

KOMPARASI NILAI *PARTIAL-OTTV* PADA *EAST-WALL* BERBASIS *U-VALUE*= 2,6 DENGAN *U-VALUE*= 1,6

Oleh: Wied Wiwoho Winaktoe

Departemen Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
Kampus Universitas Indonesia Depok 16424, E-mail: woho@mailcity.com
Tanggal masuk naskah: 09 Februari 2009, Tanggal disetujui: 07 April 2009

Abstrak

*Secara teoritik, dinding-Timur (obyek simulasi) iklim tropika-lembab dipersyaratkan untuk memiliki nilai u-value = 2,0 yang sebenarnya sulit tercapai karena struktur dinding yang popular (plester-bata-plester) cenderung memiliki u-value = 2,6. Peningkatan kuantitas u-value tersebut terkait dengan penurunan kuantitas resistance value (R) melalui hubungan $1/R = u\text{-value}$; hal ini berarti bahwa nilai-resistensi dinding akan (selalu) sulit menahan laju transfer-panas (*OTTV-partial*). Riset ini ditujukan untuk mendefinisikan dampak u-value > 2,0 (yakni 2,6) atau u-value < 2,0 (yakni 1,6) terhadap *OTTV-partial*, kasus dinding-Timur bangunan gedung. Prosedur riset mencakup sejumlah tahapan, yakni: (a) model dinding-Timur yang bernilai u-value >2 (yakni 2,6) dan WWR = 0,40 diformulasi lalu divisualisasikan menggunakan Ecotect v5.50; (b) model dinding-Timur yang bernilai u-value < 2 (yakni 1,6) dan WWR = 0,40 diformulasi lalu divisualisasikan menggunakan Ecotect v5.50, (c) dinding-Timur dengan u-value=2,6 menjadi input dalam *OTTV ver 1*; kalkulasi *partial OTTV* menghasilkan nilai 21,28 W/m², (d) dinding-Timur dengan u-value=1,6 menjadi input dalam *OTTV ver 1*; kalkulasi *partial OTTV* menghasilkan nilai 12,95 W/m². Kesimpulan: U-value < 2 menghasilkan *partial OTTV* lebih kecil ketimbang u-value > 2; oleh karena itu struktur ber-u-value < 2 menerima transfer-panas parsial jauh lebih kecil karena memiliki resistensi panas yang jauh lebih besar*

Kata-kunci : Termal, transmitansi, u-value, dinding, *OTTV*

Abstract

*Theoretically, East-wall (object of simulation) in hot-humid climate was required to had u-value of 2,0 which was difficult to obtain since the structure of popular wall (plaster-brick-plaster) would reach u-value of 2,6. The increasing quantity of u-value denoted the decreasing quantity of resistance value (R) since $1/R = u\text{-value}$ meanwhile the consequence of the increasing u-value towards heat-transmittance value is interesting to find because u-value contributes to overall thermal transmittance value (*OTTV*). It was therefore this research was directed to find the impact of either u-value > 2,0 (i.e. 2,6) or u-value < 2,0 (i.e. 1,6) towards the *OTTV* at East-wall.*

*Procedures involved certain steps: (a) modelling East-wall with u-value of 2,6; (b) modelling East-wall with u-value of 1,6; (c) put u-value of 2,6 into partial *OTTV* calculation using software of *OTTV v1*; (d) put u-value of 1,6 into partial *OTTV* calculation using software of *OTTV v1*.*

*Results are (1) u-value of 2,6 produces partial *OTTV* of 21,28 W/m² and (2) u-value of 1,6 produced partial *OTTV* of 12,95 W/m². These come up with the conclusions that (1) u-value < 2,0 tends to produce smaller partial *OTTV* compared to u-value > 2,0 and (2) the smaller u-value being created then the smaller heat-transmittance will be at the partial *OTTV* of East-wall.*

Keywords : Thermal, transmittance, u-value, wall, *OTTV*

INTRODUKSI

Iklm Tropika-Lembab

Indonesia terdeskripsi sebagai region beriklim tropika lembab yang bercirikan radiasi tinggi ($>900 \text{ W/m}^2$) (Olgay 1963:175) namun velositas angin yang tak stabil di pusat kota (0 m/det atau $>30 \text{ m/det}$) (Satwiko, et al, 2000).

