<sub>r</sub> = mean radiant temperature dalam °C.
- var = kecepatan relative udara (relatif terhadap tubuh manusia) dalam mph.
- p<sub>a</sub> = partial water vapour pressure, dalam Pa.
- h<sub>c</sub> = convective heat transfer, dalam W/m K.
- t<sub>cl</sub> = permukaan temperatur pakaian, dalam clo, ini dihitung untuk kondisi ketika tubuh manusia berada pada keseimbangan thermal-heat loss lingkungan diseimbangkan oleh produksi metabolisme panas.

Untuk menghitung formula tersebut digunakan perangkat lunak software kalkulator PMV yang dikembangkan oleh Luma Sense Technologies yang telah memenuhi standar ISO 7730, dan telah diakui secara resmi oleh ASHRAE, di mana perangkat lunak ini dapat menghitung besarnya nilai PMV dan PPD secara sekaligus.

### PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*)

*Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD) bisa dihasilkan dari PMV dan ini berhubungan dengan range temperature. *Dissatisfied* didefinisikan sebagai persentase orang yang tidak memilih -1, 0 ataupun +1. Hubungan ini dapat dilihat pada Gambar 2. Pada gambar dapat dilihat bahwa untuk nilai PMV = 0, terdapat 5% orang yang merasa *dissatisfied* (ASHRAE, 1989 dalam Helenda Eka Putri, 2011).



Gambar 2. Hubungan antara PMV dan PPD

### Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilaksanakan di kampus UIN Suska Riau, khususnya gedung *Islamic Centre* yang terdiri dari dua lantai, yaitu lantai I sebagai ruang perkantoran beberapa unit yang ada di UIN Suska dan lantai II yang dimanfaatkan sebagai aula. Pengukuran kondisi ruangan dilakukan pada tiga kondisi, yaitu: ketika AC *On*, ketika AC *Off* pada pukul 10.00 WIB, dan ketika AC *Off* pada pukul 12.00 WIB.

Perhitungan variabel lain yang digunakan dalam *software* adalah:

1. Untuk nilai *clothing* yang digunakan adalah: 0,59  
Meliputi:
  - a. Pakaian dalam (celana dan singlet) : 0,11
  - b. Kemeja Lengan Panjang: 0,26
  - c. Celana panjang ringan: 0,22
2. Nilai *activity* (met), karena kegiatan yang dilakukan adalah pekerjaan ringan, seperti membaca, menulis, mengetik dsbg maka nilai dari *activity* adalah 1 met.
3. Untuk kecepatan udara di dalam ruangan adalah seperti yang dikatakan Mangunwijaya (1994), dalam bukunya yang berjudul *Fisika Bangunan*, untuk nilai kecepatan udara tidak ada angin adalah 0-2, dan untuk menyesuaikan terhadap *software* yang digunakan maka untuk kecepatan angin yang digunakan adalah 0,15.
4. *Mean radiant temp* yang digunakan disamakan dengan temperature hasil pengukuran karena pengaruh penggunaan AC dan karena ketidaktersediaan *Glovesmeter* untuk mengukurnya

Contoh perhitungan PMV dan PPD Ruang Aula

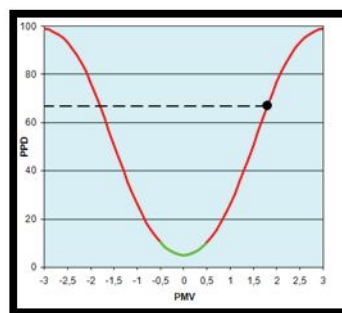
ketika AC *On*

Tabel 1. Input PMV PPD Pada Ruang Aula AC *On*

Parameter	Input	
Clothing (clo)	0,59	[0 to 2clo]
Air temp. (°C)	31,0	[10 to 30°C]
Mean radiant temp. (°C)	31,0	[10 to 40°C]
Activity (met)	1,0	[0,8 to 4met]
Air speed (m/s)	0,15	[0 to 1m/s]
Relative humidity (%)	46,0	[30 to 70%]

Tabel 2. Output dan grafik PMV PPD Ruang Aula AC *On*

Parameter	Results
Operative temp. (°C)	31
PMV	1,8
PPD	67,0



Berdasarkan tabel output dan grafik PMV-PPC tersebut dapat kita lihat bahwa nilai PMV yaitu 1,8 di mana nilai ini mendekati dua, yang artinya rata-rata orang merasakan sensasi rasa hangat (*warm*) ketika berada dalam ruangan dan ada kemungkinan sekitar 67,0% orang merasa tidak nyaman berada pada ruangan tersebut.

