

**KINERJA BANGUNAN DESAIN PASIF BERDASARKAN SIMULASI *ECOTECT*  
DAN PENGUKURAN LAPANGAN  
STUDI KASUS : BANGUNAN KONVENSI “GRHA WIKSA PRANITI” BANDUNG  
Building Performance of Passive Design Based on Ecotect Simulation  
and Field Measurement  
Case Study : Convention Center Building “Grha Wiksa Praniti” Bandung**

**Yuri Hermawan Prasetyo**

Loka Teknologi Permukiman Medan  
Pusat Litbang Permukiman, Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum  
Jl. Danau Tempe No. 6 Km. 18, Binjai, Medan  
E-mail : yuri.h@puskim.pu.go.id

Diterima : 07 Maret 2014; Disetujui : 28 Maret 2014

**Abstrak**

*Optimasi kinerja bangunan gedung melalui pendekatan pasif desain dapat meminimalkan konsumsi energi pada saat fase operasional (Arif Kamal, M. 2012), (Samanta, A. 2013 ). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja bangunan melalui kajian simulasi Ecotect dan hasil pengukuran lapangan pada gedung convention center Grha Wiksa Praniti di Bandung. Metode yang digunakan adalah komparasi kualitatif dengan membandingkan antara hasil simulasi Ecotect dengan standar dan hasil penelitian lain yang sudah dilakukan. Analisis data pengukuran lapangan digunakan sebagai validasi hasil simulasi. Pengukuran lapangan menggunakan instrumen Questemp, Kanomax dan Lux meter selama pukul kerja; yaitu mulai 08.00 – 18.00. Parameter yang diukur adalah temperatur udara (Tdb, Tglobe), kelembaban (RH), kecepatan angin (v) dan pencahayaan (Lux). Pengukuran temperatur juga dilakukan dengan menggunakan Data Logger selama 24 pukul pada ruang-ruang dengan fungsi utama yaitu ruang rapat timur, ruang rapat barat, ruang pameran, dan ruang konvensi. Analisis kinerja termal dilakukan dengan membandingkan suhu operatif (T0) dengan SNI (Standar Nasional Indonesia). Perbandingan suhu udara netral (Tn) dari perhitungan rumus ASHRAE dan suhu netral (Tn) rata-rata dari hasil penelitian kenyamanan adaptif dari beberapa penelitian juga dilakukan. Analisa pencahayaan mengacu pada standar besaran Lux yang sesuai dengan SNI 6197:2011. Hasil dari penelitian ini adalah rekomendasi untuk perbaikan sistem penghawaan dan pencahayaan alami pada ruang-ruang yang belum memenuhi standar termal dan standar intensitas cahaya pada saat pukul operasional bangunan.*

**Kata Kunci :** Ecotect, evaluasi, bangunan, pencahayaan, penghawaan, alami

**Abstract**

*Building performance optimization through passive design can minimize energy consumption during the operational phase. This study is aimed to evaluate the building performance through Ecotect simulation and field measurements of building convention center GrhaWiksaPraniti in Bandung. The method used is qualitative comparison by comparing the ecotect simulation results with standard and results of other studies that have been conducted. Analysis of field measurement is carried out to validate the simulation results. Field measurements was carried out by using instruments Questemp, Kanomax, and Lux meter during work hours starting at 8:00 a.m. to 6:00 p.m. Parameters measured were air temperature (Tdb, Tglobe), humidity (RH), wind speed (v), and lighting (Lux). Temperature measurement was also carried out by using a data logger for 24 hours in rooms with main function which ate the east meeting room, the west meeting room, the exhibition hall, and the convention hall. Thermal performance analysis was conducted by comparing operative temperature (T0) with SNI (Indonesian National Standard). Comparing neutral temperature (Tn) of the ASHRAE formula calculation and average of neutral temperature (Tn) results from several studies were conducted as well. Naturally lighting analysis refers to the standard SNI 6197:2011 concerning standard of light intensity (LUX). The results of this study were recommendations for improvement natural ventilation systems and natural lighting in rooms that have not conform by thermal comfort and lighting intensity standard during the operating hours of the building.*

**Keyword :** Ecotect, evaluation, building, lighting, ventilation, naturally

## PENDAHULUAN

Penelitian tentang kinerja bangunan gedung sudah banyak dilakukan untuk tujuan mencari optimasi kinerja bangunan melalui desain pasif (Arif Kamal, M. 2012), (Samanta, A. 2013). Salah satu parameter untuk mengukur kinerja bangunan adalah besarnya konsumsi energi pada saat operasional, khususnya energi untuk memenuhi kenyamanan termal dan pencahayaan. Energi yang paling banyak digunakan di bangunan gedung pada saat operasional adalah untuk kebutuhan pendinginan udara (*air conditioning*) dan pencahayaan. Bangunan dengan performa yang tinggi dan efisien terhadap energi memerlukan pendekatan desain yang berbeda dari bangunan konvensional. Prediksi performa bangunan dengan menggunakan simulasi dan modeling, berbasis penelitian dan dukungan data dalam proses desain adalah elemen kunci di dalam mendesain bangunan dengan performa tinggi (Aksamija, 2013).

Simulasi termal bangunan adalah metode yang tepat untuk mengkaji performa bangunan dan mengevaluasi desain arsitektur. Permasalahan desain yang kompleks dapat diteliti dan performanya dapat diukur dan dievaluasi (Bahar, et al, 2013). Di dalam dekade terakhir ini, program simulasi energi pada bangunan telah sering digunakan sebagai alat untuk merancang bangunan hemat energi (Douglass and Leake, 2011). Perangkat simulasi energi bangunan saat ini banyak digunakan untuk menganalisis atau memperkirakan konsumsi energi pada bangunan, untuk memfasilitasi desain dan operasional dari bangunan yang mana telah menunjukkan bahwa hasil simulasi sering dapat secara akurat mencerminkan sebenarnya dari hasil pengukuran (Yezioro and Leite, 2008).

Metode untuk bangunan berkinerja tinggi memerlukan penggunaan strategi desain pasif, teknologi bangunan yang canggih dan sistem energi yang terbarukan. Strategi desain pasif terdiri dari; *shading*/pembayangan, respon terhadap orientasi bangunan dan *site*, pemanfaatan ventilasi alami, dan penggunaan cahaya alami. Strategi pasif harus dimanfaatkan secara maksimal karena dampaknya dapat meminimalkan energi secara signifikan (Aksamija, 2013).

Analisis menggunakan simulasi masih memiliki beberapa kekurangan karena mengabaikan variabel yang tidak mudah dihitung atau diprediksi pada kondisi eksisting (Satwiko, 2004) dan

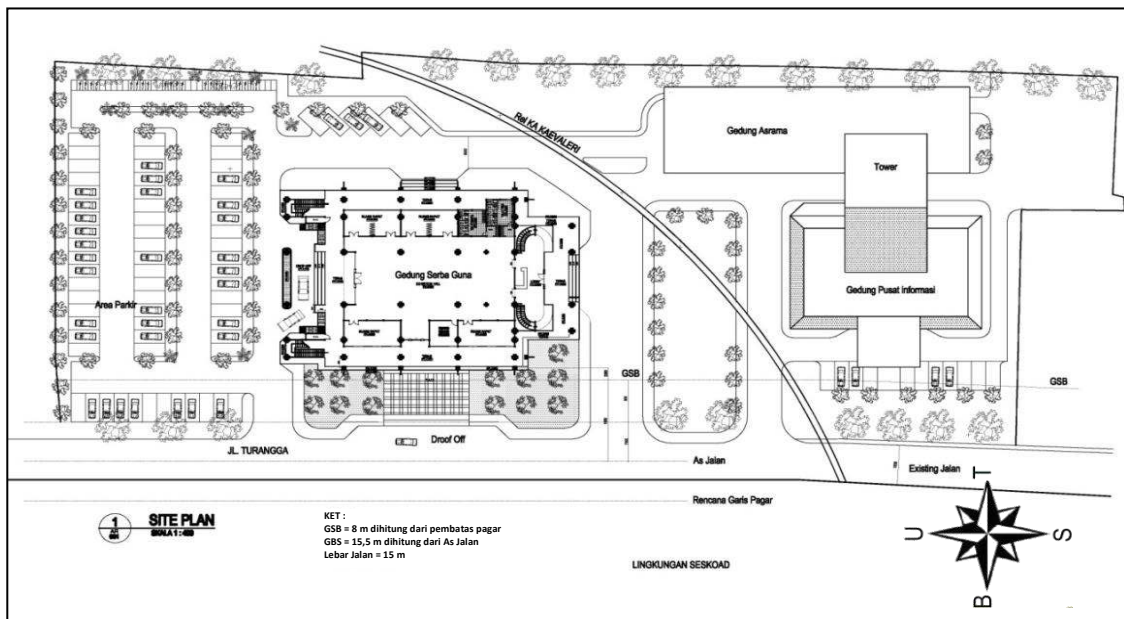
pendekatan yang digunakan lebih bersifat visual (Thuesen, dan Jensen, 2010). Maka daripada itu untuk tujuan memvalidasi hasil simulasi maka diperlukan pengukuran lapangan langsung terhadap obyek bangunan. Komparasi dengan kondisi nyata terhadap hasil simulasi perlu dilakukan untuk dapat secara cepat untuk mengidentifikasi kecurigaan atau hasil yang mungkin menunjukkan kesalahan. Kesalahan hasil dapat disebabkan oleh beberapa masalah seperti input data.