Tropika lembab merupakan iklim yang tersulit untuk ditangani dari sudut desain termal; variasi diurnal sering mencapai $5-7 \text{ deg C}$, bahkan kurang dari nilai tersebut. Hal terbaik yang dapat dicapai oleh desainer ialah memastikan bahwa kondisi *indoor* tak lebih buruk daripada kondisi *outdoor* yang menerima peneduhan (Szokolay 1980:334). Pada tropika lembab 68% beban termal berada di atas ambang *thermal comfort*; *overheated period* terjadi pada 9.00-15.00 saat *global irradiance* mencapai 800 wh/m^2 (Santosa, 2000).

Partial OTTV

OTTV merupakan prosedur standar mengenai konservasi energi yang menetapkan bahwa panas yang memasuki suatu selubung bangunan harus bernilai $\leq 45 \text{ W/m}^2$. Perihal konservasi energi maka tema ini merupakan standar yang mesti dipenuhi dalam praktik jasa-konstruksi dan desain bangunan gedung (Anonim 1998); ketentuan yang sama sebenarnya telah ditunjukkan oleh sejumlah referensi dalam dunia praktik profesi Arsitek Amerika, misal referensi tentang analisis ekonomi energi (Anonim 1982a), *HVAC*, teknik evaluasi energi bangunan, energi dan rekayasa tapak (Anonim 1982d), atau analisis energi (Watson, 1993).

Ketetapan mengenai *OTTV* telah wajib diterapkan sejak 1993 (Anonim 1993); selanjutnya standar ini disempurnakan pada tahun 2000 (Anonim 2000) yang kian mengukuhkan peran vital prosedur ini dalam praktik rancang-bangun. Ekuasi *OTTV* yang paling mutakhir memuat sejumlah variabel yang nilai-nilainya dapat diperoleh melalui tetapan tertentu (*default*) maupun kalkulasi sesuai kondisi tertentu (*customize*).

Partial OTTV ($OTTV_i$) merupakan kalkulasi *OTTV* pada *façade* tertentu yang menjadi *input* lanjutan dalam *total OTTV* (kalkulasi *OTTV* pada seluruh selubung). Rumus *partial OTTV* yakni:

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

Nomenklatur

α = absorbtansi radiasi matahari

U_w = transmitansi termal dinding tak tembus cahaya ($\text{Watt/m}^2.\text{K}$). Nilai U_w didapatkan dari rumus $U_w=1/R_{total}$ (resistivitas). Nilai R_{total} didapatkan dari jumlah R , $R=t/k$. Dimana t adalah tebal bahan dan k adalah konduktivitas. Nilai t dan k berdasarkan jenis lapisan luar dinding yang dipakai.

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

WWR =luas jendela/luas dinding tak tembus cahaya.

TD_{Ek} = beda temperatur ekuivalen (K).

SC = koefisien peneduh dari sistem fenestrasi.

Mempunyai nilai tetap $SC=0,5$.

SF = faktor radiasi matahari (W/m^2)

U_f = transmitansi termal fenestrasi ($\text{W/m}^2.\text{K}$).

Nilainya didapatkan dengan metode perhitungan yang sama dengan U_w .

ΔT = beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam.

$\Delta T = 5 \text{ deg C}$.

U-value merupakan salah satu *input* yang paling membutuhkan rutinitas dalam kalkulasi *OTTV_i*; memahami kecenderungan implikatif dari *u-value* terhadap *OTTV_i* pada fase pra-kalkulasi maupun pada fase penentuan strategi

pengendalian nilai *OTTV* akan sangat membantu desainer agar sejak awal merancang komponen dinding yang mampu mereduksi nilai perpindahan panas.

Software OTTV ver1

Prosedur kalkulasi *partial OTTV* maupun *total OTTV* sangat menguras energi dan waktu; pada sisi lain, pengabaian terhadapnya takkan membawa manfaat apapun karena *OTTV* merupakan sarana konservasi energi pada bangunan gedung, bahkan di sejumlah negara ASEAN, *OTTV* menjadi persyaratan wajib untuk memperoleh Ijin Mendirikan Bangunan (IMB).

Berdasar hal tersebut *software OTTV ver 1* (Winaktoe, 2008) diformulasi guna meningkatkan kapabilitas desainer perihal pemetaan nilai perpindahan-panas dan menemukan lokus serta variabel yang berpotensi sebagai solusi problem *OTTV*.

TEORI

Keseluruhan bangunan sebaiknya berbobot ringan guna mempermudah pendinginan saat malam, yakni pada waktu suhu-tinggi sangat sulit ditoleransi ketimbang pada waktu siang hari. Dinding Timur dan Barat sebaiknya (a) tak memuat jendela guna mempersulit penetrasi radiasi dari *altitude*-rendah matahari, (b) memiliki permukaan reflektif, (c) insulasi resistif (Szokolay 1980:334).

