

ISSN 0853 - 9677

PPIS PROSIDING

**Pertemuan dan Presentasi Ilmiah
Standardisasi 2011**

**Perkembangan Hasil Penelitian & Pengembangan
dan Standardisasi Efisiensi Energi**



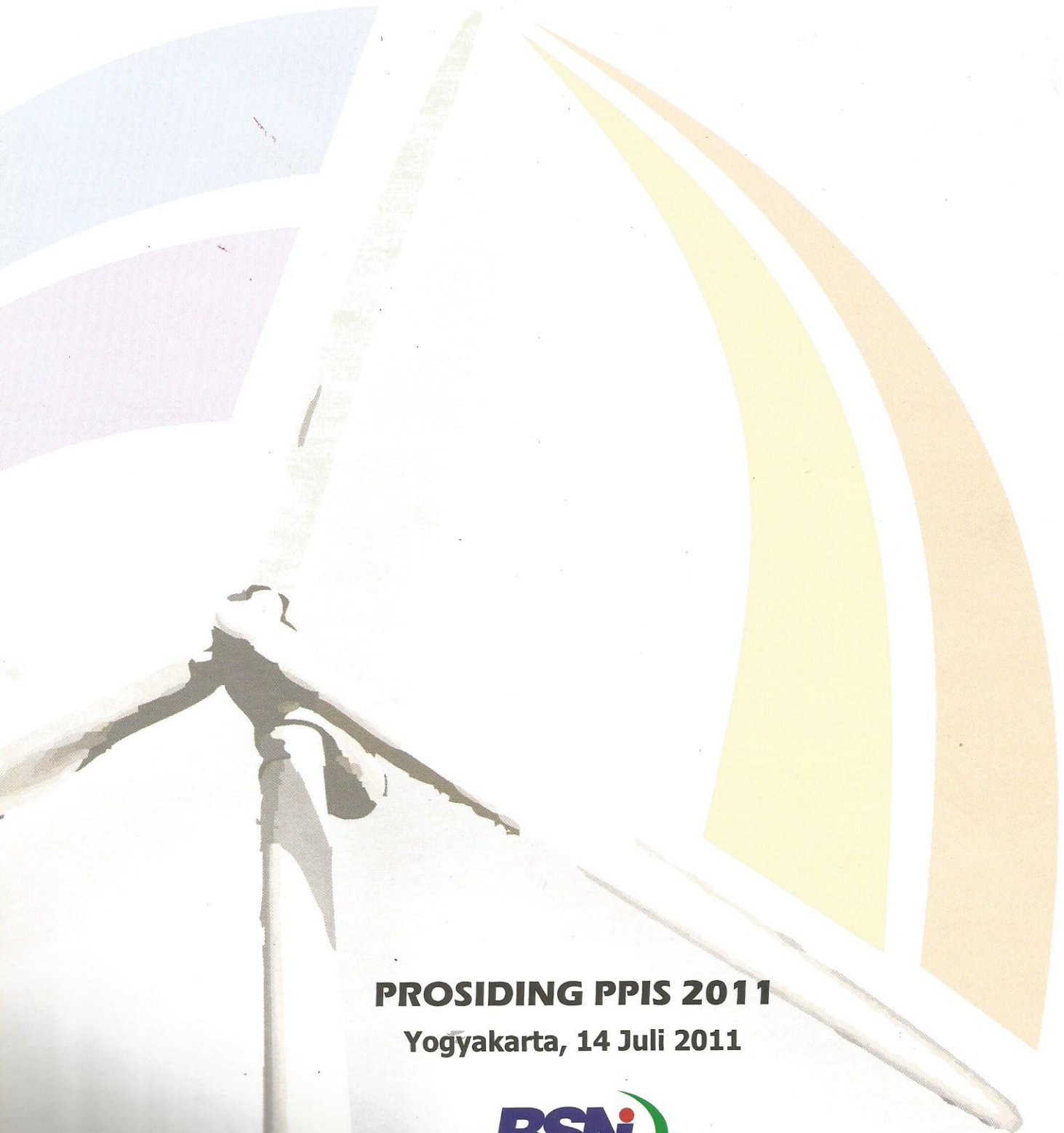
Universitas Gadjah Mada



Badan Standardisasi Nasional



Yogyakarta, 14 Juli 2011



PROSIDING PPIS 2011

Yogyakarta, 14 Juli 2011



**PENGEMBANGAN STANDAR MATERIAL UNTUK SELUBUNG
BANGUNAN DALAM RANGKA KONSERVASI ENERGI
BANGUNAN
(Studi kasus pada Bangunan Pendidikan)**

Oleh
F. Binarti, AD. Istiadji¹

Abstract

Energy crisis and global warming need effective programs in energy conservation. A simple and practical standard for energy conservation in building, which enables society and material producers to use, can be effective prescriptions and regulation. This paper presents preliminary study of the development of minimum requirements for energy-efficient material of educational building envelope in Yogyakarta based on overall thermal transfer value (OTTV) and daylighting criteria. Standard daylighting level for classroom with an even distribution and 45 W/m² for the maximum OTTV are measures of energy efficiency. Simulations of the daylighting level and the distribution with considering the feasibility factor were conducted to define optimum window to wall ratio (WWR). Minimum requirements for the thermal transmittance (U), the shading coefficient (SC), the solar absorption (α) and the visible light transmittance (VT) were generated from the OTTV calculation of classroom model, which meets the daylighting criteria. The material's embodied energy was considered in setting several combinations of SC, VT, α and U for each window orientation and typical WWR. Defining specific requirements for each window orientation and typical WWR resulted in higher maximum value of U, which then offers more possibilities in the design exploration and selecting low embodied energy materials. A development of this preliminary study based on recent national climatic conditions will result in a simple, climate responsive national standard for building energy conservation.

