

ANALISIS KONSERVASI ENERGI MELALUI SELUBUNG BANGUNAN

Sandra Loekita

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya
Email: sandra@petra.ac.id

ABSTRAK

Sistem tata udara menggunakan 50-70% energi dari keseluruhan energi listrik yang digunakan dalam sebuah bangunan gedung perkantoran. Beban pendinginan dari suatu bangunan gedung terdiri dari beban internal, yaitu beban yang ditimbulkan oleh lampu, penghuni serta peralatan lain yang menimbulkan panas dan beban external yaitu panas yang masuk dalam bangunan diakibatkan oleh radiasi matahari, konduksi dan ventilasi/infiltrasi melalui selubung bangunan. Untuk mengurangi beban external, SNI 03-6389-2000 menentukan kriteria disain yaitu *Overall Thermal Transfer Value (OTTV)* harus lebih kecil atau sama dengan 45 Watt/m². Untuk mempermudah perencanaan untuk mendukung upaya konservasi energi penelitian ini berusaha mencari *Window to Wall Ratio (WWR)* yang dapat memenuhi OTTV yang disyaratkan. Studi dilakukan pada lima gedung perkantoran di Jakarta, yang memiliki ketinggian lebih dari delapan lantai. Hasil penelitian ini menunjukkan WWR lebih kecil atau sama dengan 0,40 menghasilkan nilai OTTV memenuhi syarat yang ditentukan oleh SNI 03-6389-2000. Ditunjukkan pula bahwa nilai OTTV bukan satu-satunya batasan yang menjamin gedung hemat energi.

Kata kunci: konservasi energi, OTTV, WWR, beban pendinginan.

ABSTRACT

Ventilating and Air Conditioning system consumes 50-70% of the total energy used in an office building. The cooling load of a building consists of internal cooling load, i.e. loads produce by light, occupants, and heat generating power/appliances; and external cooling load, i.e. loads produce by radiation, conduction, and ventilation/infiltration through building envelope. To reduce the external cooling load, SNI 03-6389-2000 specifies that the Overall Thermal Transfer Value (OTTV) should be less than or equal to 45 Watt/m². This research supports energy conservation in finding the optimum building envelope design by specifying the Window to Wall Ratio (WWR) which will fulfill the OTTV requirement. Five office buildings in Jakarta, eight story and above are used in this study. The result shows that WWR less than or equal to 0.40 will produce OTTV value that suits the SNI 03-6389-2000 requirement. It is also shown that OTTV value is not the only factor that guarantees energy conservation.

Keywords: *energy conservation, OTTV, WWR, cooling load.*

PENDAHULUAN

Lingkungan dan energi merupakan isu global yang dihadapi peradaban manusia dewasa ini. Peningkatan tajam penggunaan energi dalam kaitannya untuk menaikkan taraf hidup manusia tidak saja mengexploitir sumber-sumber daya energi, tetapi juga dapat membahayakan lingkungan fisik alami dalam skala global.

Bangunan gedung sebagai bagian dari lingkungan yang bertujuan menciptakan ruang-ruang nyaman untuk taraf kehidupan yang lebih baik juga menye-

babkan permasalahan yang sama. Meskipun bukan merupakan satu-satunya pemakai energi, tetapi bangunan gedung dengan seluruh peralatan penunjangnya mengkonsumsi energi dalam jumlah cukup besar, sehingga teknologi hemat energi perlu diupayakan untuk membatasi penggunaan energi dalam gedung.

Dari distribusi penggunaan energi dalam suatu gedung dapat dilihat bahwa komponen pemakaian energi terbesar adalah sistem pendingin. *Air Conditioner/Fan* mencapai 50-70% dari seluruh energi listrik yang digunakan, sedangkan Pencahayaan 10-25%, dan Elevator hanya 2-10% [1]. Karena itu sasaran dari penghematan energi dalam bangunan gedung seharusnya ditujukan pada optimasi sistem tata udara dan sistem tata cahaya. Efisiensi sistem tata udara dapat dilakukan antara lain dengan cara

Catatan: Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Nopember 2006. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Dimensi Teknik Sipil Volume 9, Nomor 1, Maret 2007.

memperkecil beban pendinginan serta pemilihan sistem dan kontrol tata udara yang tepat.