Tabel 3. Rekap Data *Thermal* Ruang *Islamic Center*

No.	Ruangan	AC On				AC Off Pukul 10.00				AC Off Pukul 12.00			
		°C	%	PMV	PPD	°C	%	PMV	PPD	°C	%	PMV	PPD
1	Arsip												
2	Museum dan Pustaka LPM	30	42	1,4	45,5	33	65	2,9	98,6	34	69	3,0	99,1
3	Rapat												
4	Naib syekh	28	34	0,6	12,5	33	56	2,7	98,6	33	62	2,8	97,8
5	Director Ma.HAD	29	34	1,0	26,1	33	56	2,7	98,6	33	62	2,8	97,8
6	Rapat LPM												
7	Kapus LPM												

8	Sekretariat LPM	30	42	1,4	4,55	32	63	2,4	91,1	33	65	2,9	98,6
9	Kapus Penelitian dan Penerbitan	26	24	-0,2	5,8	30	45	1,5	50,9	33	58	2,8	97,8
10	Sekretariat LPP	29	36	1,0	26,1	31	63	2,0	76,8	33	66	2,9	98,6
11	Rapat LPP	27	32	0,2	5,8	30	44	1,4	45,5	33	65	2,9	98,6
12	Director LPP	27	32	0,2	5,8	30	44	1,4	45,5	32	62	2,4	91,1
13	Koperasi UIN SUSKA	29	35	1,0	26,1	32	60	2,4	91,1	33	64	2,4	91,1
14	Director LPM	27	32	0,2	5,8	30	43	1,4	45,5	33	67	2,9	98,6
15	Kapus Study Gender dan Anak	29	36	1,0	26,1	31	58	2,0	76,8	33	68	2,9	98,6
16	Building Management	28	37	0,6	12,5	31	58	2,0	76,8	32	60	2,4	91,1
17	Aula	31	46	1,8	67,0	33	65	2,9	98,6	34	72	3,1	99,5

**Tabel 4.** Rekapitulasi Sensasi Termal Hasil Kuesioner untuk Ruang Kantor dan aula

No	Sensasi Termal	Responden kantor		Responden Aula	
		AC On	AC Off	AC On	AC Off
1	Sangat nyaman	11.76%	-	-	-
2	nyaman	52.94%	-	-	-
3	sedikit nyaman	5.88%	-	10.71%	-
4	netral	23.53%	17.65%	42.86%	3.57%
5	Sedikit tidak nyaman	-	11.76%	42.86%	14.29%
6	tidak nyaman	5.88%	70.59%	3.57%	75.00%
7	Sangat Tidak nyaman	-	-	-	7.14%
Jumlah		100%	100%	100%	100.00%

## Evaluasi Performansi Termal Bangunan Sebelum Usulan

Jika dilihat kondisi ruangan yang telah menggunakan AC, performansi dan kenyamanan thermal menjadi nyaman bagi karyawan. Tetapi dengan kondisi seringnya mati lampu sehingga ruangan menjadi panas (karena AC tidak nyala) maka temperatur naik dan nyaman thermal menjadi berkuang drastis. Berdasarkan wawancara dengan berbagai pihak, hal ini mengakibatkan terganggunya aktivitas di kantor, bahkan beberapa karyawan sampai meninggalkan ruangan karena ruangan menjadi panas dan tidak nyaman.