Pada iklim yang memiliki rentang suhu-tinggi, dinding eksternal sebaiknya menyertakan kalkulasi *time lag* guna memoderasi suhu internal (Evans 1980:101). Demi respon yang cepat serta kapasitas penyimpanan-panas yang rendah maka ketebalan dinding homogen sebaiknya < 100mm (lebih diprioritaskan bila bernilai < 75mm meski terdapat kesulitan penerapannya). (Evans 1980:101)

Pada tropika-lembab, konstruksi dinding yang ringan pula tipis akan sangat ideal bila dipergunakan pada ruang tidur karena pendinginan secara cepat dibutuhkan saat malam (Givoni, 1998:397). Pada ruang yang dimanfaatkan siang hari maka kemampuan

penyimpanan-panas yang tinggi akan menjadi faktor yang menguntungkan karena ia akan mereduksi peningkatan suhu udara internal. Pada ruang yang dimanfaatkan saat siang, sore, dan malam (misal: ruang keluarga, dapur, serba guna) maka dinding internal yang ringan sangatlah diprioritaskan sebagai pilihan. (Evans 1980:102)

**Tabel 1 .
Properti Termal Dinding
di Iklim Tropika Lembab**

<i>Element, Climate and Condition</i>	'U' Value	q/l	Time lag
<i>West wall</i>	2.0	3.0	0-5
<i>East, south and north walls</i>	2.0	4.0	0-5
<i>Walls shaded from direct solar radiation</i>	2.8	-	0-14

(Sumber: EVANS 1980: 98)

ARAH DAN TUJUAN RISET

Tabel 1 menunjukkan bahwa *East wall* (obyek simulasi; Lihat sub bab Obyek Riset) dipersyaratkan untuk memiliki *u-value* = 2,0; nilai tersebut sulit dipenuhi secara konvensional karena struktur-dinding yang populer (plester-bata-plester) cenderung memiliki *u-value*= 2,6 (Gbr 2). Informasi dari peningkatan nilai *u-value* hanya mendeskripsikan bahwa nilai resistensi panas (R) kian mengecil ($1/R = u-value$) sedangkan konsekuensi dari peningkatan *u-value* terhadap perpindahan panas belumlah diketahui. Oleh karena itu riset ini diarahkan untuk mengetahui konsekuensi *u-value* > 2 (yakni 2,6) dan *u-value* < 2 (yakni 1,6) terhadap perpindahan panas pada dinding tersebut, yakni *partial OTTV*.

METODE RISET

Obyek Riset

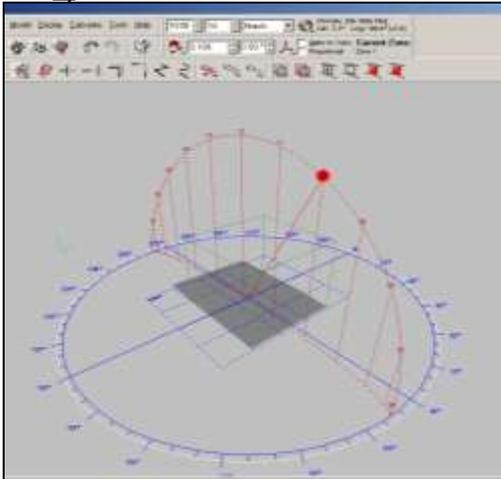
Model simulasi merupakan *East-wall* yang berada pada sembarang ruang (*dummy*) dalam konteks *latitude* 7 LS; posisi matahari pada jam 10.00 W.I.B., Maret. (Gbr 1)

Alat Simulasi

Deskripsi mengenai struktur material *East-wall* divisualisasikan menggunakan *software* Ecotect v.5.50; sedangkan untuk menghitung *U-value East-wall* serta *partial OTTV* maka dipergunakanlah *software* OTTV ver 1 (2008).