Beban pendinginan dari suatu bangunan gedung yang dikondisikan terdiri dari beban internal yaitu beban yang ditimbulkan oleh lampu, penghuni serta peralatan lain yang menimbulkan panas, dan beban external yaitu panas yang masuk dalam bangunan akibat radiasi matahari dan konduksi melalui selubung bangunan [2]. Untuk membatasi beban external, selubung bangunan dan bidang atap merupakan elemen bangunan yang penting yang harus diperhitungkan dalam penggunaan energi. Karena fungsinya sebagai selubung external itulah maka kriteria-kriteria konservasi energi perlu dipertimbangkan dalam proses disain suatu bangunan khususnya yang menyangkut perancangan bidang-bidang exterior dalam hubungannya dengan penampilan tampak bangunan.

Untuk mengurangi beban external Badan Standardisasi Nasional Indonesia menentukan kriteria disain selubung bangunan yang dinyatakan dalam Harga Alih Termal Menyeluruh (*Overall Thermal Transfer Value, OTTV*) yaitu $OTTV \leq 45 \text{ Watt/m}^2$ [3]. Ketentuan ini berlaku untuk bangunan yang dikondisikan dan dimaksudkan untuk memperoleh disain selubung bangunan yang dapat mengurangi beban external sehingga menurunkan beban pendinginan. Dengan memberikan harga batas tertentu untuk OTTV maka besar beban external dapat dibatasi [1]. Disini terlihat bahwa perancangan selubung bangunan sebagai elemen pelindung terhadap kondisi lingkungan cuaca luar merupakan salah satu faktor penting dalam penentuan sistem tersebut.

Untuk mencapai kualifikasi bangunan hemat energi diperlukan serangkaian parameter analisa energi untuk memenuhi kriteria konservasi energi selubung bangunan antara lain rasio jendela kaca terhadap dinding atau *Window to Wall Ratio (WWR)*, jenis, tebal dan warna dinding luar, alat peneduh, konduktansi kaca, insulasi atap dan dinding, penyerapan atap dan dinding, arah hadap dan lain-lain.

Penelitian ini bertujuan menentukan WWR yang dapat dipakai untuk merencanakan bangunan untuk memenuhi OTTV yang disyaratkan serta hanya membahas parameter-parameter yang berhubungan dengan selubung bangunan dalam hubungannya dengan beban pendinginan maksimum dalam suatu jam tertentu.






RUANG LINGKUP DAN BATASAN PENELITIAN

Bangunan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan bangunan tingkat banyak, lebih dari delapan lantai dengan data-data yang dapat dilihat

pada Tabel 1, dan dibatasi dengan kriteria-kriteria sebagai berikut [4]:

- Lingkungan di sekitar bangunan berupa gedung-gedung tinggi dianggap tidak mempengaruhi perhitungan.
- Bangunan berlokasi di Jakarta dan berfungsi sebagai perkantoran, beroperasi mulai pukul 08.00 – pukul 18.00.
- Pengaruh kanopi tidak diperhatikan, untuk Wisma Dharmala Sakti yang mempunyai banyak kanopi berbentuk segitiga dengan bermacam-macam arah, diambil *Shading Coefficient (SC)* kaca terbayangi = 0,8 x SC kaca.
- Pengaruh tirai dan atau korden di dalam gedung, untuk perhitungan OTTV, menurut SNI 03-6389-2000 tidak diperhitungkan [3].
- Material dan warna selubung bangunan, sesuai dengan kondisi existing masing-masing gedung.
- Penelitian hanya didasarkan kepada pemakaian beban pendingin maksimum. Beban Pendinginan maksimum terjadi pada bulan Desember, pukul 16.00 [5].