Nilai clothing dari pakaian pegawai dianggap seragam, dengan pertimbangan pegawai menggunakan pakaian yang homogen jenisnya, yaitu pakaian kantor. Untuk nilai clothing yang digunakan adalah: 0,59 meliputi:

- Pakaian dalam (celana dan singlet): 0,11
- Kemeja Lengan Panjang : 0,26
- Celana panjang ringan : 0,22

Nilai *activity* (met), karena kegiatan yang dilakukan adalah pekerjaan ringan, seperti membaca, menulis, mengetik dan sebagainya, maka nilai dari *activity* adalah 1 met. Sedangkan untuk kecepatan udara di dalam ruangan adalah seperti yang dikatakan Mangunwijaya (1994), untuk nilai kecepatan udara tidak ada angin adalah 0-2, dan untuk menyesuaikan terhadap software yang digunakan maka untuk kecepatan angin yang digunakan adalah 0,15.

Berdasarkan unsur lansekap di *Islamic Center*, yaitu pohon dan vegetasi—di mana kedua elemen ini selain sebagai elemen arsitektur, dapat juga digunakan sebagai pelindung terhadap radiasi matahari—terlihat belum begitu ditangani dengan tepat. Sekeliling bangunan terlihat gersang dan ketika kondisi mati lampu dan pintu ruangan dibuka, tidak ada/sedikit aliran udara sejuk yang masuk, karena pohon dan tanaman tidak dimanfaatkan, terutama pada musim panas seperti pada saat penelitian dilakukan.

## Analisis Konsep Rancang Bangun Ruang Kantor dan Aula Islamic Center UIN Suska Riau

Mengingat bangunan dirancang untuk ruangan AC, maka konsep rancang bangun yang dapat diusulkan adalah penambahan insulasi serapan panas/kalor terhadap bangunan. Dalam hal ini insulasi yang dianjurkan adalah "*polyurethane foam* jenis *spray*", di mana berdasarkan *literature review*, pemanfaatan insulasi ini mempunyai beberapa kelebihan dibanding insulasi jenis lain yaitu:

- Praktis digunakan, yaitu dengan cara disemprotkan langsung pada media yang akan diinsulasi,
- Efektif, di mana insulasi ini dapat menutup pori dan celah yang bisa merambatkan panas.
- Proses pekerjaan lebih cepat, bisa vertikal dan horizontal.

- Tidak berdebu, tidak berbau, anti rayap, ringan, awet dan tahan lama.

## Kesimpulan dan Saran

Kualitas kenyamanan termal (temperatur dan kelembaban) ruang perkantoran Lantai I dan aula Gedung Islamic Center UIN Suska Riau berdasarkan hasil analisa kenyamanan termal adalah: pada ruang kantor saat AC On, rata-rata pegawai merasa nyaman dengan nilai PMV 0,7 (*slightly warm*/sedikit hangat) dan nilai PPD 16,89 yang berarti bahwa hanya 16,89% pegawai yang merasa tidak nyaman dengan kondisi ruang tersebut. Tetapi ketika AC Off pukul 10.00 WIB, nilai PMV rata-rata naik menjadi 2,07 (*warm*/hangat) dengan nilai PPD 74,65 yang berarti ada kemungkinan 74,65% pegawai merasa tidak nyaman dengan kondisi ruangan. Dan ketika AC Off pada pukul 12.00 WIB, nilai PMV menjadi 2,76 (*Hot*/panas) dan PPD 96,57 yang mengindikasikan bahwa hampir semua orang atau 96,57% pegawai merasa tidak nyaman dalam ruangan perkantoran tersebut.

Sedangkan pada aula, dengan kondisi AC On nilai PMV = 1.8 yang menunjukkan temperatur dalam tingkatan *warm*/hangat, dan nilai PPD 67 yang berarti 67% orang yang ada di dalam aula tersebut merasa tidak nyaman. Nilai PMV menjadi 2,9 (*Hot*/panas) dengan PPD 98,6 ketika kondisi AC Off pukul 10.00 WIB, dan PMV = 3,1 (*Hot*/panas) dengan PPD 99,5 jika AC Off pada pukul 12.00 WIB, yang berarti jika terjadi mati lampu, baik pada pukul 10.00 WIB ataupun pukul 12.00 WIB, maka secara cepat temperatur termal naik dan hampir semua orang akan merasa tidak nyaman dengan kondisi tersebut.