Keywords: shading coefficient (SC), solar absorption (α), thermal transmittance (U), window to wall ratio (WWR), visible light transmittance (VT)

¹ Staf pengajar di Program Studi Arsitektur Universitas Atma Jaya Yogyakarta

I PENDAHULUAN

Konservasi energi merupakan salah satu agenda politik global maupun nasional untuk mengurangi emisi CO₂ sebesar 50-80% sebagai upaya pencegahan peningkatan suhu bumi hingga lebih dari 2°C pada tahun 2050 (IPCC, 2007). SNI 03-6389-2000 adalah revisi standar konservasi energi pada selubung bangunan yang telah diberlakukan sejak 1993. Bersama dengan standar konservasi energi yang lain, yaitu: Tata cara perancangan konservasi energi pada bangunan gedung, Konservasi energi pada sistem pencahayaan, dan Konservasi energi sistem tata udara pada bangunan gedung, ditetapkan sebagai bagian dari program konservasi energi dengan tujuan untuk mengatasi krisis cadangan energi fosil. Akan tetapi, aturan yang ada di dalamnya belum merespon permasalahan pemanasan global saat ini.

Standar konservasi energi pada selubung bangunan gedung (SNI 03-6389-2000) menggunakan *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV) sebagai tolok ukur performa termal selubung bangunan dengan pengkondisian udara mekanis. Nilai maksimum OTTV ditetapkan sebesar 45 W/m² yang menunjukkan tingkat perpindahan panas melalui selubung bangunan. Nilai ini sama dengan nilai maksimum OTTV yang ditetapkan untuk Singapura, Malaysia dan Thailand. Filipina dan Jamaika menetapkan nilai maksimum yang lebih tinggi (Hui, 1997).

Aspek pencahayaan alami yang menentukan desain selubung bangunan dan konsumsi energi bangunan tidak ikut diperhitungkan di dalam OTTV. Pemakaian energi untuk pencahayaan buatan yang berkontribusi cukup besar di dalam konsumsi energi di sektor bangunan, sebagian diakibatkan oleh desain pencahayaan alami yang tidak memadai.