Grha Wiksa Praniti (GWP) adalah bangunan dengan fungsi untuk *convention center* yang berlokasi di Bandung dengan letak koordinat 06°55'43.62" Lintang Selatan dan 107°38'09.45" Bujur Timur. Dengan melihat koordinat tersebut maka dapat diketahui bulan yang mempunyai iklim terpanas yang digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan waktu pengukuran lapangan. Permukiman di sekitar lokasi mempunyai intensitas bangunan yang cukup padat yang dapat dilihat pada gambar situasi foto udara 1a. *Layout* bangunan membentuk persegi empat memanjang ke arah utara-selatan dan paralel dengan Jalan Turangga. Luas bangunan adalah  $\pm 1500 \text{ m}^2$  dengan panjang 50 m dan lebar 34 m. Situasi *site* mempunyai KDB 40% dengan *soft space* dan *hard space* pada area terbukanya masing-masing sebesar 20% dan 28% (gambar 1b) (Hermawan, 2013). Bangunan GWP dirancang dengan pendekatan desain pasif yaitu memanfaatkan ventilasi dan pencahayaan alami melalui optimasi desain fasade/selubung dan pola ruang. Upaya optimasi desain terlihat pada bentuk fasade yang mempunyai banyak bukaan ventilasi dan bidang transparan untuk pencahayaan alami (Gambar 2). Namun, kinerja bangunan GWP ini perlu dikaji setelah tahap pembangunan konstruksi selesai dan sudah masuk ke tahap operasional. Indikator penilaian adalah aspek kenyamanan termal dan kenyamanan visual. Seperti yang diamanatkan pada Undang-undang Bangunan Gedung (UUBG) Nomor 28 tahun 2000, bahwa bangunan harus memenuhi kriteria 4K yaitu; Keselamatan, Kesehatan, Kenyamanan, dan Kemudahan. Pada salah satu pasal di dalam UUBBG tersebut juga dinyatakan bahwa bangunan harus fungsional dan sesuai dengan tata bangunan gedung yang serasi dan selaras dengan lingkungannya. Aspek kenyamanan meliputi kenyamanan termal, visual dan audial. Pada penelitian ini, aspek kenyamanan audial.



Sumber : google earth, diakses 1 Februari 2014

(a)



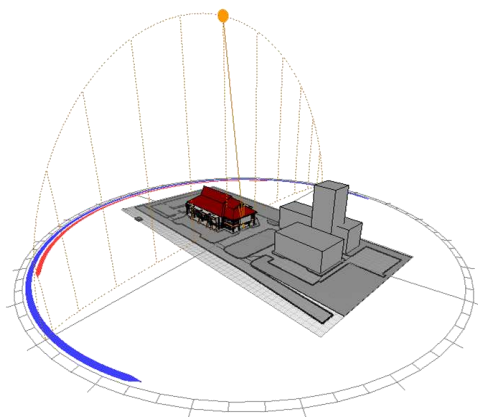
(b)

Gambar 1 (a) Situasi Eksisting Bangunan (B) Site Plan Bangunan dan Lingkungan Sekitar

Evaluasi kinerja bangunan GWP dilakukan dengan menggunakan simulasi komputer dan pengukuran langsung terhadap obyek bangunan. Hasil simulasi dan pengukuran digunakan sebagai dasar untuk melakukan perbaikan pada sistem desain pasif pada bangunan. Pengukuran lapangan dilakukan pada bulan Maret tahun 2013 dengan pertimbangan pada bulan tersebut posisi matahari berada tegak lurus pada lokasi bangunan (Gambar 3). Dengan posisi tersebut dapat diasumsikan bahwa kondisi radiasi matahari terbesar sehingga menyebabkan kondisi temperatur terpanas.



Gambar 2 Bangunan GWP dengan Optimasi Desain Fasad



Gambar 3 Lintasan Matahari pada 21 Maret

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah komparatif kualitatif dengan membandingkan dua analisis yang dihasilkan dari simulasi *Ecotect* dengan pengukuran lapangan. Evaluasi dilakukan berdasarkan hasil perbandingan analisis data dengan rujukan standar SNI, ASHRAE tentang standar kenyamanan termal dan visual. Selain itu komparasi dilakukan juga dengan membandingkan dengan penelitian yang pernah dilakukan mengenai kenyamanan termal adaptif untuk bangunan berventilasi alami dari beberapa penelitian.

Indikator kinerja bangunan yang dilihat adalah kenyamanan termal dan kenyamanan visual/pencahayaan. Parameter yang digunakan adalah temperatur udara kering ( $T_{db}$ ), temperatur udara basah ( $T_g$ ), kelembaban (RH) dan kecepatan angin ( $V_a$ ). Temperatur udara dan kelembaban diukur dengan menggunakan instrumen HIOKI 8422-51 Data Logger dan QuesTemp 36. Kecepatan angin diukur menggunakan instrumen Anemomaster Kanomax A031. Sedangkan pencahayaan diukur dengan menggunakan instrumen Luxmeter. Analisis Simulasi menggunakan Autodesk Ecotect Analysis 2011 (Serial Number 358-3918xxxx). Ecotect merupakan software keluaran Autodesk yang mampu menganalisis bangunan dengan komprehensif dan inovatif. Penggunaan program komputer untuk simulasi merupakan alternatif metode analisis yang hemat waktu, biaya dan tenaga. Analisis data pengukuran lapangan digunakan sebagai validasi hasil simulasi *Ecotect*. Evaluasi kenyamanan pada bangunan GWP yang dipilih adalah ruang-ruang dengan fungsi utama yaitu; ruang rapat (sisi barat dan timur), ruang pameran/ exhibition dan ruang pertemuan/convention (Gambar 4).



Gambar 4 Titik Pengukuran (a) Ruang Rapat Barat, Ruang Pameran, dan Ruang Rapat Timur, (b) Ruang Pertemuan Lantai 2

Komparasi standar menggunakan SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung dan ASHRAE 55. Parameter Temperatur netral ( $T_n$ ) diperoleh dari rumus ASHRAE yang digunakan untuk melihat batas netral kenyamanan termal berventilasi alami. Dengan menggunakan fungsi rata-rata temperatur ruang luar ( $T_o$ ), maka diperoleh Temperatur Netral ASHRAE melalui perhitungan rumus berikut :

$$T_n(A) = 11.9 + 0.534T_o \quad (1)$$

Hasil analisis data juga dibandingkan dengan Temperatur netral dari hasil penelitian yang sudah pernah dilakukan seperti; Feriadi, Wong, Hussein, dll. (Pellegrino, 2012). Menurut SNI 03-6572-2001, kenyamanan termal di daerah tropis dibagi menjadi tiga kriteria yaitu; sejuk nyaman dengan temperatur operatif ( $T_o$ )  $20,50\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 22,80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , nyaman optimal dengan  $T_o$   $22,80\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 25,80\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan hangat nyaman dengan  $T_o$   $25,80\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 27,10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

