

# Analisis OTTV Material Batu Bata Biokomposit dalam Bangunan Hunian

## *OTTV Analysis of Biocomposite Brick Materials in Residential Building*

1<sup>st</sup> Dira Agusta Putra  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
dagustaputra@student.telkomuniversity.ac.id

2<sup>nd</sup> Amaliyah R.I.U  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
amaliyahriu@telkomuniversity.ac.id

3<sup>rd</sup> Akbar Hanif Dawam Abdillah  
Pusat Penelitian Kimia-LIPI  
Tangerang Selatan, Indonesia  
dawam@lipi.go.id

**Abstrak**—Bangunan hemat energi adalah kemampuan suatu bangunan untuk memaksimalkan efisiensi energi pada bangunan melalui desain bangunan serta material yang digunakan. Kulit bangunan atau bagian luar dinding bangunan merupakan pembatas antara lingkungan luar bangunan dan lingkungan dalam bangunan. Saat ini sudah banyak peneliti yang membuat berbagai macam material guna mendukung efisiensi energi itu sendiri. Menurut Permen PUPR Nomor 02/PRT/M/2015 dan SNI 03 - 6389 - 2000 tentang bangunan gedung hijau menyatakan bahwa persyaratan tahap perencanaan teknis efisiensi energi (konsumsi energi) bangunan gedung hijau meliputi selubung bangunan dan nilai OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) yang diperkenankan adalah maksimum 35 W/m<sup>2</sup>. OTTV adalah ukuran perolehan panas ke dalam bangunan melalui selubung bangunan. Ini juga bertindak sebagai indeks untuk membandingkan kinerja termal bangunan. Pada penelitian ini, penulis melakukan analisa perhitungan OTTV menggunakan Energyplus dan perhitungan manual. Material batu bata yang digunakan adalah 6 sampel W/m<sup>2</sup> batu bata biokomposit dari serat kurma pada 4 macam bangunan [1]. Perhitungan dari 6 sampel batu bata biokomposit menunjukkan nilai OTTVnya kurang dari 35 W/m<sup>2</sup>. Setelah dibandingkan antara perhitungan manual dan energyplus menghasilkan nilai eror yang sangat kecil sehingga nilai OTTV yang didapat adalah valid.

**Kata Kunci**—batu bata biokomposit, OTTV, *energyplus*, efisiensi energi, simulasi

*Abstract*—*Energy-efficient buildings are the ability of a building to maximize energy efficiency in buildings through the design of the building and the materials used. The skin of the building or the outside of the building wall is a barrier between the outside*

*environment of the building and the environment inside the building. Currently there are many researchers who make various kinds of materials to support energy efficiency itself. According to the Minister of Public Works and Public Housing Number 02/PRT/M/2015 and SNI 03 - 6389 - 2000 regarding green buildings, it is stated that the requirements for the technical planning stage of energy efficiency (energy consumption) for green buildings include the building envelope and the OTTV (Overall Thermal Transfer Value) value which permitted is a maximum of 35. OTTV is a measure of heat gain into the building through the building envelope. It also acts as an index to compare the thermal performance of buildings. In this study, the authors analyze the OTTV calculation using Energyplus and manual calculations. The brick material used was 6 samples of W/m<sup>2</sup> biocomposite bricks from palm fiber in 4 types of buildings. Calculation of 6 samples of biocomposite bricks showed that the OTTV value was less than 35 W/m<sup>2</sup>. After a comparison between manual calculations and energyplus results in a very small error value, the OTTV value obtained is valid.*

**Keywords**—*biocomposite brick, OTTV, energyplus, efficiency energy, simulation*

### I. PENDAHULUAN

Bangunan merupakan beberapa dinding yang membentuk suatu ruang, berfungsi untuk melindungi diri dari gangguan lingkungan luar dan memberikan rasa nyaman kepada penghuni [2]. Seiring berkembangnya zaman, bangunan tidak hanya harus kuat dari segi konstruksi dan nyaman untuk dihuni, tetapi pada saat mendirikan bangunan harus memperhatikan bahwa bangunan tersebut ramah lingkungan serta mempunyai peranan untuk menghemat energi, bangunan ini biasa disebut bangunan hijau (*green building*). Penghematan energi

merupakan upaya untuk mengurangi jumlah konsumsi energi. Upaya penghematan ini dapat dicapai ketika konsumsi energi digunakan seefisien mungkin, sehingga efek yang akan ditimbulkan berkurangnya biaya serta meningkatnya nilai lingkungan serta kenyamanannya.