Untuk menghitung konsumsi energi pada selubung bangunan secara menyeluruh membutuhkan analisis pencahayaan alami setelah atau sebelum penghitungan OTTV dilakukan. Proses ini sering bersifat "*trial and error*", sehingga sangat mungkin harus dikerjakan beberapa kali untuk memenuhi kriteria minimum. Metoda penghitungan yang tidak sederhana menuntut proses desain yang panjang dan melelahkan bagi sebagian arsitek, terlebih masyarakat secara umum yang hingga saat ini masih memegang peranan penting di dalam pembangunan perumahan.

Rumus OTTV yang generik untuk beberapa faktor, seperti: beda suhu ekuivalen maupun beda suhu antara *indoor* dan *outdoor*, menyebabkan hasil penghitungan OTTV tidak seakurat hasil simulasi termal selubung bangunan yang dianalisa oleh program komputer yang saat ini banyak beredar dan digunakan oleh ahli bangunan maupun arsitek. Nilai OTTV juga tidak dapat dikomparasikan secara langsung dengan tingkat intensitas konsumsi energi (IKE) bangunan. IKE menunjukkan tingkat konsumsi energi secara keseluruhan dibagi dengan luas lantai. Sementara, OTTV menggambarkan besarnya energi panas yang ditransmisikan oleh selubung bangunan per satuan luas selubung.

Standar material selubung bangunan yang efisien energi akan membantu arsitek dan bahkan masyarakat di dalam merancang selubung bangunan yang efisien energi. Lebih dari itu, standar ini dapat menjadi acuan bagi produsen material maupun peneliti di bidang ilmu bangunan di dalam mengembangkan dan menciptakan material

bangunan yang efisien energi. Standar nilai properti material dapat ditentukan berdasarkan aspek termal, pencahayaan alami, bahkan aspek energi yang lain, seperti: akustik.

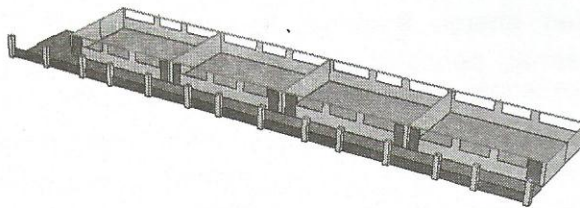
Penggunaan energi oleh material tidak hanya terjadi pada tahap operasional ketika material tersebut menjadi pembentuk bangunan yang dihuni, tetapi juga dimulai saat eksplorasi bahan mentah, saat proses produksi hingga tahap pemeliharaan ketika material terpasang. Siklus ini yang menentukan kandungan energi setiap material. Lebih lanjut, pemakaian energi fosil sebagai sumber energi yang terkandung di dalam material menciptakan jejak karbon yang spesifik. Pengembangan standar material bangunan yang mempertimbangkan kandungan energi atau jejak karbon material akan komprehensif dan adaptif terhadap perubahan iklim global. Artikel ini mempresentasikan studi awal standar material untuk selubung bangunan pendidikan yang efisien energi (Binarti dan Istiadji, 2011) sebagai batu pijakan pengembangan standar nasional konservasi energi pada bangunan gedung yang lengkap dan tanggap terhadap kondisi saat ini.

III METODE PENELITIAN

Pengembangan nilai baku menuntut studi yang komprehensif dan mendalam. Studi awal ini lebih bersifat menggali alternatif yang mampu menjawab permasalahan secara luas dan adaptif terhadap perkembangan iklim global. Beberapa batasan diterapkan sesuai dengan keterbatasan kondisi penelitian, yaitu sebagai berikut:

- I Standar material ini diterapkan pada selubung bangunan (dinding) gedung sekolah (kampus) yang berlokasi di Yogyakarta.
- II Data iklim Yogyakarta yang digunakan dihasilkan dari program Meteorologi sebagai hasil interpolasi data iklim stasiun terdekat lebih dari 10 tahun yang lalu.
- III Standar properti material mengacu ke nilai maksimum OTTV (SNI 03-6389-2000).
- IV Properti material yang distudi adalah transmitansi termal (U), transmitansi cahaya tampak (*Visible light Transmittance* atau VT), tingkat radiasi matahari atau koefisien pembayang (*Solar Coefficient* atau SC), koefisien serap radiasi matahari (α). SC merupakan nilai gabungan dari efek pembayangan yang dihasilkan oleh elemen peneduh ($SC1$) dan dari jenis kaca yang dipilih ($SC2$).