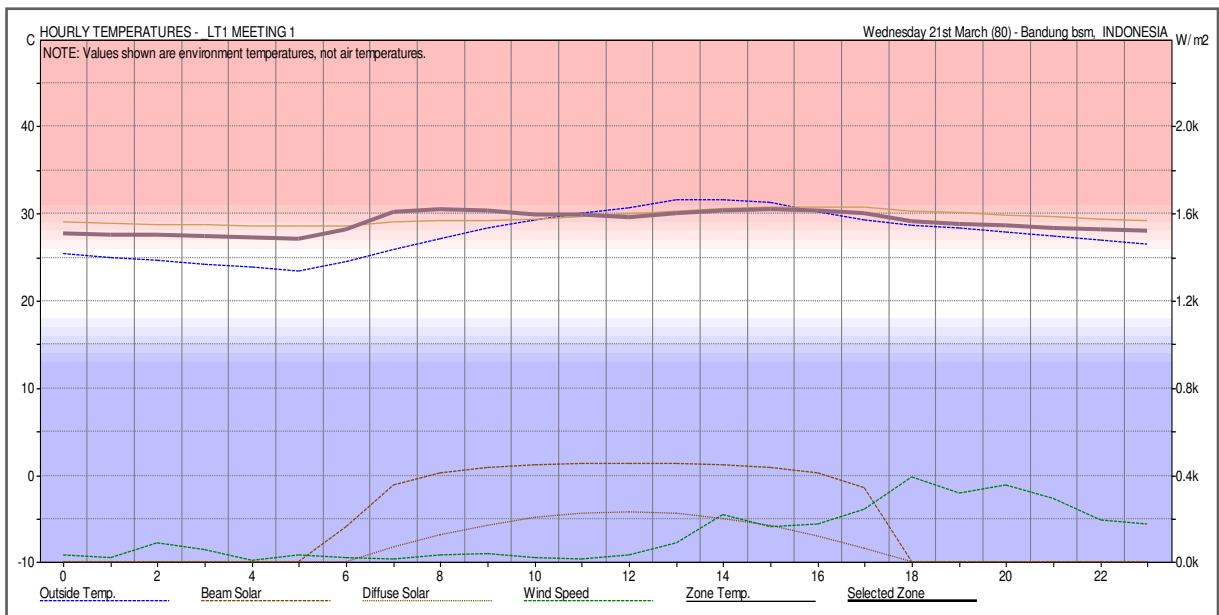
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi menggunakan software *Ecotect* membutuhkan input data berupa data iklim dari stasiun cuaca terdekat (BMKG) Bandung yang terletak di koordinat  $06^{\circ} 55^{\circ}\text{LS} - 107^{\circ} 36^{\circ}\text{BT}$  dan data bangunan meliputi; dimensi ruang, material bangunan dan juga data orientasi bangunan. Hasil simulasi untuk kenyamanan termal pada bangunan GWP ditampilkan setiap ruang yang dievaluasi. Profil temperatur pada simulasi diperlihatkan selama rentang waktu satu hari (24 jam). Dengan membandingkan suhu udara luar dan dalam bangunan diperoleh karakteristik kinerja selubung bangunan. Profil temperatur selama 24 pukul juga diperoleh dari hasil pengukuran langsung lapangan.

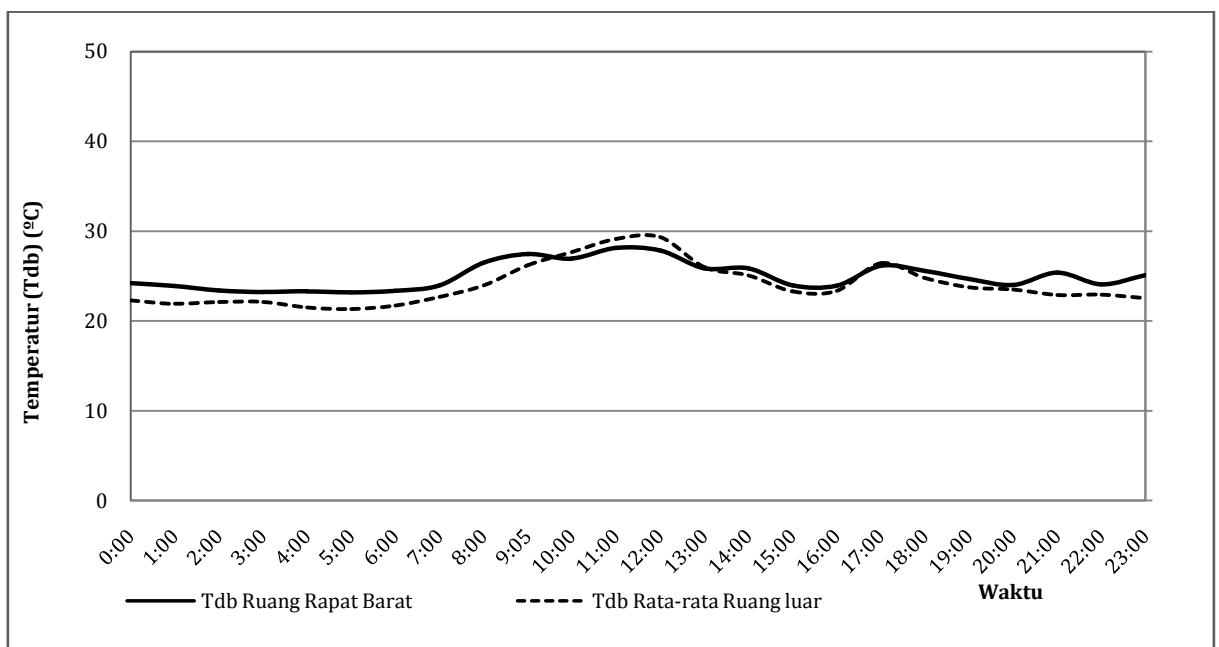
Gambar 5 menunjukkan profil temperatur udara di ruang Rapat Barat. Hasil simulasi *Ecotect* dan pengukuran lapangan menunjukkan profil yang

sama, walaupun hasil pengukuran lapangan lebih fluktuatif. Dari pukul 24.00 sampai dengan sekitar pukul 10.00 temperatur udara ruang dalam lebih hangat dibandingkan temperatur ruang luar. Selanjutnya, pada siang hari antara pukul 10.00 - 13.00 suhu udara ruang dalam lebih sejuk dibanding ruang luar. Kemudian, pada sore hari temperatur udara menurun dan suhu udara ruang luar mulai lebih rendah dibanding ruang dalam

sampai malam hari. Suhu tertinggi pengukuran lapangan pada siang hari mencapai 28.14 °C terjadi pada pukul 11.00 dan suhu terendah 23.19 terjadi pada pukul 05.00. Suhu tertinggi hasil *Ecotect* lebih tinggi dibanding dengan pengukuran langsung yaitu > 30 °C. Rata-rata temperatur hasil *Ecotect* dan pengukuran lapangan adalah masing-masing 27.8 °C dan 25 °C.



(a)



(b)

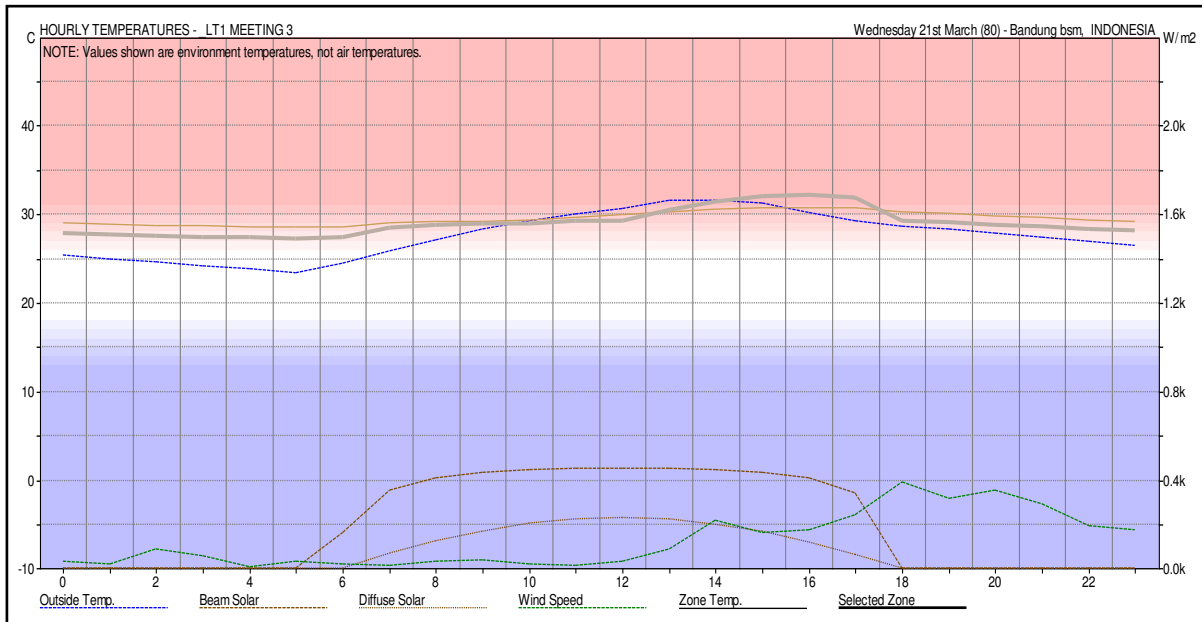
**Gambar 5** Temperatur (Tdb) Ruang Rapat Barat Lt.1, (a) Hasil Simulasi *Ecotect*, (b) Hasil Pengukuran Lapangan

Sementara untuk profil temperatur ruang Rapat Timur dari hasil simulasi *Ecotect* dengan pengukuran lapangan dapat dilihat pada Gambar 6.