Permen PUPR Nomor 02/PRT/M/2015 dan SNI 03 - 6389 - 2000 tentang bangunan gedung hijau menyatakan bahwa persyaratan tahap perencanaan teknis efisiensi energi (konsumsi energi) bangunan gedung hijau meliputi selubung bangunan dan nilai OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) yang diperkenankan adalah maksimum 35 W/m<sup>2</sup>. OTTV adalah nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (W/m<sup>2</sup>) atau dengan kata lain OTTV pada bangunan adalah kemampuan suatu bangunan untuk menerima panas. Namun, di Indonesia masih banyak bangunan hunian yang belum diketahui berapa besar nilai OTTVnya.

Pada penelitian ini, penulis menggunakan 6 sampel material batu bata biokomposit dengan variasi komposisi bahan yang berbeda. Material batu bata biokomposit ini dicampur dengan limbah serat kurma [1]. Perhitungan OTTV dilakukan pada 4 bangunan konfidensial di daerah Jakarta. Dengan ukuran WWR (*Window to Wall Ratio*) Hasil dari nilai OTTV akan menunjukkan bahwa kinerja selubung bangunan tersebut apakah sudah memenuhi standar SNI,

kemudian hasil tersebut bisa menjadi masukan untuk melakukan scenario pada selubung bangunan lainnya. Nilai OTTV bangunan berperan untuk menunjukkan upaya penghematan energi pada bangunan. Ketika nilai OTTV sudah memenuhi standar SNI, maka bangunan tersebut mempunyai *cooling load* yang kecil dan membuat kinerja AC (*air conditioner*) pada bangunan tersebut tidak terlalu besar sehingga berpotensi mendukung terwujudnya bangunan hijau (*Green Building*).

## II. METODE

### A. OTTV

OTTV adalah suatu nilai yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk dinding dan kaca bagian luar bangunan gedung yang dikondisikan (mempunyai sistem tata udara) [8]. Perhitungan OTTV mencakup tiga hal, yaitu konduksi dinding, konduksi kaca, dan radiasi kaca.

Pada perhitungan konduksi dinding, dibutuhkan beda temperatur ekuivalen, absorpsi termal, *U-Value* dinding, dan WWR (*Window to Wall Ratio*). Pada perhitungan konduksi kaca, dibutuhkan *U-Value* kaca, WWR, dan beda temperatur bagian dalam dan luar kaca. Pada perhitungan radiasi kaca, dibutuhkan *shading coefficient*, WWR, dan *solar factor*

OTTV untuk setiap bidang dinding luar bangunan gedung dengan orientasi tertentu dihitung melalui persamaan:

$$OTTV = \alpha \cdot U_w \cdot (1 - WWR) \cdot T_{Dek} + SC \cdot WWR \cdot SF + U_f \cdot WWR \cdot \Delta T \quad (2.1)$$

dengan,

$$WWR = \frac{A_f}{A_{tot}} \quad (2.2)$$

dan

$$A_{tot} = A_w + A_f \quad (2.3)$$

maka,

$$OTTV = \frac{\alpha \cdot U_w \cdot A_w \cdot T_{Dek} + SC \cdot A_f \cdot SF + U_f \cdot A_f \cdot \Delta T}{A_{tot}} \quad (2.4)$$

untuk sebanyak orientasi n, ditulis sebagai berikut.

$$OTTV = \frac{\sum_i^n \alpha_i \cdot U_{wi} \cdot A_{wi} \cdot T_{Deki} + \sum_i^n SC_i \cdot A_{fi} \cdot SF_i + \sum_i^n U_{fi} \cdot A_{fi} \cdot \Delta T}{\sum_i^n A_{tot}} \quad (2.5)$$

Keterangan:

OTTV = *Overall Thermal Transfer Value* (W/m<sup>2</sup>)

$\alpha$  = Absorpsi termal

$U_w$  = *U-Value* dinding ( $W/m^2.K$ )

WWR = *Window to Wall Ratio*

$A_w$  = Luas dinding pada permukaan luar ( $m^2$ )

$T_{dek}$  = Beda temperatur ekuivalen (K)

SC = *Shading Coefficient*

$A_f$  = Luas kaca pada permukaan luar ( $m^2$ )

SF = *Solar Factor* ( $W/m^2$ )

$U_f$  = *U-Value* kaca ( $W/m^2.K$ )

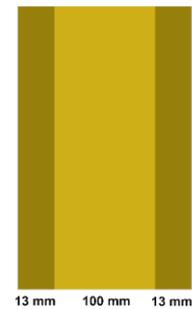
$\Delta T$  = Beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam (K)

$A_{tot}$  = Luas seluruh permukaan luar ( $m^2$ )

## B. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah tipikal bangunan hunian di Jakarta. Bangunan asli dan model geometri dapat diabaikan untuk kepentingan studi ini. Empat bangunan hunian yang menjadi objek penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1, 3.2, 3.3, dan 3.4. Bangunan ini memiliki WWR (*window-wall ratio*) yang dirancang sama yaitu 40%. Bangunan yang dipilih sebagai object penelitian juga mempunyai variasi serta bentuk bangunan yang berbeda.