Pada tahap pertama dilakukan studi tipologi gedung sekolah untuk dikembangkan menjadi model studi. Ditetapkan pola ruang yang dimodelkan adalah pola satu lapis dengan selasar pada salah satu sisinya (Gambar 1). Pola ini cukup mewakili tipologi bangunan pendidikan dengan kemungkinan memiliki OTTV yang lebih tinggi dibandingkan dengan pola dua lapis.



Gambar 1 Model Ruang Kelas 1 Lapis yang Terpotong Secara Vertikal

Tahap kedua, dilakukan studi penentuan rasio luas jendela terhadap luas dinding (*window to wall ratio* atau *WWR*) yang memenuhi aspek bidang pandang keluar maupun kualitas pencahayaan alami untuk ruang kelas. Kriteria tingkat terang cahaya alami untuk ruang kelas sebesar 150-200 lux. Berdasarkan SNI 03 6197 2000 tingkat terang ruang kelas sebesar 200 lux. Akan tetapi, 150 lux dinilai sudah cukup untuk kegiatan membaca dan menulis (PSE-UAJY, 2009) dengan distribusi horizontal minimal 80% (ASHRAE, 2001). *WWR* ditentukan dengan simulasi program Ecotect-Radiance yang dinilai andal dan akurat dalam menganalisis pencahayaan alami (Reinhart, 2006 & Ng, 2001). Simulasi pencahayaan alami berikutnya untuk menentukan nilai VT minimal dari material kaca pada bidang jendela. Semua simulasi pencahayaan alami menggunakan kondisi batas tingkat pantulan permukaan interior yang direkomendasikan oleh IESNA untuk ruang kelas (Rea, 2000).

Analisis radiasi matahari pada Ecotect digunakan untuk menganalisis besarnya SC yang diciptakan oleh elemen peneduh eksternal. Model ruang kelas selanjutnya dikaji dari aspek termalnya dengan simulasi termal yang tersedia di Ecotect. Simulasi beban kalor selubung bangunan dan beban radiasi matahari langsung dilakukan pada kondisi tingkat kebocoran udara pada pintu sebesar 5 l/det.m² dan jendela sebesar 2 l/det.m² (IIEC, 2006). Hasil simulasi ini digunakan untuk mengkomparasi dan memvalidasi nilai-nilai yang ditetapkan dengan menggunakan rumus OTTV (persamaan 1).

$$OTTV_i = \alpha[U_w \times (1 - WWR)] \times TD_{ek} + (WWR \times U_f \times \Delta T) + (WWR \times SC \times SF) \dots\dots \text{persamaan 1}$$

Dengan,

OTTV_i = nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar pada orientasi tertentu (Watt/m²)

U_w = transmitansi panas dinding opaque (Watt /m².K)

U_f = transmitansi panas fenestrasi (Watt /m².K)

α = absorptansi radiasi matahari

TD_{ek} = beda temperatur ekuivalen (K)

ΔT = beda temperature perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam

SC = koefisien peneduh fenestrasi

SF = faktor radiasi matahari (Watt/m²)

WWR = perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan.