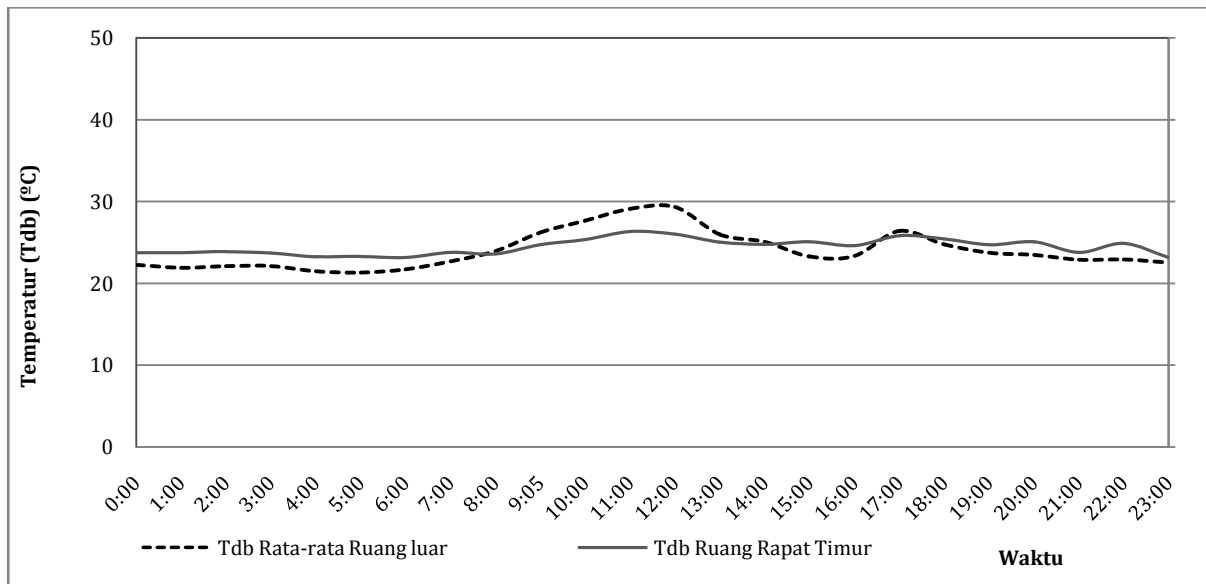
Profil temperatur dari *Ecotect* dan pengukuran lapangan juga menunjukkan tidak berbeda signifikan, mulai pukul 08.00 - 14.30 temperatur

udara ruang dalam lebih sejuk daripada temperatur udara ruang luar. Fasade bangunan sisi barat mendapatkan paparan radiasi matahari lebih lama dibanding bagian timur, sehingga pada siang menjelang sore hari mulai pukul 14.00 temperatur udara ruang dalam cenderung lebih tinggi dibanding udara ruang luar. Besaran rata-rata

temperatur hasil simulasi berbeda dengan hasil pengukuran, yang masing-masing sebesar 27.8 °C dan 24.47 °C. Temperatur udara tertinggi Ruang Rapat Timur dari hasil pengukuran adalah 26.36 °C terjadi pada pukul 11.00 dan terendah 23.17 °C pada pukul 05.00.



(a)

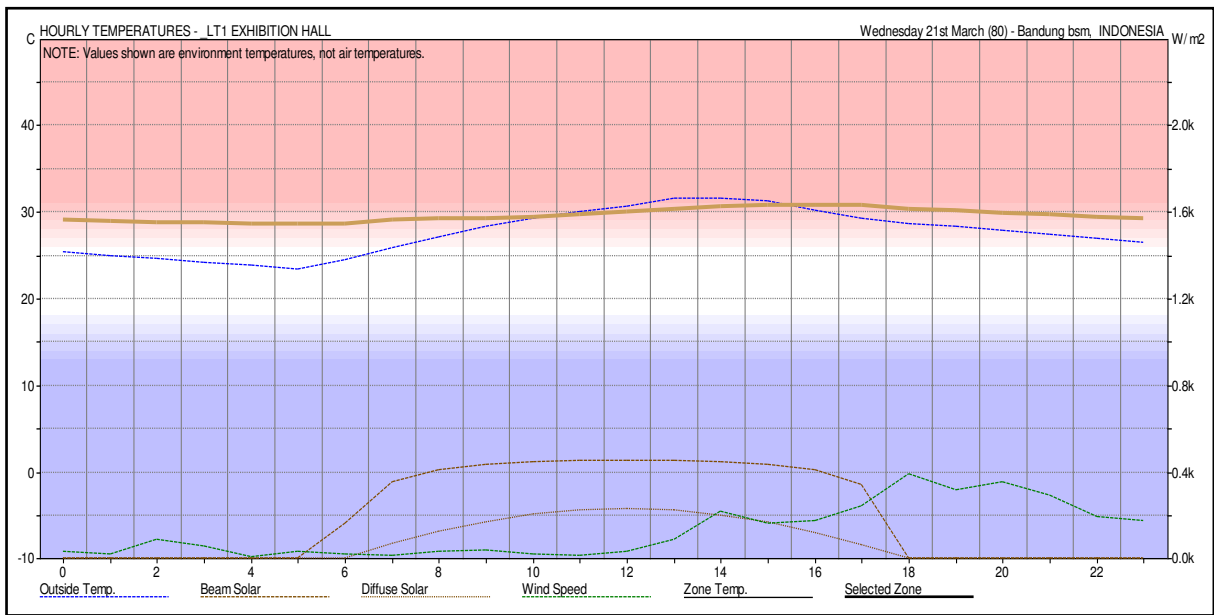


(b)

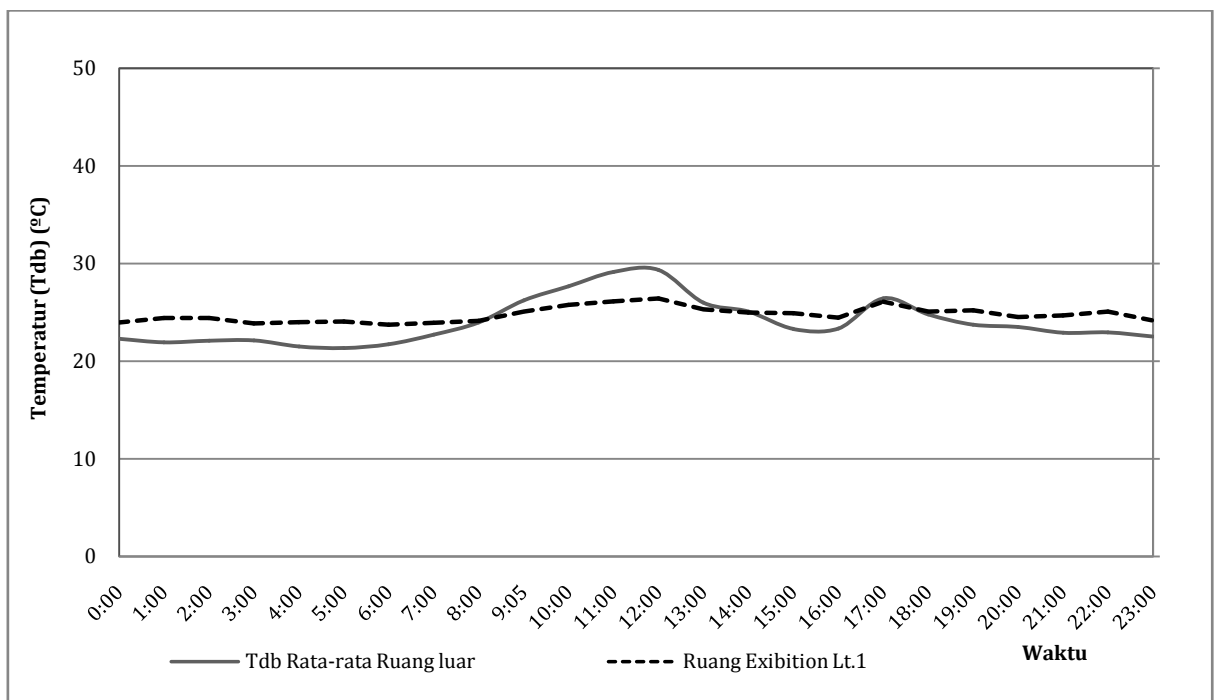
**Gambar 6** Temperatur (Tdb) Ruang Rapat Timur Lt.1, (a) Hasil Simulasi Ecotect, (b) Hasil Pengukuran Lapangan