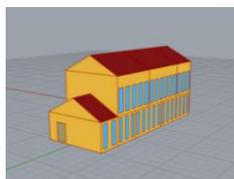
Untuk sifat material plaster merujuk ke SNI 03-6389-2010 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung. Ilustrasi panjang dinding dapat dilihat pada gambar berikut:



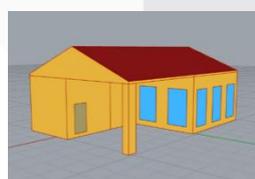
GAMBAR 1.  
(Ilustrasi Panjang Dinding Luar)

## C. Spesifikasi Dinding

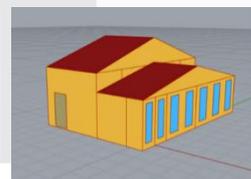
Pada penelitian ini, dinding luar batu bata biokomposit menggunakan plaster internal dan eksternal. Pada setiap sampel, batu bata biokomposit dirancang memiliki panjang 0.1 m dengan plaster internal dan eksternal memiliki Panjang 0.013 m.



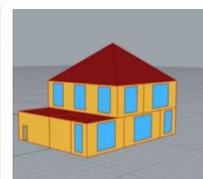
GAMBAR 2.1  
(Bangunan A)



GAMBAR 2.2  
(Bangunan B)



GAMBAR 2.3  
(Bangunan C)



GAMBAR 2.4  
(Bangunan D)

## D. Spesifikasi Bangunan

Objek penelitian ini adalah tipikal bangunan hunian di Jakarta. Bangunan asli dan model geometri dapat diabaikan untuk kepentingan studi ini. Empat bangunan hunian yang menjadi objek penelitian dapat

dilihat pada gambar 2.1, 2.2, 2.3, dan 2.4. Bangunan ini memiliki WWR (*window-wall ratio*) yang dirancang sama yaitu 40%. Bangunan yang dipilih sebagai object penelitian juga mempunyai variasi serta bentuk bangunan yang berbeda.

TABEL 2.1  
(Spesifikasi Bangunan)

Keterangan		Spesifikasi Bangunan			
		A	B	C	D
<b>Lantai</b>		2 Lantai (tinggi 3m/lantai)	2 Lantai (tinggi 3m/lantai)	1 Lantai (tinggi 3m/lantai)	1 Lantai (tinggi 3m/lantai)
<b>Luas Fasad</b>	Utara	55,36 m <sup>2</sup>	60 m <sup>2</sup>	21,5 m <sup>2</sup>	21,5 m <sup>2</sup>
	Selatan	55,36 m <sup>2</sup>	60 m <sup>2</sup>	21,5 m <sup>2</sup>	21,5 m <sup>2</sup>
	Barat	115,71 m <sup>2</sup>	72 m <sup>2</sup>	35 m <sup>2</sup>	35 m <sup>2</sup>
	Timur	115,71 m <sup>2</sup>	72 m <sup>2</sup>	25 m <sup>2</sup>	25 m <sup>2</sup>
<b>Kaca</b>		SunGuard SN 75 on Float ExtraClear 4mm			
<b>Ketebalan Dinding</b>	External plester	13mm			
	Internal plester	13mm			
	Batu bata	100mm			
$\alpha$ (absorbtansi termal)		0,47			
Nilai $\alpha$ (absorbtansi termal) merujuk pada jurnal SNI.		(Cat berwarna hijau muda)			

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan OTTV

1. Manual menggunakan Excel

Pada perhitungan manual dilakukan menggunakan aplikasi. Jika disederhanakan menjadi:

$$OTTV = \frac{Konduksi Dinding + Konduksi Kaca + Radiasi Kaca}{Luas Total}$$

Pertama, dilakukan perhitungan U-value menggunakan persamaan berikut:

$$U_w = \frac{1}{R}$$

Di mana nilai R adalah ketebalan material dibagi dengan konduktivitas termal:

$$R = \frac{t}{k}$$

Keterangan: t = ketebalan

k = konduktivitas termal

Perhitungan WWR sama seperti persamaan di (2.2), kemudian perhitungan TDek (Beda temperatur ekuivalen) didapatkan dari perkalian antara densitas dengan ketebalan seperti di persamaan berikut:

$$TDek = t \cdot \rho$$

Keterangan: t = ketebalan material

$\rho$  = densitas

Merujuk pada jurnal SNI, nilai TDek didapatkan dari tabel berikut:

TABEL 1.1.  
(Beda temperature ekuivalen untuk dinding [3].)