Kombinasi nilai maksimum U, SC dan α ditentukan dengan mempertimbangkan nilai-nilai maksimum pada beberapa terasir nilai (terhadap, menentang arah angin) matahari

yang ada di pasaran dan yang mungkin diproduksi, serta aspek ekologis material (kandungan energi atau jejak karbon material). Standar material dibangun berdasarkan orientasi selubung bangunan agar menghasilkan standar nilai yang tidak terlalu mengekang dan menyediakan ruang bagi arsitek untuk berkreasi. Rumus OTTV yang digunakan untuk menentukan standar nilai properti material didasarkan pada kondisi sebagai berikut:

- W T_{Dek} = 15 K dan $\alpha = 5$ K sesuai dengan SNI 03-6389-2000. Angka ini lebih besar daripada yang diterapkan di Singapura (SCBC, 2004).
- W Nilai SF diperoleh dari hasil simulasi Ecotect agar sesuai dengan kondisi iklim setempat.

PEMBAHASAN

WWR, VT, dan Koefisien Pantul Permukaan Interior

Studi pencahayaan alami pada model ruang kelas menghasilkan nilai WWR sebesar 0,37 hingga 0,42 dengan elemen peneduh eksternal yang relatif lebar (SC_1 rata-rata = 0,012). Tingkat terang dan distribusi horisontal ruang kelas sangat ditentukan oleh tingkat pantulan permukaan interior di samping WWR-nya. Simulasi pencahayaan alami yang dilakukan secara berulang menghasilkan ketentuan besarnya VT bidang kaca untuk WWR 0,37-0,42 dengan ketentuan tingkat pantulan permukaan interior seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Distribusi Cahaya Alami pada Ruang Kelas dengan VT Maksimum dan Minimum

Orientasi koridor	VT	Tingkat pantulan interior				Distribusi pencahayaan alami
		dinding	plafond	lantai	rata-rata	
Utara	0,87	0,50	0,90	0,50	0,63	97,1%
	0,65	0,60	0,90	0,50	0,67	82,3%
Selatan	0,87	0,60	0,90	0,50	0,67	99,7%
	0,60	0,50	0,90	0,50	0,63	80,3%
Barat	0,87	0,60	0,90	0,50	0,67	81,9%
	0,75	0,60	0,90	0,50	0,67	82,3%
Timur	0,87	0,63	0,90	0,53	0,69	80,7%

(Sumber: Binarti dan Istiadji, 2011)

Beberapa standar konservasi energi untuk material selubung bangunan yang telah diterapkan untuk daerah tropis lembab menentukan nilai maksimum untuk WWR (IIEC, 2006 & DOE, 2009) dan nilai minimum VT (DOE, 2006). Ketentuan tingkat pantulan interior belum tercakup pada standar tersebut, tetapi menjadi penekanan penting pada usulan standar yang distudi karena efektivitasnya di dalam menciptakan tingkat terang dan distribusi yang memadai serta aspek ekologis material dari kandungan energi yang relatif rendah dibandingkan dengan kandungan energi yang dihasilkan oleh modifikasi luas jendela maupun VT kaca. Penentuan WWR sesuai dengan tipologi bangunan juga

menjadi penting karena bangunan dengan fungsi yang berbeda menuntut kualitas pencahayaan alami dan bidang pandang keluar yang berbeda. Perbedaan standar properti material untuk setiap orientasi selubung bangunan juga merupakan ketentuan baru yang tidak ditetapkan pada standar material yang lain, tetapi diperhitungkan di dalam menentukan OTTV.

3.2 Kombinasi Batas Nilai Properti Material Selubung Bangunan Pendidikan

Tiga kombinasi nilai maksimum SC , U dan α diusulkan untuk setiap orientasi selubung bangunan untuk memberikan alternatif desain selubung bangunan dengan atau tanpa elemen peneduh eksternal. Kombinasi pertama dengan SC_1 sebesar 0,011, yang berarti selubung dengan elemen peneduh eksternal yang lebar. Selubung dengan elemen peneduh yang sempit (SC_1 sebesar 0,4) merupakan kombinasi yang kedua. Selubung bangunan tanpa elemen peneduh eksternal disyaratkan memiliki kombinasi properti material sebagaimana yang ditentukan untuk SC_1 sebesar 0,55.