Profil temperatur Ruang Exhibition Lt.1 dari hasil simulasi maupun pengukuran lapangan menunjukkan kecenderungan linier dibanding temperatur ruang luar yang lebih fluktuatif (Gambar 7). Pada siang hari mulai pukul sekitar pukul 08.30 - 15.00 selubung ruangan mampu meredam panas radiasi matahari, temperatur

udara ruang dalam lebih sejuk dibanding ruang luar. Sebaliknya, pada pukul 15.00 - 08.30 temperatur ruang dalam lebih hangat di banding luar luar. Rata-rata temperatur udara hasil simulasi lebih tinggi dibanding hasil pengukuran dengan masing-masing sebesar 27,8 °C dan 24.77 °C.



(a)



(b)

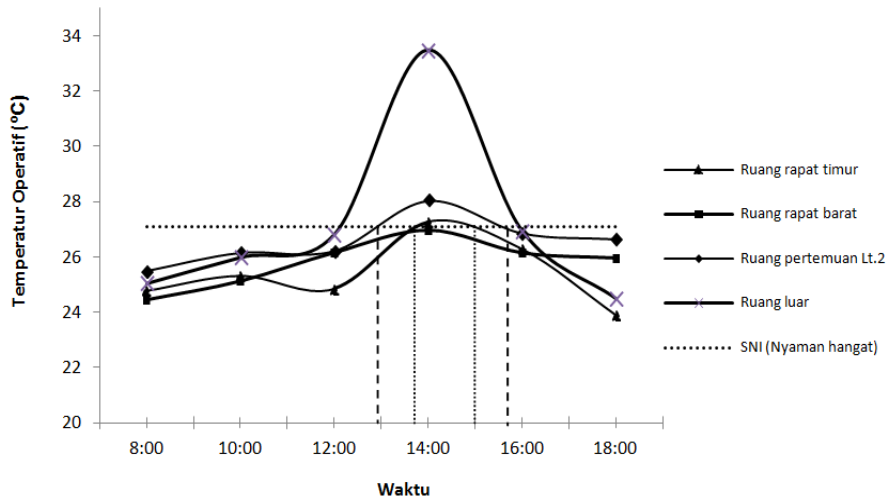
**Gambar 7** Temperatur (Tdb) Ruang Exhibition Timur Lt.1, (a) Hasil Simulasi Ecotect, (b) Hasil Pengukuran Lapangan

Perbandingan simulasi dengan pengukuran lapangan ketiga profil temperatur udara tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Walaupun demikian, rata-rata temperatur kedua hasil menunjukkan perbedaan. Rata-rata temperatur udara hasil simulasi lebih tinggi dibanding temperatur rata-rata hasil pengukuran lapangan. Disamping itu, profil temperatur udara hasil pengukuran lapangan menunjukkan lebih fluktuatif dibandingkan hasil simulasi.

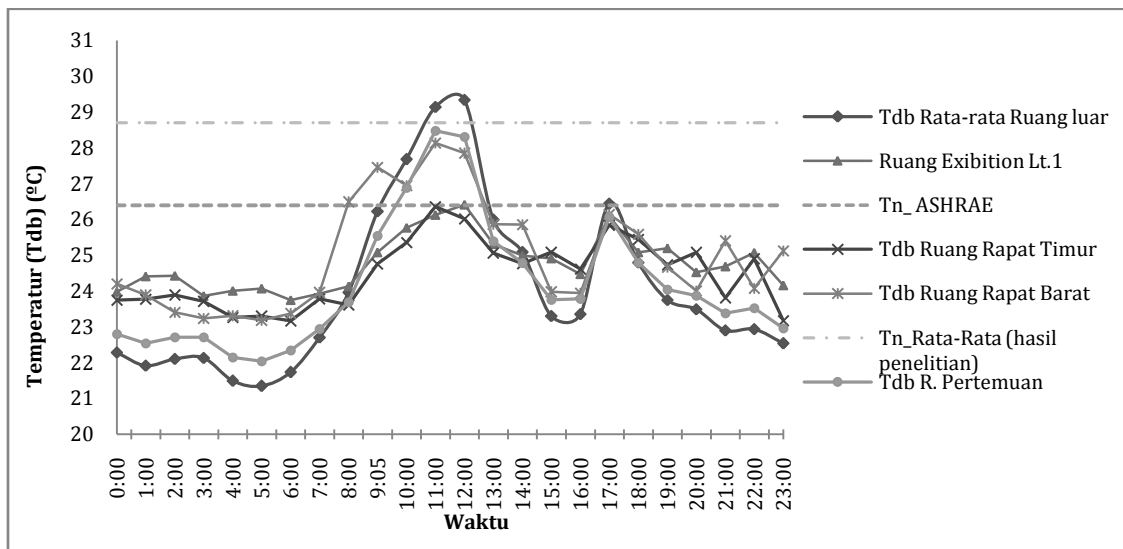
Tinjauan aspek kenyamanan termal pada ruang-ruang utama di gedung GWP dapat diukur dengan membandingkan SNI tentang kenyamanan termal pada bangunan berventilasi alami di iklim tropis. Dengan mempertimbangkan fungsi variabel pengukuran seperti kelembaban (RH), temperatur kering (Td), kecepatan angin ( $v$ ) dan temperatur globe (Tgb), maka diperoleh temperatur operatif (Top). Data yang digunakan adalah data pengukuran lapangan yang diambil pada pukul 08.00 - 18.00, dengan asumsi bahwa rentang waktu

tersebut bangunan berfungsi secara optimal. Gambar 8 menunjukkan bahwa temperatur udara ruang dalam bangunan sebagian besar masih berada di bawah batas kenyamanan termal menurut SNI, kecuali pada siang hari di ruang

Pertemuan/ *Convention* lantai 2 antara pukul 13.00 - 15.30 dan ruang Rapat Timur antara pukul 13.30 - 15.00 berada di atas batas standar SNI dengan kategori nyaman yaitu  $T_o$  25,80 °C ~ 27,10 °C.



Gambar 8 Komparasi Hasil Pengukuran Lapangan dengan SNI



Gambar 9 Perbandingan Temperatur Setiap Ruang dan Temperatur Netral

Perbandingan untuk menilai kenyamanan termal juga dapat dilihat dari nilai temperatur netral ( $T_n$ ) pada bangunan yang berventilasi alami. Dari beberapa hasil penelitian yang pernah dilakukan menyatakan bahwa rata-rata temperatur netral adalah 28,7 °C. Hasil temperatur netral di beberapa penelitian dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan temperatur netral hasil perhitungan rumus ASHRAE adalah 26,4 °C, lebih rendah dibanding dengan hasil penelitian dari beberapa peneliti dengan selisih 2,3°C.