Prosedur

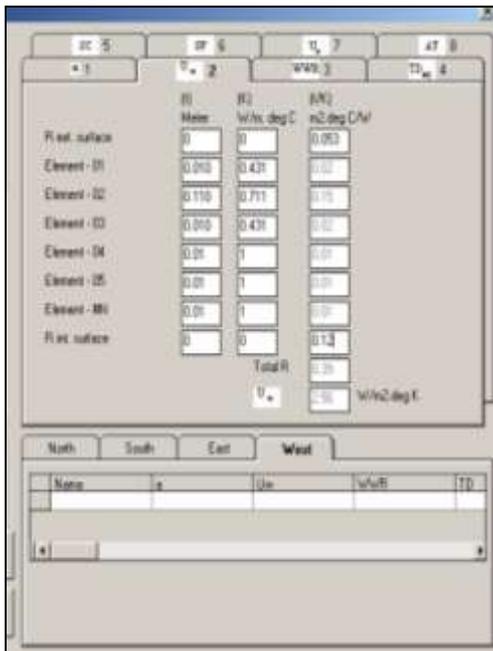
- Model *East-wall* yang bernilai *U-value* >2 (yakni 2,6) diformulasi lalu divisualisasikan menggunakan Ecotect v5.50. (Gbr 2); nilai *WWR* = 0,40
- Model *East-wall* yang bernilai *U-value* < 2 (yakni 1,6) diformulasi lalu divisualisasikan menggunakan Ecotect v5.50. (Gbr 4); nilai *WWR* = 0,40
- East-Wall* dengan *u-value*=2,6 menjadi *input* dalam OTTV ver 1; kalkulasi *partial OTTV* menghasilkan nilai 21,28 W/m². (Gbr 3)
- East-Wall* dengan *u-value*=1,6 menjadi *input* dalam OTTV ver 1; kalkulasi *partial OTTV* menghasilkan nilai 12,95 W/m². (Gbr 6)



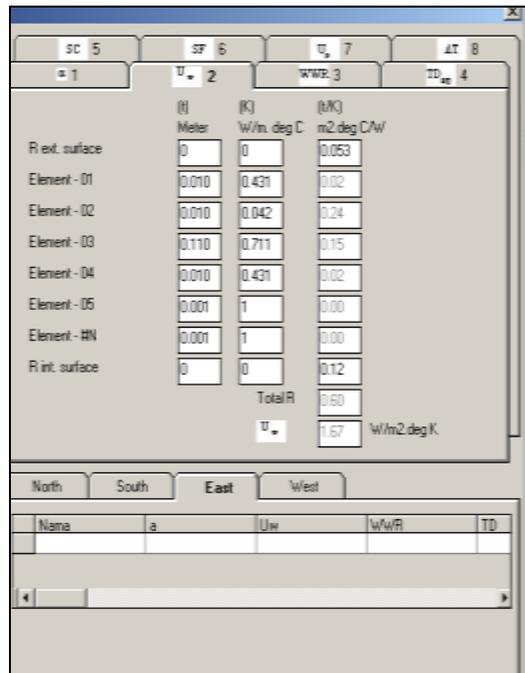
Gbr 1. Konteks Klimatik *East-Wall*
(Sumber: Ecotect v.5.50)



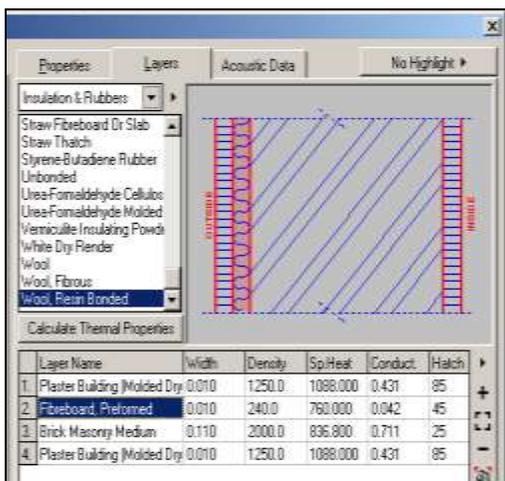
Gbr 2. Struktur *East-Wall*, *U-Value*= 2,6
(Sumber: Penulis menggunakan Ecotect v.5.50, 2008)



Gbr 3. Kalkulasi U -Value= 2,6 untuk Partial OTTV
(Sumber: Penulis menggunakan OTTV v.1, 2008)



Gbr 6. Kalkulasi U -Value= 1,6 untuk Partial OTTV
(Sumber: Penulis menggunakan OTTV v.1, 2008)



Gbr 4. Struktur East-Wall, U -Value= 1,6
(Sumber: Penulis menggunakan Ecotect v.5.50, 2008)

HASIL DAN DISKUSI

Simulasi menggunakan OTTV ver 1 menunjukkan bahwa u -value 2,6 Watt/m²K menghasilkan *partial OTTV* pada *facade East* sebesar 21,28 W/m²; pada sisi lain u -value 1,6 Watt/m²K menghasilkan *partial OTTV* pada *facade East* sebesar 12,95 W/m².