Berat/satuan luas (kg/m <sup>2</sup> )	TDEk
Kurang dari 125	15
126 ~ 195	12
Lebih dari 195	10

- a) tipe, massa dan densitas konstruksi.
- b) intensitas radiasi dan lamanya penyinaran.
- c) lokasi dan orientasi bangunan.
- d) kondisi perancangan

Untuk nilai SC didapatkan dari aplikasi window dengan spesifikasi kaca pada tabel 3.2.

Beda temperatur ekuivalen (TDEk) dipengaruhi oleh:

TABEL 3.2.  
(Spesifikasi kaca berdasarkan aplikasi Window)

Kaca	U-value	SC
SunGuard SN 75 on Float ExtraClear 4mm	3,224	0,475

sedangkan, nilai SF merujuk pada jurnal SNI seperti pada tabel 3.3. berikut:

TABEL 3.3.  
(Faktor radiasi matahari (SF, W/m<sup>2</sup>) untuk berbagai orientasi [3].)

Orientasi	U	TL	T	TG	S	BD	B	BL
	130	113	112	97	97	176	243	211

Berdasarkan radiasi matahari di Jakarta.

Keterangan:

Rata-rata untuk seluruh orientasi SF = 147

- U = utara
- TL laut = timur
- T = timur
- TG = tenggara
- S = selatan
- BD = barat daya
- B = barat
- BL = barat laut

2. Menggunakan Energyplus  
Pada perhitungan di aplikasi Energyplus, U-value menjadi hasil output dari simulasi. Di Energyplus inputan data yang harus dimasukkan di text editor adalah:

- Jenis material sampel
- Ketebalan sampel
- Absorptansi
- Konduktivitas termal
- Densitas

B. Nilai OTTV dari Setiap Bangunan

1. Bangunan A

	SNI	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5	Sample 6
Manual	31,19	30,85	31,40	30,54	28,70	29,35	29,96
Energyplus	31,74	31,35	31,98	30,91	28,95	29,60	30,28

2. Bangunan B

	SNI	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5	Sample 6
Manual	30,10	29,80	26,61	28,25	26,71	27,25	27,77
Energyplus	30,58	30,23	27,10	28,57	26,91	27,47	28,03

3. Bangunan C

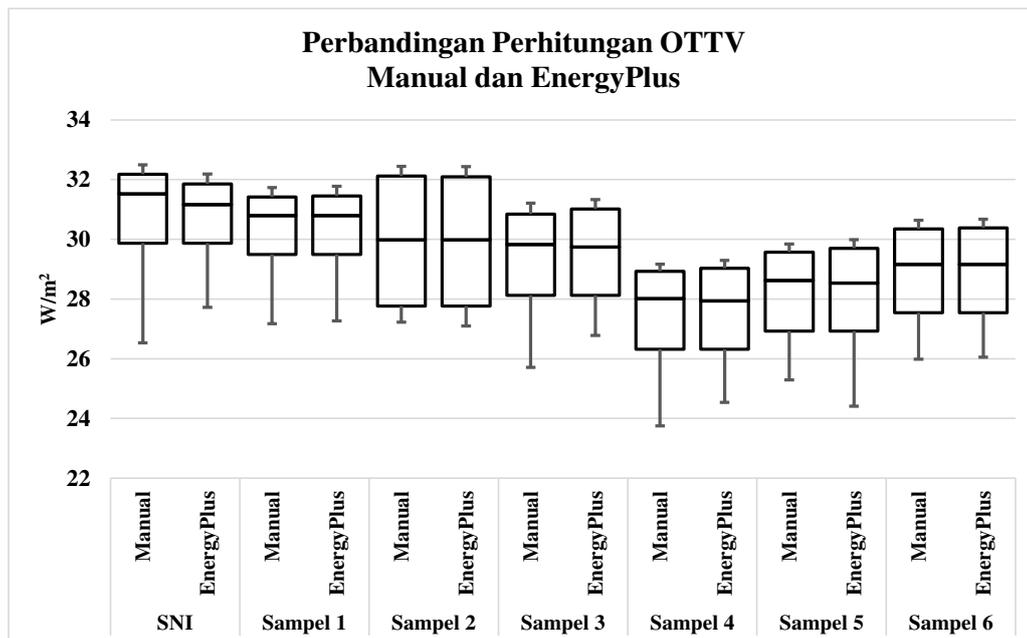
	SNI	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5	Sample 6
Manual	31,62	31,26	31,83	30,05	28,38	28,97	30,35
Energyplus	32,19	31,78	32,43	31,33	29,29	29,97	30,67