Gambar 9 menunjukkan bahwa profil temperatur pada setiap ruang berada dibawah batas temperatur netral rata-rata hasil penelitian yaitu

28.7 °C. Apabila dibandingkan dengan suhu netral hasil perhitungan rumus ASHRAE sebesar 26.4 °C maka pada ruang Pertemuan lantai 2 pada siang hari pukul 10.00 - 13.00 diatas temperatur netral

Tabel 1 Komparasi Temperatur Netral ( $T_n$ ) dari Beberapa Peneliti Bangunan Berventilasi Alami

	Hussein et al	Nyuk	De Dear	Busch	Rajasekar
Neutral $T_n$ (°C)	28.4	28.4	28.5	28.5	29
	Indraganti	Feriadi et al.	Wong et al.	Pellegrino et al	Rata-rata
	29.2	29.2	28.8	30.9	28.7

Berdasarkan simulasi *Ecotect* diperoleh hasil distribusi temperatur dalam satu tahun. Tabel 2

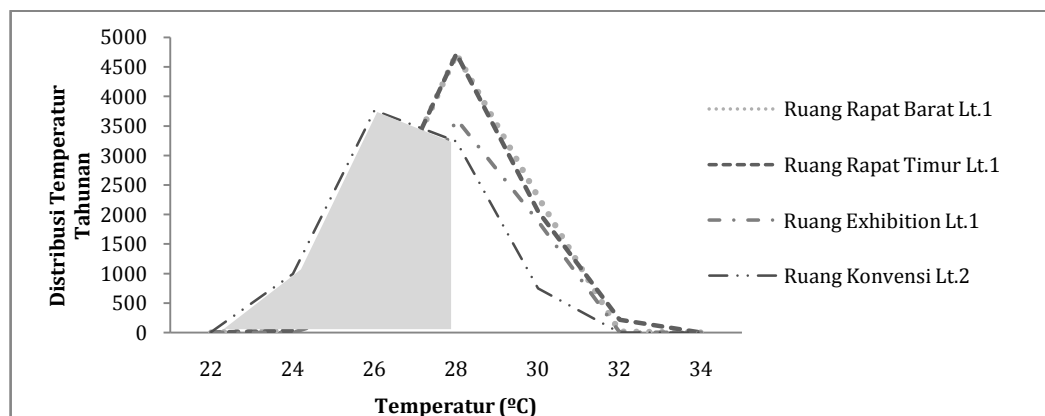


menunjukkan bahwa apabila asumsi kenyamanan adaptif diambil batas Temperatur netral ( $T_n$ ) adalah 28 °C, maka persentase waktu nyaman secara termal dalam satu tahun untuk Ruang Rapat Timur, Ruang Rapat Barat, Ruang Pameran dan Ruang Pertemuan masing masing sebesar 74,0 %, 73,5%, 68,2% dan 91,5%. Apabila melihat keempat ruang yang disimulasikan, pada Gambar 10 memperlihatkan bahwa waktu yang memenuhi kenyamanan termal paling besar adalah Ruang Pertemuan di lantai 2.

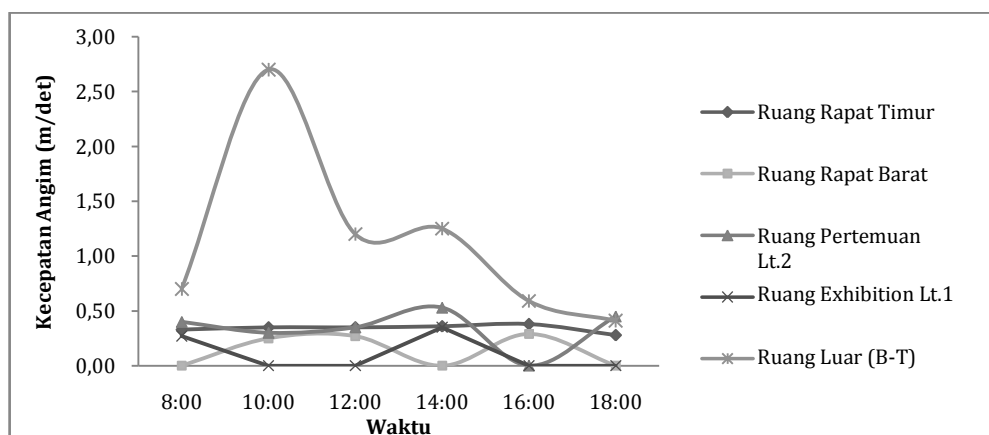
Terdapat perbedaan hasil antara simulasi *Ecotect* dengan analisis data lapangan pada ruang pertemuan. Hasil simulasi *Ecotect* menunjukkan bahwa pada ruang pertemuan diperoleh hasil persentase pukul nyaman dalam satu tahun lebih besar dibanding dengan ruang lain, namun pada hasil pengukuran lapangan selama 24 pukul menunjukkan bahwa pada ruang pertemuan lantai dua mengalami rentang waktu tidak nyaman lebih panjang dibanding ruang lain yaitu selama 2,5 pukul pada siang hari.

**Tabel 2** Distribusi Temperatur Dalam Satu Tahun

Temperatur (°C)	Ruang Rapat Barat Lantai 1		Ruang Rapat Timur Lantai 1		Ruang Exhibition Lantai 1		Ruang Pertemuan Lantai 2	
	Jam/Th	%	Jam/Th	%	Jam/Th	%	Jam/Th	%
22	0	0	0	0	0	0	9	0,1
24	39	0,4	30	0,3	1	0	995	11
<b>26</b>	<b>1691</b>	<b>19</b>	<b>1731</b>	<b>20</b>	<b>432</b>	<b>7,3</b>	<b>3766</b>	<b>43</b>
<b>28</b>	<b>4717</b>	<b>54</b>	<b>4725</b>	<b>54</b>	<b>3618</b>	<b>61</b>	<b>3241</b>	<b>37</b>
30	2298	26	2055	23	1886	32	749	8,6
32	15	0,2	219	2,5	7	0,1	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0



**Gambar 10** Besaran Distribusi Temperatur Nyaman pada Ruang Utama



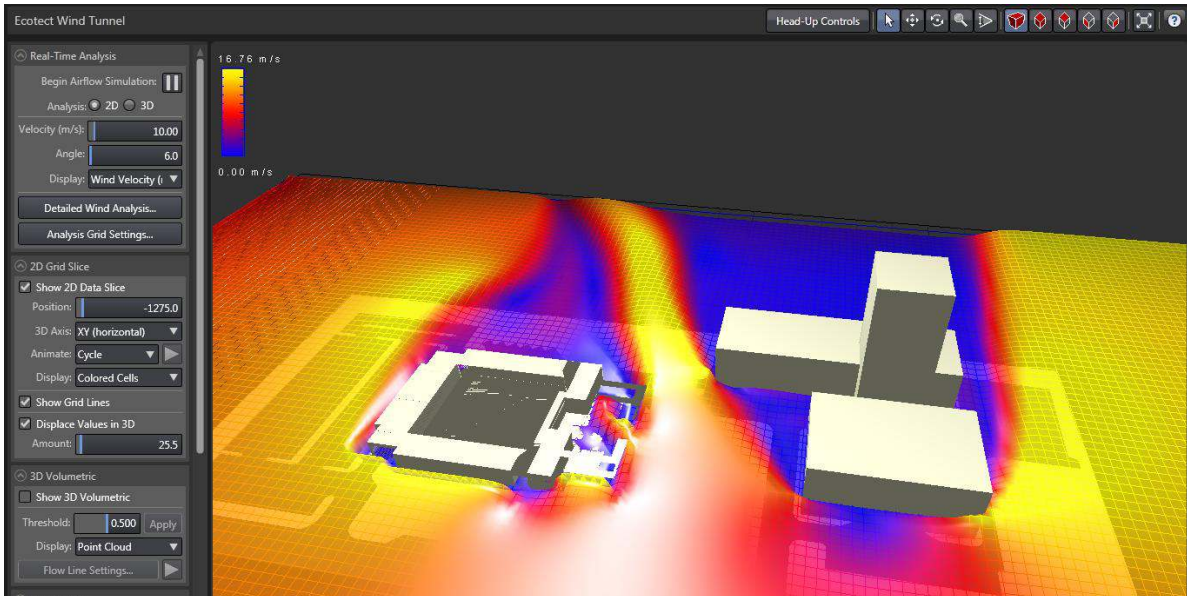
**Gambar 11** Kecepatan Angin Ruang Luar dan Dalam Hasil Pengukuran Lapangan

Sementara itu hasil pengukuran kecepatan angin selama 10 pukul dapat dilihat pada Gambar 11. Kecepatan angin di ruang luar berkisar 0,5 - 2,75 m/det dengan tertinggi 2,75 m/det pada pukul 10.00 dan menurun sampai pada malam hari.