Tabel 1. Data-Data Bangunan yang Diteliti

FOTO BANGUNAN	DATA GEDUNG	% LUAS SELUBUNG	MATERIAL
	Menara Batavia Jl.KH Mas Mansur kav.126 Jakarta Pusat. Jumlah lantai : 3 basement + 34 lantai Luas Bangunan : 77.593,62 m ² . Luas Lantai yang dikondisikan : 44.624,20 m ² . Luas Selubung Bangunan : 16000,39 m ² .	Utara 25% Selatan 25% Barat 25,6% Timur 24,4%	1,3,4,7,13.
	Menara Global Jl.Gatot Subroto kav 27-28, Jakarta Selatan. Jumlah lantai: 2 basement + 25 lantai Luas Bangunan : 39.142,40 m ² . Luas Lantai yang dikondisikan : 22.032,96 m ² . Luas Selubung Bangunan : 10.107,88 m ² .	Utara 28,8% Selatan 33% Barat 11,4% Timur 18,3% Barat Daya 8,5%	1,3,4,7,13.
	Wisma Dharmala Manulife Jl.Pegangsaan Timur 1A Cikini, Jakarta Pusat Jumlah lantai : 2 basement + 9 lantai Luas Bangunan : 18.545,94 m ² . Luas Lantai yang dikondisikan : 11.591,87 m ² . Luas Selubung Bangunan : 5.482,64 m ² .	U 24,5% ; S 21,1% B 24,5% ; T 21,1% BL 0,9% ; TL 0,6% BD 0,6% Tenggara 6,7%	1,3,4,9,11,12.
	Wisma Dharmala Sakti Jl.Jend.Sudirman kav.32, Jakarta Pusat Jumlah lantai : 1 basement + 22 lantai Luas Bangunan : 59.838,65m ² . Luas Lantai yang dikondisikan : 28.937,13 m ² . Luas Selubung Bangunan : 11.006,00 m ² .	U 8,5% ; S 13,7% B 7,6% ; T 11,8% BL 11,8% ; TL 13,9% BD 19,3% Tenggara 13,4%	1,2,3,5,10.
	Wisma SMR Jl.Yos Sudarso kav.89, Jakarta Utara Jumlah lantai : 1 basement + 13 lantai Luas Bangunan : 17.677,43m ² . Luas Lantai yang dikondisikan : 11903,29 m ² . Luas Selubung Bangunan : 4.593,54 m ² .	Utara 24,4% Selatan 33,9% Barat 20,9% Timur 20,8%	1,3,6,8,13
Notasi:			
1 = Dinding bata	9 = Kaca Stopsol Super Silver Green 5 mm (SC=0,63)		
2 = Dinding gypsum	10 = Kaca Panasap Grey 8 mm (SC=0,56 & SC terbayangi=0,45)		
3 = Struktur beton	11 = Kaca Panasap Grey 6 mm (SC=0,55)		
4 = Aluminium Composite Reynobond 4 mm (α=0,12)	12 = Kaca Indoflot 12 mm		
5 = Dinding dicat warna muda (α=0,42)	13 = Kaca Tempered 15 mm (SC=0,85)		
6 = Granit (α=0,25)	8 = Kaca Stopsol Classic Dark Blue 6 mm (SC=0,45)		
7 = Kaca Stopsol Classic Green 8 mm (SC=0,41)			

LANDASAN TEORI

Konsep Teori

Menurut Panitia Teknik dan Tim kecil yang dibentuk oleh Direktur Pengembangan Energi-Departemen Pertambangan dan Energi [3], dengan mengambil acuan dari berbagai Standar Interna-

sional, perancangan selubung bangunan yang optimal dapat menghasilkan penggunaan energi yang efisien tanpa harus mengurangi dan atau mengubah fungsi bangunan, kenyamanan dan produktivitas kerja penghuni, serta mempertimbangkan aspek biaya.

Panitia yang terdiri dari para pakar tersebut menghasilkan standar tentang konservasi energi melalui selubung bangunan pada bangunan gedung yaitu Standar Nasional Indonesia SNI 03-6389-2000 [3]. Untuk membatasi perolehan panas akibat radiasi matahari lewat selubung bangunan, yaitu dinding dan atap, dalam SNI 03-6389-2000 ditentukan nilai $OTTV \leq 45 \text{ Watt/m}^2$.

OTTV (SNI 03-6389-2000) [3].

Konsep OTTV mencakup tiga elemen dasar perpindahan panas melalui selubung luar bangunan yaitu: konduksi panas melalui dinding tidak tembus cahaya, radiasi matahari melalui kaca, dan konduksi panas melalui kaca.

Nilai perpindahan termal menyeluruh (OTTV) untuk setiap bidang dinding luar bangunan gedung dengan orientasi tertentu dapat dihitung melalui persamaan:

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

dimana:

$OTTV_i$ = nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (Watt/m^2).

α = absorbtansi radiasi matahari.

U_w = transmitansi termal dinding tak tembus cahaya ($\text{Watt/m}^2 \cdot \text{°K}$).

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

TD_{ek} = beda temperatur ekivalen (°K).

SC = koefisien peneduh dari sistem fenestrasi.

SF = faktor radiasi matahari (Watt/m^2).

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

ΔT = beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam (diambil 5°K).

Untuk menghitung OTTV seluruh dinding luar, hasil perhitungan OTTV pada semua bidang luar dijumlahkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$OTTV = \frac{\sum_{i=1}^n (A_{oi} \times OTTV_i)}{\sum_{i=1}^n A_{oi}} \quad (2)$$

dimana:

A_{oi} = luas dinding pada bagian dinding luar i (m^2). Luas ini termasuk semua permuka-

an dinding tak tembus cahaya dan luas permukaan jendela yang terdapat pada bagian dinding tersebut.