Hal tersebut menunjukkan bahwa pada u -value < 2 (standar u -value untuk *East-wall*; lihat [Tabel 1](#)), yakni 1,6 maka transfer-panas parsial lebih kecil daripada transfer-panas parsial pada u -value > 2, yakni u -value = 2,6. Oleh karena itu penggunaan struktur pada gambar 4 yang menyertakan insulasi *fibre* pra-cetak ([Gbr 4](#)) dapat dikatakan menerima panas lebih kecil ketimbang struktur konvensional tanpa insulasi ([Gbr 2](#)).

Hasil-hasil ini selaras dengan hubungan kasualistik yang diperlihatkan oleh ekuasi OTTVi, yakni bahwa *u-value* berbanding lurus dengan *partial OTTV*. Berdasar algoritma yang dibangun dalam kalkulasi *u-value* dapat dinalar bahwa semakin besar nilai *u-value* maka semakin kecil nilai resistensi panas suatu komponen (*R*); pada kasus nilai *u-value* 1,6 (*R* = 0,60) – 2,6 (*R* = 0,39) maka dapat dinyatakan bahwa struktur pada gambar 4 yang menyertakan insulasi *fibre* pra-cetak (Gbr 4) lebih mampu menahan panas ketimbang struktur konvensional tanpa insulasi (Gbr 2).

KONKLUSI

U-value < 2 menghasilkan *partial OTTV* lebih kecil ketimbang *u-value* > 2; oleh karena itu struktur ber-*u-value* < 2 menerima transfer-panas parsial jauh lebih kecil karena memiliki resistensi panas yang jauh lebih besar.

Result	
OTTV-FACADE NORTH	0
OTTV-FACADE SOUTH	0
OTTV-FACADE EAST	21.29
OTTV-FACADE WEST	0
OTTV-ENLOSURE	0.05

Gbr 7. U-Value= 2,6
OTTV Partial = 21,28 W/m²
 (Sumber: Penulis menggunakan OTTV v.1, 2008)

Result	
OTTV-FACADE NORTH	0
OTTV-FACADE SOUTH	0
OTTV-FACADE EAST	12.95
OTTV-FACADE WEST	0
OTTV-ENLOSURE	0.00

Gbr 8. U-Value= 1,6
OTTV Partial = 12,95 W/m²
 (Sumber: Penulis menggunakan OTTV v.1, 2008)

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terimakasih kepada (1) Euis Marlina yang telah membantu mengembangkan proposal OTTV, (2) Raditya Jati, S. Si., M. Si. yang menularkan ide tentang *Decision Support System*, (3) Abdul Aziz, S. T. yang berbagi informasi tentang *genetic algorithm*, dan (4) Agus Haryadi, S.T. yang telah berkenan berbagi informasi tentang *software* teknologi bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1992. *Pedoman Tata Cara Perancangan Konservasi Energi pada Bangunan Gedung*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Permukiman.
- Anonim. 1993. SK SNI T-14-1993-03 tentang *Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi pada Bangunan Gedung*. Bandung: Yayasan LPMB, Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. 1998. Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Nomor: 441/KPTS/1998 tentang *Persyaratan Teknis Bangunan Gedung*. Jakarta: Penerbit PU.
- Anonim. 2000. SNI 03-6389-2000 tentang *Konservasi Energi pada Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Baruch Givoni. 1998. *Climate Considerations In Building and Urban Design*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Donald Watson. 1993. *The Energy Design Handbook*. Washington: The American Institute of Architects Press.
- Martin Evans. 1980. *Housing, Climate, and Comfort*. London: The Architectural Press Limited.
- Mas Santosa, 18 November 2000. *Arsitektur Surya, Sebuah Fenomena Spesifik untuk Daerah Tropis Lembab*. Surabaya: U.K. Petra.
- Prasasto Satwiko, Soesilo Budi Leksono, O.Th. Kristantoro. 2000/2001. Proposal Collaborative Research Grant Program: *Pengembangan Sistem Ventilasi Atap Tenaga Angin dan Surya (SIVATAS)*. Yogyakarta: Universitas Atmajaya.

S.V. Szokolay. 1980. *Environmental Science Handbook for Architects and Builders*. England: The Construction Press Ltd.
Victor Olgay. 1963. *Design with Climate*. USA: Princeton University Press.

Wied Wiwoho Winaktoe. 2008. Laporan Akhir Penelitian Regular: *Model Komputasional Overall Thermal Transmittance Value (OTTV)*. Surakarta: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, UMS.