Untuk mencapai $OTTV \leq 45 \text{ W/m}^2$, lebih dipilih material dengan U_{dinding} yang rendah daripada menggunakan U_{kaca} yang rendah. Dinding dengan U rendah dapat dicapai dengan menambahkan insulasi termal dan rongga di dalamnya. Penambahan tebal material sebaiknya dihindari karena akan meningkatkan kandungan energi material dengan penurunan U yang tidak efektif (Reddy & Jagadish, 2003). Kaca dengan U yang rendah cenderung memiliki kandungan energi yang tinggi yang dihasilkan dari peningkatan ketebalan kaca atau pengisian gas khusus pada rongga antar lapisan kaca (Wolf, 2011).

Tabel 2 Persyaratan Minimal Nilai SC , U_{dinding} , U_{kaca} dan α yang Direkomendasikan untuk 4 Orientasi Fenestrasi dengan Tingkat Pantulan Interior Tertentu

Orientasi	VT minimal	Tingkat pantulan minimal (dinding; plafond; lantai)	SC total maksimum		U_{dinding} ($\text{W/m}^2.\text{K}$) maks.	U_{kaca} ($\text{W/m}^2.\text{K}$) maks.	α maks.
			SC_1	SC_2			
Utara	0,65	0,60; 0,90; 0,50	0,011	0,94	4,13	7,40	0,80
			0,400	0,94	1,75	7,40	0,30
			0,550	0,60	4,00	6,00	0,30
Selatan	0,60	0,50; 0,90; 0,50	0,011	0,94	4,15	7,40	0,80
			0,400	0,94	3,85	7,40	0,30
			0,550	0,94	1,00	7,40	0,30
Barat	0,75	0,60; 0,90; 0,50	0,011	0,94	4,13	7,40	0,80
			0,400	0,94	1,71	7,40	0,30
			0,550	0,60	4,00	6,00	0,30
Timur	0,87	0,63; 0,90; 0,53	0,011	0,94	4,11	7,40	0,80
			0,400	0,94	1,28	6,00	0,30
			0,550	0,60	2,64	6,00	0,30

(Sumber: Binarti dan Istiadji, 2011)

Persyaratan elemen peneduh eksternal yang lebar menghasilkan standar nilai SC_2 , U_{dinding} , U_{kaca} dan α yang tinggi. Angka ini sangat jauh jika dibandingkan dengan nilai

maksimum yang ditetapkan oleh standar yang lain, seperti: IIEC *Energy Conservation Building Code* 2006 & CNMI *Tropical Energy Code* (2009) yang mensyaratkan U_{dinding} kurang dari $1 \text{ W/m}^2.\text{K}$ dan U_{kaca} sebesar $3,177 \text{ W/m}^2.\text{K}$. IIEC *Energy Conservation Building Code* 2006 & CNMI *Tropical Energy Code* (2009) tidak membedakan standar material untuk selubung bangunan dengan elemen peneduh eksternal dan tanpa peneduh. Penggunaan elemen peneduh eksternal berupa vegetasi akan lebih menguntungkan secara ekologis.

Ketentuan nilai α merupakan hal baru di dalam standar material selubung bangunan. Untuk selubung dengan elemen peneduh eksternal yang lebar masih dimungkinkan menggunakan warna-warna yang cenderung gelap ($\alpha \leq 0,8$). Selubung dengan elemen peneduh eksternal yang sempit atau tanpa elemen peneduh harus dicat dengan warna terang ($\alpha \leq 0,3$). Standar koefisien serap radiasi matahari akan lebih mudah diimplementasikan karena dapat dilakukan dengan memilih warna terang pada permukaan eksterior selubung bangunan.