$OTTV_i$ = nilai perpindahan termal menyeluruh pada bagian dinding i sebagai hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan (1).

Beban Pendinginan (Metode Cooling Load Temperature Difference) [2].

Beban Pendinginan adalah jumlah total energi panas yang harus dihilangkan dalam satuan waktu dari ruangan yang didinginkan. Beban ini diperlukan untuk mengatasi beban panas external dan internal. Beban panas external diakibatkan oleh panas yang masuk melalui konduksi (dinding, langit-langit, kaca, partisi, lantai), radiasi (kaca), dan konveksi (ventilasi dan infiltrasi). Beban panas internal diakibatkan oleh panas yang timbul karena orang/penghuni, lampu, dan peralatan/mesin.

Beban Panas External:

Beban Panas External untuk seluruh gedung akibat konduksi, radiasi dan konveksi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut: Konduksi melalui atap, dinding, dan kaca:

$$RSHG = U \times A \times CLTD_{corr} \times F_c \quad (3)$$

dimana:

$RSHG$ = room sensible heat gain (Btu/h).

A = luas atap, dinding, kaca (ft^2).

U = nilai konduktansi bahan ($\text{Btu/ft}^2 \cdot \text{°F} \cdot \text{h}$).

$CLTD_{corr}$ = $CLTD \text{ tabel} + (78 - \text{indoor}) + (\text{outdoor} - 85)$ (°F).

F_c = faktor koreksi.

Konduksi melalui partisi, langit-langit, dan lantai:

$$RSHG = U \times A \times \Delta T \quad (4)$$

dimana:

A = luas partisi, langit-langit, lantai (ft^2).

ΔT = temperatur outdoor – temperatur indoor (°F).

Radiasi melalui kaca:

$$RSHG = A \times SC \times SCL \times F_c \quad (5)$$

dimana:

A = luas kaca (ft^2).

SC = shading coefficient.

SCL = solar cooling load ($\text{Btu/h} \cdot \text{ft}^2$).

Ventilasi:

$$RSHG = 1,10 \times n \times CFM \times \Delta T$$

$$RLHG = 4840 \times n \times CFM \times \Delta W \quad (6)$$

dimana:

$RLHG$ = room latent heat gain (Btu/h).

CFM = kebutuhan sirkulasi udara segar untuk tiap orang (*cubic feet per minute*).

ΔW = perbedaan rasio kelembaban outdoor–indoor (lb/lb).

n = jumlah orang.

Beban Panas Internal

Beban Panas Internal untuk seluruh gedung akibat penghuni, lampu dan peralatan, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

Penghuni:

$$RSHG = n \times Q_s \times CLF$$

$$RLHG = n \times Q_l \quad (7)$$

dimana:

Q_s = beban panas orang sensibel (Btu/h).

Q_l = beban panas orang latent (Btu/h).

CLF = *cooling load factor*, untuk orang.

Lampu:

$$RSHG = 3,412 \times \text{Input} \times F_u \times F_s \times CLF \quad (8)$$

dimana:

Input = jumlah lampu yang terpasang (W).

F_u = *lighting use factor*.

F_s = *special allowance factor* = 1,20.

CLF = *cooling load factor*, untuk lampu.

Peralatan:

$$RSHG = \text{Input} \times CLF_{eq} \quad (9)$$

dimana:

Input = jumlah peralatan yang digunakan (Btu/h).

CLF_{eq} = *cooling load factor*, untuk peralatan.

Ton of refrigeration

$$TR = (RSHG \text{ total} + RLHG \text{ total})/12000 \quad (10)$$

dimana:

TR = *Ton of Refrigeration*, kapasitas pendinginan (TR).

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data

Data yang dipakai pada penelitian ini merupakan data sekunder [5] yang meliputi:

- Luas lantai, luas permukaan bangunan, volume bangunan, luas permukaan kaca, masing-masing dibedakan antara yang dikondisikan dan tidak.
- Luas permukaan selubung/fasade, terdiri dari luas dinding dan kaca.
- Luas tiap-tiap material bangunan dan arah hadapnya.
- Jenis bahan, tebal dan warna material selubung bangunan dan atap.
- Nilai U untuk material yang digunakan baik dinding, kaca dan atap.
- Nilai koefisien peneduh (SC).
- Nilai Beban Pendinginan External dengan kondisi WWR existing.