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan serta studi literatur dari berbagai sumber, konsep rancang bangun yang paling tepat untuk bangunan *Islamic center* yang telah berdiri dalam waktu belum begitu lama, adalah dengan menambahkan insulasi bangunan untuk perkantoran dan aula tersebut. Di mana dari berbagai literatur, insulasi jenis *polyurethane foam* jenis *spray* menjadi alternatif terbaik dengan keunggulannya bahwa mudah untuk diaplikasikan, yaitu dengan disemprotkan langsung pada media yang akan di insulasi, sehingga tidak ada celah yang bisa merambatkan panas. Selain itu keuntungan lainnya adalah proses pekerjaan lebih cepat, bisa vertikal dan horizontal, tidak berdebu, tidak berbau, anti rayap, ringan, awet, dan tahan lama.

Untuk penelitian berikutnya, dapat dilanjutkan dengan melakukan pengukuran secara lebih mendalam mengenai informasi dan jumlah optimal penggunaan *polyurethane foam* jenis *spray* yang dibutuhkan untuk ruang perkantoran dan aula UIN Suska Riau. Sehingga tujuan efisiensi energi seperti yang sedang dicanangkan oleh pemerintah dapat terlaksana di UIN Suska Riau.

## Catatan: (Endnotes)

- 1 Dra. Nurlaili, M.Si. adalah Dosen pada Fakultas Syariah dan Ilmu Hukum UIN Suska Riau.
- 2 Nofirza, ST., M.Sc. adalah Dosen pada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau.

## Daftar Referensi

- ASHRAE. (1989). *ASHRAE Handbook Fundamentals*. SI Edition. Atlanta: ASHRAE, Inc.
- Charles, K.E. (2003). *Fanger's Thermal Comfort and Draught Models*. IRC-RR-162. National Research of Canada, Ottawa.
- E. Sari. (2011). *Analisis dan Perancangan Ulang Leaf Trollys yang Memenuhi Kaidah-Kaidah Ergonomi Studi Kasus di PTP. Nusantara VI Pabrik Teh Danau Kembar*. Jurnal Teknik Industri Universitas Trisakti.
- Eko Nurmiyanto. (2005). *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Jakarta: Guna Widya.
- Hendra. (2009). *Tekanan Panas dan Metode Pengukurannya ditempat Kerja*.
- Kementerian Riset dan Teknologi. (2006). *Penelitian, Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bidang Sumber Energi Baru dan Terbarukan untuk Mendukung Keamanan Ketersediaan Energi Tahun 2025*. Jakarta.
- Kurtubi. (2005). *Harga Minyak Dunia dan Kemelut Harga BBM. BBM, Antara Hajat Hidup dan Lahan Korupsi*. Jakarta: Penerbit Kompas. Tulisan tersebut dapat juga dilihat di Kompas, 26 Februari 2005.
- Marsidi dan Ch. Desi Kusmindari. (2009). *Pengaruh Tingkat Kelembaban Nisbi dan Suhu Ruang Kelas Terhadap Proses Belajar*.
- Muhammad Nur Fajri Alfata dan Fanny Kusumawati. (2012). *Standar Kenyamanan Termal Penghuni*

- Gedung Perkantoran Dalam Upaya Konservasi Energi.* Penelitian Puslitbang Permukiman–Kementerian Pekerjaan Umum.
- Sugiyono. (2002). *Statistika Untuk Penelitian*. Cet. IV. Bandung: CV. Alfabeta.
- Talarosa Basaria. (2005). *Menciptakan Kenyamanan Thermal dalam Bangunan*. Jurnal Sistem Teknik Industri Volume 6, No. 3 Juli 2005
- Tim Balai Sains Bangunan. 2010. *Laporan Audit Energi Gedung Sumberdaya Air dan Penataan Ruang Kementerian Pekerjaan Umum*. Bandung: Puslitbang Permukiman.
- Sritomo Wignjosebroto. (2008). *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*. Jakarta: Guna Widya.
- Wikipedia. *Insulasi thermal*. Diakses pada 15 September 2013, dari [http://id.wikipedia.org/wiki/Insulasi\\_thermal](http://id.wikipedia.org/wiki/Insulasi_thermal)
- Wiyadi. (2004). "Pengukuran Indeks Daya Saing Industri Kecil dan Menengah di Jawa Tengah". *Jurnal Sasat Bisnis*. 13 (1), 77-9.