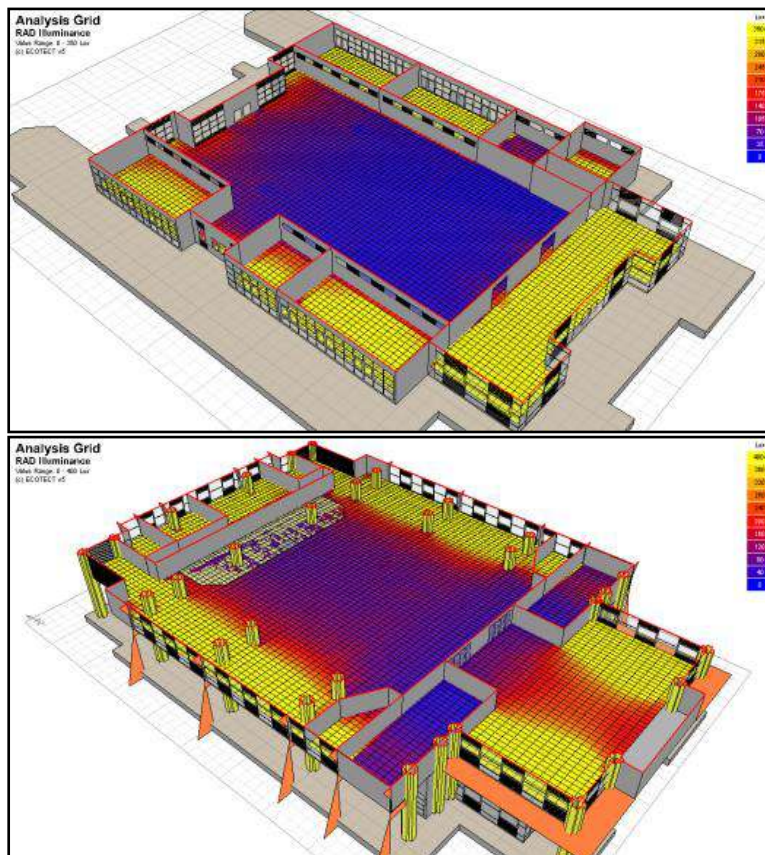
Kecepatan angin di dalam ruang dalam rata-rata dibawah 0,5 m/det. Kenyamanan termal ventilasi alami dapat ditingkatkan dengan menambah kecepatan aliran udara di dalam bangunan melalui proses konveksi. Potensi angin yang terdapat di

ruang luar masih dapat dimanfaatkan secara optimal untuk pendinginan ruang untuk mencapai standar kenyamanan ruang berventilasi alami terutama pada siang hari sesuai SNI 03-6572-2001. Untuk mempertahankan kondisi nyaman, kecepatan udara yang jatuh diatas kepala tidak boleh lebih besar dari 0,25 m/detik dan sebaiknya

lebih kecil dari 0,15 m/detik. Pada hasil simulasi *Ecotect* pada Gambar 12 angin pada lokasi bangunan menunjukkan kecenderungan sama, yaitu berasal dari arah Barat, namun mempunyai kecepatan angin lebih tinggi dibanding pengukuran lapangan yaitu berkisar 9 -13m/det.



Gambar 12 Simulasi Aliran Angin Eksterior Bulan Maret



Gambar 13 Simulasi Tingkat Pencahayaan di dalam Bangunan

Untuk kenyamanan visual/ pencahayaan mengacu pada SNI 03 - 2396 - 2001, tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung. Pencahayaan alami dapat dikatakan baik apabila pada siang hari antara pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00 waktu setempat terdapat cukup banyak cahaya yang masuk ke dalam ruangan dan distribusi cahaya di dalam ruangan cukup merata dan atau tidak menimbulkan kontras yang mengganggu. Tingkat pencahayaan minimal yang direkomendasikan untuk ruang serbaguna/ pertemuan sebesar 200 Lux dan untuk ruang rapat sebesar 300 Lux dan

(SNI 6197:2011 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan). Gambar 13 menunjukkan hasil simulasi *Ecotect* untuk mengetahui tingkat pencahayaan.

Dalam pemanfaatannya, radiasi matahari langsung ke dalam bangunan gedung harus dibuat seminimal mungkin untuk menghindari timbulnya peningkatan temperatur pada ruang dalam bangunan. Pada siang hari antara pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00 adalah waktu yang berpotensi untuk radiasi matahari masuk langsung ke dalam ruangan.

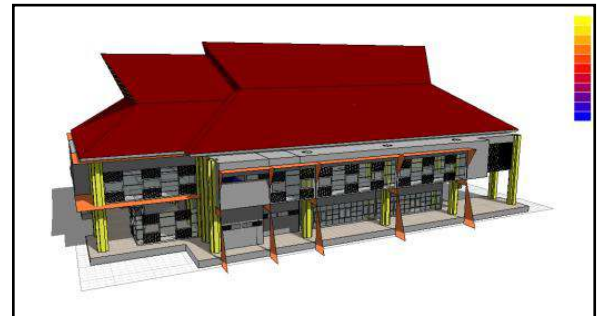
**Tabel 3** Persentase Luas Ruang yang Memenuhi Tingkat Pencahayaan

Ruang	Luas Ruang (%) Terpenuhi	Tingkat Pencahayaan	Keterangan	Arah Cahaya
R. Rapat Timur	76.96	> 300 lux	Sangat terang	Timur
R. Rapat Barat	84.96	> 300 lux	Sangat terang	Barat
R. Pameran / Exhibition	38.34	> 200 lux	Cukup terang	Barat & Timur
R. Pertemuan/ Convention	11.21	> 200 lux	Cenderung gelap	Utara & Barat

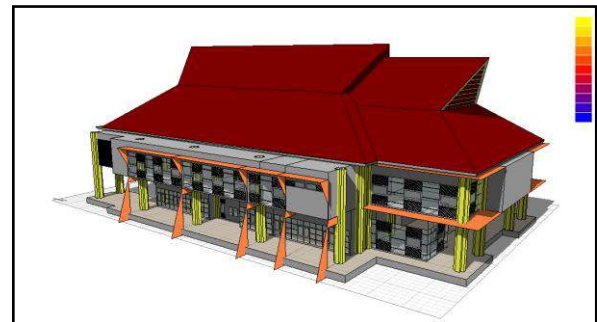
Tingkat pencahayaan yang terlalu tinggi akan menyebabkan gangguan visual/*glare*. *Glare* adalah kontras yang diakibatkan terjadi perbedaan intensitas antara benda dan latar belakangnya. Berdasarkan analisa *Daylight Factor* (DF), nilai DF nya lebih dari 3,5% terindikasi *glare*. Skala diatur di angka 2% dan 3,5% merupakan kondisi ideal tidak terjadi *glare* didalam ruangan. Warna terang pada gambar 13 menunjukkan potensi terjadi *glare* dengan perhitungan *Daylight Factor* melebihi 3,5%. Pada Gambar 13 menunjukkan ruangan sisi barat dan timur mengalami *glare*.

Cahaya langit melalui bukaan transparan pada bangunan harus diutamakan daripada cahaya matahari langsung (SNI 2011). Hasil simulasi pembayangan pada fasade bangunan GWP memperlihatkan bahwa bukaan transparan lantai satu sisi timur mendapatkan cahaya langit mulai pukul 9.00 sampai dengan pukul 15.00. Sebelum pukul 09.00 di ruang Rapat Timur mendapatkan cahaya matahari langsung melalui bukaan transparan dan sebaliknya Ruang Rapat Barat mendapatkan cahaya matahari langsung dari arah timur setelah pukul 15.00.

Hasil pengukuran langsung tingkat pencahayaan ke empat ruangan memperlihatkan bahwa Ruang Rapat timur dan Ruang Pertemuan mempunyai potensi *glare* pada pagi hari sampai sore hari. Pada Gambar 15 memperlihatkan bahwa ruang Rapat Timur mempunyai potensi *glare* menjelang sore pukul 14.00. Tingkat pencahayaan yang paling kecil dan cenderung gelap terjadi pada Ruang Exhibition/ Pameran di lantai 1. Tingkat kenyamanan visual (pencahayaan) dari hasil simulasi dengan pengukuran memperlihatkan hasil yang tidak berbeda dari aspek potensi terjadinya *glare*.