Penelitian ini menghitung OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) menurut SNI 03-6389-2000. Perhitungan besarnya OTTV pada bangunan gedung berlaku hanya untuk komponen dinding dan atap pada bangunan gedung yang dikondisikan.

Beban Pendinginan dihitung dengan metode *Cooling Load Temperature Difference* (CLTD), dan dipakai data-data sebagai berikut [5]:

- Letak Jakarta -6° LS.
- Kondisi udara luar untuk Jakarta diambil *Dry Bulb Temperature* (DBT) = 34°C, *Relative Humidity* (RH) = 76 %.
- Kondisi udara dalam diambil DBT = 25°C, RH = 60 %.
- Kapasitas orang : 10 orang/1000 ft².
- Beban Pendinginan maksimum terjadi pada bulan Desember, pukul 16.00

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Data luas selubung dan volume bangunan yang dikondisikan dari lima gedung yang diteliti tercantum dalam Tabel 2 [4].

Tabel 2. Perbandingan Luas Selubung dan Volume Bangunan yang dikondisikan.

Nama Gedung	Luas Selubung	Volume	S' / V'
	Bangunan (m ²) S'	Bangunan (m ³) V'	
Menara Batavia	16000,39	140.417,83	0,11
Menara Global	10107,88	70.186,27	0,14
Wisma Dharmala			
Manulife	5482,64	34.349,50	0,16
Wisma Dharmala Sakti	11006,00	87.354,83	0,13
Wisma SMR	4593,54	31.395,42	0,15

Dari perhitungan Beban Panas External dan Internal dengan memakai rumus (3) sampai dengan rumus (10) didapat kapasitas Beban Pendinginan maksimum masing-masing gedung. Hasil perhitungan Beban Pendinginan Total maksimum dengan berbagai WWR (Beban Pendinginan Internal dianggap tetap), dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Resume Perhitungan Beban Pendinginan Internal, External dan Total maksimum dengan WWR Existing; 0,20; 0,40; 0,60.

Nama Gedung	WWR	Beban Pendinginan maksimum. (TR)		
		Internal	External	Total
Menara Batavia	Existing (0,79)	1014,64	574,44	1589,08
	0,20	1014,64	374,47	1389,10
	0,40	1014,64	442,29	1456,96
	0,60	1014,64	495,55	1510,23
Menara Global	Existing (0,97)	506,80	401,28	908,08
	0,20	506,80	188,94	695,74
	0,40	506,80	239,68	746,47
	0,60	506,80	294,69	801,49
W.Dharmala Manulife	Existing (0,41)	269,08	197,43	466,51
	0,20	269,08	149,86	418,94
	0,40	269,08	197,27	466,35
	0,60	269,08	242,68	511,76
W.Dharmala Sakti	Existing (0,50)	881,27	443,56	1324,83
	0,20	881,27	332,13	1213,40
	0,40	881,27	407,14	1288,40
	0,60	881,27	482,14	1363,41
Wisma SMR	Existing (0,89)	268,82	221,36	490,17
	0,20	288,82	120,57	389,38
	0,40	268,82	153,18	421,89
	0,60	268,82	185,78	454,60

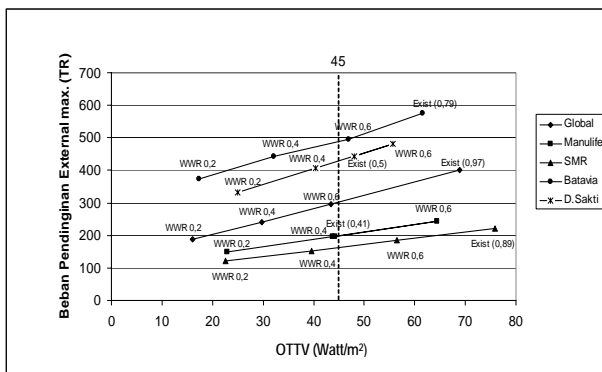
Dari hasil perhitungan OTTV dengan memakai rumus (1) dan (2), dan hasil Beban Pendinginan

External maksimum dari Tabel 3 dibagi dengan luas lantai yang dikondisikan dari kelima gedung dengan berbagai WWR tercantum dalam Tabel 4.

Tabel 4. Resume Perhitungan OTTV dan Beban Pendinginan External maksimum/luas lantai.