3.3 Standar Material Berdasarkan OTTV dan Simulasi Beban Kalor Selubung Bangunan

Hasil pengujian beban kalor selubung bangunan model ruang kelas dengan kombinasi nilai maksimum properti material selubung bangunan yang telah ditetapkan pada Tabel 2 ditampilkan pada Tabel 3. Semua kombinasi memiliki beban kalor selubung $\leq 45 \text{ W/m}^2$. Perbedaan beban kalor selubung untuk orientasi selubung ke Barat dan Timur maupun pada selubung dengan elemen peneduh yang tidak lebar kemungkinan diciptakan oleh perbedaan efek pembayangan matahari pada setiap variasi orientasi selubung bangunan. Meskipun demikian, secara umum kombinasi batas nilai dapat diterapkan dan memenuhi persyaratan nilai maksimum OTTV.

Tabel 3 Hasil Pengujian Beban Panas Pada Selubung dengan Kombinasi Properti Material yang Direkomendasikan

Orientasi	SC total		U_{dinding} ($\text{W/m}^2.\text{K}$)	U_{kaca} ($\text{W/m}^2.\text{K}$)	α	Fabric heat gain (W)	Direct solar gain (W)	Beban kalor selubung (W/m^2)
	SC ₁	SC ₂						
Selatan	0,011	0,94	4,15	7,40	0,80	3166	1885	45
	0,400	0,94	3,85	7,40	0,30	1162	1319	22
Barat	0,011	0,94	4,13	7,40	0,80	3224	1772	44
	0,400	0,94	1,71	7,40	0,30	1455	1195	23
Timur	0,011	0,94	4,11	7,40	0,80	2885	1027	35
	0,400	0,94	1,28	6,00	0,30	2117	798	26

(Sumber: Binarti dan Istiadji, 2011)

Besar beban kalor selubung model ruang kelas per satuan luas lantai ternyata lebih besar dibandingkan dengan standar IKE (Sujatmiko, 2008). Padahal, standar IKE mencakup konsumsi energi secara keseluruhan, termasuk pemakaian lampu, penghuni dan peralatan lainnya yang tidak diperhitungkan di dalam OTTV. Hasil penghitungan antara OTTV dan IKE tidak bisa secara langsung dikomparasikan. Ruang yang luas dengan selubung yang luas akan memiliki IKE yang rendah dengan

OTTV tinggi. Ruang yang luas dengan selubung yang sempit akan memiliki IKE yang rendah dengan OTTV rendah.

3.4 Gagasan Pengembangan Standar Baku Material Selubung Bangunan

Studi ini telah menghasilkan kriteria minimum properti material yang menentukan tingkat efisiensi energi dari selubung bangunan pendidikan. Standar yang lengkap tentu mencakup semua tipologi bangunan. Diharapkan studi mendatang dapat dikembangkan standar material untuk selubung yang mewakili semua tipologi bangunan.

Skala yang lebih luas, seperti skala nasional atau wilayah iklim yang lebih luas menjadikan penerapan standar yang lebih efektif. Perubahan iklim global yang relatif ekstrem pada beberapa tahun terakhir menuntut standar yang adaptif yang didasarkan pada *update* data iklim dan prediksi data iklim 10 tahun yang akan datang.

Pengembangan standar material selubung bangunan seharusnya juga mengacu ke standar IKE bangunan. Permasalahannya, standar IKE belum ditetapkan sebagai Standar Nasional Indonesia dan tidak dilengkapi dengan rincian standard IKE untuk setiap komponen. Dibutuhkan studi untuk menentukan berapa IKE maksimum yang ditentukan oleh selubung bangunan, seperti: untuk ventilasi mekanis dan untuk pencahayaan buatan.

Batasan WWR untuk setiap tipologi bangunan menjadi lebih akomodatif bagi penghuni di dalam berkegiatan di dalamnya dibandingkan dengan standar yang menetapkan nilai batas WWR yang kecil untuk semua tipologi bangunan. Persyaratan daya serap radiasi matahari dan tingkat pantulan permukaan interior merupakan metode yang mudah diterapkan dan efektif di dalam mencapai efisiensi energi bangunan.