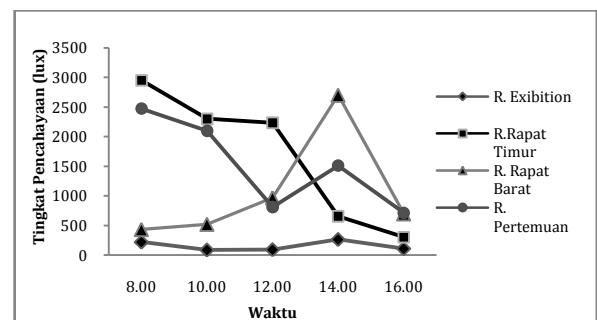


(a)



(b)

**Gambar 14** Simulasi Pembayangan (a) Sisi Timur Pukul 09.00, (b) Sisi Barat Pukul 15.00



**Gambar 15** Hasil Pengukuran Tingkat Pencahayaan Pukul 08.00 - 16.00

Evaluasi bangunan GWP dari aspek kenyamanan termal dari hasil simulasi dan pengukuran menyatakan bahwa pada Ruang Pertemuan lantai 2 pada siang hari membutuhkan upaya pendinginan selama  $\pm 1,5 - 3$  pukul untuk memenuhi batas kenyamanan termal. Upaya pendinginan dapat diperoleh melalui ventilasi alami dengan menambah kecepatan udara. Apabila kecepatan udara di dalam bangunan kurang terpenuhi, maka bisa menggunakan sistem penghawaan *hibrid*. Penghawaan *hibrid* dapat dilakukan dengan menambah *exhaust* pada lubang ventilasi yang dapat diaktifkan pada pukul tidak nyaman.

Ruang-ruang yang mempunyai potensi *glare* seperti Ruang Rapat Barat dan Timur dapat dikurangi melalui pengurangan intensitas bangunan melalui bidang transparan sampai batas intensitas cahaya 300 Lux. Pengurangan intensitas cahaya matahari dapat dilakukan dengan melapisi bidang transparan kaca dengan film. Salah satu contoh bahan yang bisa digunakan adalah *Film Polianilin* yang merupakan material elektrokromik yang potensial untuk aplikasi sebagai pengatur lewatnya pancaran matahari (Handojo dan Simangunsong, 2003). Dalam penelitian tersebut 70 % pancaran dapat diteruskan pada keadaan paling transparan dan 11 % dapat dilewatkan dalam keadaan paling gelap.

Disisi lain pada Ruang *Exhibition* pada tengah bangunan kurang mendapatkan cahaya dan berpotensi gelap dapat memanfaatkan cahaya matahari dari sisi bangunan melalui sistem refleksi cahaya, yaitu dengan meneruskan cahaya langit dengan sistem refleksi. Penyaluran cahaya dapat dilakukan melalui serat optik, pipa gelas, pipa prismatic dll. uji refleksi dan refraksi dengan cahaya buatan dan cahaya matahari menunjukkan kemampuan menyalurkan cahaya matahari langsung hingga kedalaman 12 meter dari bukaan pencahayaan (Gunawan, 2011).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Memanfaatkan cahaya dan penghawaan alami dapat mengurangi konsumsi energi listrik pada saat bangunan difungsikan. Evaluasi kinerja bangunan dapat dilakukan dengan menggunakan simulasi *Ecotect* dan pengukuran langsung. Secara umum, hasil simulasi *Ecotect* dan hasil pengukuran langsung tidak menunjukkan hasil yang berbeda. Perbedaan hasil terlihat pada tingkat kenyamanan termal Ruang Pertemuan Lantai 2. Hasil evaluasi kinerja termal bangunan GWP memperlihatkan bahwa pada Ruang Pertemuan lantai 2 berada diatas suhu netral ( $T_{n\_ASHRAE}$  dan SNI) pada siang hari selama  $\pm 1,5 - 3$  jam. Berbeda dengan hasil simulasi *Ecotect* yang menunjukkan waktu

nyaman terlama dalam satu tahun adalah pada Ruang Pertemuan lantai 2. Ventilasi *hibrid* dapat digunakan untuk meningkatkan kenyamanan termal pada waktu tidak nyaman. Dari aspek kenyamanan visual Ruang Rapat sisi barat dan timur berpotensi terjadi *glare* pada pagi dan sore hari. Pada Ruang Pameran terjadi kekurangan cahaya apabila mengandalkan cahaya alami. Solusi desain perbaikan dapat dilakukan dengan menggunakan film (contoh: polianilin) pada bidang transparan untuk keadaan *glare* dan untuk kondisi kekurangan cahaya menggunakan teknologi penyaluran cahaya seperti sistem refleksi, serat optik, pipa gelas, pipa prismatic.

### Saran

Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan melakukan penilaian terhadap efektifitas dari ventilasi *hibrid* untuk Ruang Pertemuan, pengurangan intensitas cahaya melalui bidang transparan pada Ruang Rapat timur dan barat dan sistem penyaluran cahaya alami ke bagian tengah bangunan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Pusat Litbang Permukiman yang telah membiayai penelitian ini melalui APBN tahun 2012 dan 2013. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada Firman Irmansyah dan M. Nur Fajri Alfata serta pihak-pihak lain yang mendukung kegiatan penelitian ini

## DAFTAR PUSTAKA

- Aksamija, Ajla. 2013. Building Simulations and High-Performance Buildings Research : (Use of Building Information Modeling (Bim) for Integrated Design and Analysis). Perkins+WILL Research Journal / Vol 05.01.hal 19-37.
- Arif Kamal, M. 2012. An Overview of Passive Cooling Techniques in Buildings : Design Concepts and Architectural Interventions. Acta Technica Napocensis : Civil Engineering & Architecture Vol. 55, No. 1 (2012) 84-97.
- Bahar, Y.N, et al. 2013. A Thermal Simulation Tool for Building and Its Interoperability through the Building Information Modeling (BIM) Platform. [www.mdpi.com/journal/buildings](http://www.mdpi.com/journal/buildings). Open access. (Disakses 26 Februari 2014)
- Douglass, C.D and Leake, J. M. 2011. Instructional Modules Demonstrating Building Energy Analysis Using a Building Information Model. American Society for Engineering Education. [www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/18219/Douglass\\_Christian](http://www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/18219/Douglass_Christian). (Diakses 3 maret 2014).
- Yezioro, A., B. Dong and F. Leite, 2008. An Applied Artificial Intelligence Approach Towards Assessing Building Performance Simulation

- Tools. Energy and Buildings Journal, Vol 40/4 pp 612-620
- Samanta, A. 2013. Passive Design and Performance Evaluation of Building Using E-Quest: A Case Study. Journal of Building Performance. Volume 4 Issue 1 2013.
- Satwiko, P. 2004. Traditional Javanese Architecture and Thermal Comfort. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Thuesen, N., Kirkegaard, P. H., & Jensen, R. L. 2010. Evaluation of BIM and Ecotect for Conceptual Architectural Design Analysis. Computing in Civil and Building Engineering, Proceedings of the International Conference. Nottingham: University of Nottingham
- Hermawan, Y. 2013. Bangunan Hijau Grha Wiksa Praniti (Graniti) Pusat Litbang Perbukitan. Masalah Bangunan Volume 48 Nomor 1 Oktober 2013. Pusat Litbang Perbukitan. Bandung
- Pellegrino, M. et al. 2012. A field survey in Calcutta. Architectural issues, thermal comfort and adaptive mechanisms in hot humid climates. Proceedings of 7th Windsor Conference : The changing context of comfort in an unpredictable world Cumberland Lodge, Windsor, UK, 12-15 April 2012. London: Network for Comfort and Energy Use in Buildings, <http://nceub.org.uk>.
- Handojo, L. dan Simangunsong, J. 2003. Studi Efek Elektrokromik pada Film Polianilin, Makara, Teknologi, Vol. 7, No. 3, Desember 2003.
- Gunawan, R . 2011. Simulasi Rancangan Buka-an Pencahayaan Cahaya Matahari Langsung <Http://Journal.Unpar.Ac.Id/Index.Php/Rekayasa/Article/View/131>. (Diakses 7 maret 2014).