4. Bangunan D

	SNI	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5	Sample 6
Manual	31,62	31,26	31,83	30,05	28,38	28,97	30,35
Energyplus	32,19	31,78	32,43	31,33	29,29	29,97	30,67

C. Hasil Perbandingan Perhitungan OTTV Manual dan EnergyPlus

Setelah mengerjakan perhitungan OTTV dengan cara manual dan hasil EnergyPlus, maka hasil perbandingan dapat dipaparkan pada gambar berikut:



GAMBAR 3.1. (Perbandingan Perhitungan OTTV Manual dan EnergyPlus)

Gambar di atas menggambarkan *boxplot* (ringkasan distribusi dari sebuah sampel). Pada satu

kotak *boxplot*, terdapat kumpulan data dari bangunan A hingga bangunan D. Gambar di atas menjelaskan bahwa perbandingan perhitungan OTTV secara manual dan hasil EnergyPlus tidak jauh berbeda. Pada setiap sampel memiliki perbedaan yang sangat

tipis. Contoh pada sampel 1 dapat dilihat bahwa tidak ada yang dapat disorot dari hasil perbandingan antar kedua perhitungan manual dan hasil EnergyPlus. Setiap sampel pada bagian median *boxplot* menunjukkan angka yang sama.

#### D. Analisis Batu Bata Biokomposit dalam OTTV

Perbandingan perhitungan OTTV secara manual dan EnergyPlus telah dibahas pada subbab 4.1. Perbedaan sifat-sifat material dapat dilihat pada tabel 3.1 menunjukkan *u-value* yang berbeda. Tetapi hasil OTTV pada setiap 6 sampel menunjukkan bahwa pengaruh konduksi dinding pada OTTV sangat kecil dibanding konduksi dan radiasi kaca. Pada tabel 3.1, sampel 5 memiliki *u-value* terkecil dibanding sampel-sampel lainnya. Namun, dapat dilihat pada gambar 4.1 bahwa OTTV terkecil diraih oleh sampel 4. Jika merujuk pada table 3.1, *u-value* sampel 4 terkecil setelah sampel 5. Tetapi, ini perlu ditinjau kembali. Bahwa pada dasarnya, semakin kecil nilai *u-value*, maka semakin kecil juga nilai OTTV. pada kasus ini, ada yang perlu diteliti lebih lanjut.

#### IV. KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini yaitu :

- A. Dari ke 6 sampel menunjukan nilai OTTV yang diperoleh masih masuk dengan Standar Nasional Indonesia yakni kurang dari  $35 \text{ W/m}^2$ . Dengan ini, material yang digunakan bisa menunjang bangunan hijau (*Green Building*).
- B. Setelah dilakukan perbandingan antara perhitungan manual dan Energyplus didapatkan nilai errornya sangat kacil yakni  $\pm 0,1\%$ . Dimana menunjukkan bahwa perhitungan ini valid antara manual dan Energyplus.

#### REFERENSI

1. N. Z. a. B. A. Tahar Berrehail, Thermal conductivity of cement stabilized earth bricks reinforced with date palm fiber, AIP Conference Proceedings 1968, 030036, 2018, p. Prosiding Konferensi AIP.
2. M. Triana dan A. D. Susilowati, DESIGN OF RUSUNAWA WITH CONCEPT OF ENERGY SAVE BUILDINGS IN BUKIT DURI JAKARTA SELATAN, MAESTRO, 2019.
3. H. Ritchie dan M. Roser, "CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions," OurWorldInData.org, Mei 2017. [Online]. Available: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>. [Diakses 28 September 2020].
4. NASA, "The Causes of Climate Change," NASA's Jet Propulsion Laboratory, 23 September 2020. [Online]. Available: <https://climate.nasa.gov/causes/>. [Diakses 28 September 2020].
5. Green Building Council Indonesia, GREENSHIP untuk Bangunan Baru Versi 1.2, Jakarta: Green Building Council Indonesia, 2013.
6. Badan Standardisasi Nasional, Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2011.
7. T. Stocker, Q. Dahe, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P. Midgley dan (eds.), "Climate Change 2013: The Physical Science Basis. An overview of the Working Group 1 contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)," Cambridge University Press, Cambridge, 2013.