IV KESIMPULAN DAN SARAN

1. Standar properti material bersifat lebih komprehensif, sederhana dan mudah diimplementasikan.
2. Ketentuan WWR yang optimal yang disesuaikan dengan tipologi bangunan. Untuk bangunan pendidikan WWR sebesar 0,37-0,42 merupakan nilai optimum yang mampu menyediakan kualitas pencahayaan alami dengan bidang pandang keluar yang memadai. Rekomendasi tingkat pantulan permukaan interior sangat efektif dalam mencapai efisiensi energi.
3. Besarnya SC yang menunjukkan lebar elemen peneduh eksternal merupakan salah satu properti material penting yang ditetapkan, selain SC kaca, U dan α . Penentuan batas nilai-nilai tersebut untuk empat orientasi utama selubung bangunan menghasilkan nilai yang memungkinkan pengembangan kreativitas arsitek di dalam mendesain selubung bangunan.
4. Agar standar lebih mudah dipahami dan diimplementasikan, SC1 perlu dilampiri dengan cara menentukan lebar elemen peneduh eksternal.
5. Standar material untuk semua tipologi bangunan dan berskala nasional yang didasarkan pada prediksi kondisi iklim 10 yang akan datang akan menjadi

program konservasi energi yang efektif di dalam mengatasi permasalahan pemanasan global.

DAFTAR PUSTAKA

1. ASHRAE. 2001. *ASHRAE Handbook: Fundamental*, ASHRAE, Atlanta
2. Badan Standardisasi Nasional. 2000. *Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan*, SNI 03 6197 2000
3. _____. 2000. *Konservasi Energi Selubung Bangunan Pada Bangunan Gedung*, SNI 03-6389-2000
4. Binarti, F. dan A. Djoko Istiadji. 2011. *Studi Awal Penentuan Baku Efisien Energi untuk Kulit Bangunan di Yogyakarta*, unpublished – Laporan Penelitian, Universitas Atma Jaya Yogyakarta
5. DOE. 2009. *CNMI Tropical Energy Code*, Northern Mariana Islands USA
6. Hui, S. C. M. 1997. "Overall Thermal Transfer Value (OTTV): How to Improve Its Control in Hong Kong", *Proc. of the One-day Symposium on Building, Energy and Environment*, pp. 12-1 – 12-11
7. IIEC dan USAID. 2006. *Energy Conservation Building Code 2006*, India
8. IIPC. 2007. *The IPCC fourth Assessment Report*, Cambridge University Press, Cambridge
9. M.S. Rea (ed.). 2000. *The IESNA Lighting Handbook: Reference & Application*, Illuminating Engineering Society of North America (IESNA), New York, Ch. 11, p. 2.
10. Ng., E. Conf. Proc. of the IBPSA Conf., Rio de Janeiro, 2001. p. 1215-1222.
11. Pusat Studi Energi UAJY. 2009. *Evaluasi Sistem Energi dan Rekomendasi Perbaikan Bangunan Kampus Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, LPPM UAJY
12. Reddy, B.V. Venkatarama & K.S. Jagadish. 2003. "Embodied Energy of Common and Alternative Building Materials and Technologies", *Energy and Buildings*, vol. 35, pp. 129–137
13. Reinhart, C.F, M. Andersen. 2006. *Journal of Energy and Buildings*, v.38, no.7, July p. 890-904
14. Singapore Commissioner of Building Control. 2004. "Guidelines on Envelope Thermal Transfer Value for Buildings", Singapore
15. Sujatmiko, Wahyu, 2008. *Konservasi Energi pada Bangunan Gedung*, Majalah Litbang Pekerjaan Umum, Dinamika Riset, Volume VI No.4, Oktober - Desember 2008
16. Wolf. 2011. A., *Sustainability Driven Trends and Innovation in Glass and Glazing*,
http://www.dowcorning.com/content/publishedlit/sustainability_driven_trends_and_innovation_in_glass_and_glazing.pdf, diunduh tanggal 9 Februari 2011