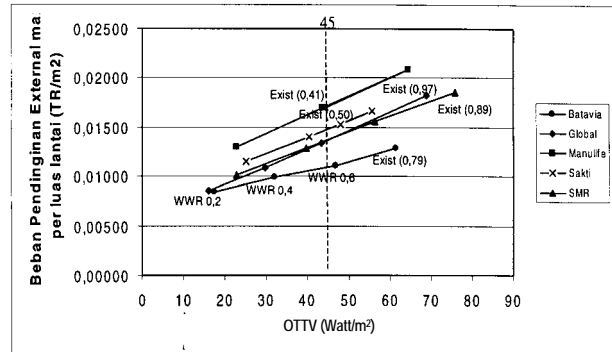
Nama Gedung	Luas Lantai yg. dikondisikan (m ²)	WWR	OTTV (Watt/m ²)	BP. External maksimum (TR)	BP External maksimum/luas lantai (TR/m ²)
Menara Batavia	44624,2	Exist (0,79)	61,50	574,44	0,01287
		0,20	17,35	374,47	0,00839
		0,40	32,12	442,29	0,00991
Menara Global	22032,96	Exist (0,97)	68,92	401,28	0,01821
		0,20	16,03	188,94	0,00858
		0,40	29,73	239,68	0,01088
Wisma D. Manulife	11591,87	Exist (0,41)	44,19	197,43	0,01703
		0,20	22,83	149,86	0,01293
		0,40	43,66	197,27	0,01702
Wisma D. Sakti	28937,13	Exist (0,50)	47,96	443,56	0,01533
		0,20	25,04	332,13	0,01148
		0,40	40,33	407,14	0,01407
Wisma SMR	11903,29	Exist (0,89)	75,89	221,36	0,01860
		0,20	22,64	120,57	0,01013
		0,40	39,55	153,18	0,01287
		0,60	56,46	185,78	0,01561

Dari data pada Tabel 4 dibuat grafik yang menggambarkan hubungan OTTV dengan Beban Pendinginan External maksimum, dan hubungan OTTV dengan Beban Pendinginan External maksimum per luas lantai dari kelima gedung dengan berbagai WWR, yang dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Grafik Hubungan OTTV-Beban Pendinginan External Maksimum dari Kelima Gedung.

Dari Gambar 2 dengan nilai OTTV = 45 Watt/m² didapat urutan nama gedung dengan Beban Pendinginan External maksimum per luas lantai terkecil, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 2. Grafik Hubungan OTTV-Beban Pendinginan External Maksimum Per Luas Lantai dari Kelima Gedung.

Tabel 5. Beban Pendinginan External maksimum per luas lantai pada OTTV = 45 Watt/m².

Nama Gedung	OTTV (Watt/m ²)	Beban Pendinginan External Maksimum per luas lantai (TR/m ²)
Menara Batavia	45	0,011
Menara Global	45	0,013
Wisma SMR	45	0,013
Wisma Dharmala Sakti	45	0,015
Wisma Dharmala Manulife	45	0,017

Dari hasil penelitian tersebut didapat beberapa point penting dalam penelitian hubungan OTTV dan Beban Pendinginan External maksimum dengan bahan sesuai kondisi existing.

Point-point penting tersebut adalah:

1. Semakin besar WWR suatu gedung makin besar pula nilai OTTV dan Beban Pendinginan External maksimum. Hal ini dijelaskan dengan makin besarnya jendela, maka radiasi matahari dan konduksi panas lewat jendela yang masuk ke dalam bangunan bertambah besar.
2. Pada WWR 0,20 dan WWR 0,40 nilai OTTV kelima gedung < 45 Watt/m².
3. Pada WWR 0,60 nilai OTTV kelima gedung hampir semua melebihi standar, kecuali Menara Global (OTTV = 43,44 Watt/m²).
4. Pada WWR Existing nilai OTTV empat gedung melebihi standar, hanya Wisma Dharmala Manulife (WWR = 0,41 ≈ 0,4) nilai OTTV = 44,19 Watt/m².
5. Dari Gambar 1 dan Gambar 2 terlihat nilai OTTV untuk WWR 0,20; 0,40; dan 0,60 Menara Batavia dan Menara Global lebih kecil daripada tiga gedung lainnya, dengan melihat data-data bangunan, α dan SC Menara Batavia dan Menara Global lebih kecil (bersifat lebih reflektif) dari ketiga gedung yang lain.
6. Pada WWR Existing dari Tabel 4 terlihat nilai Beban Pendinginan External maksimum per luas lantai terkecil adalah Menara Batavia (WWR 0,79) sebesar 0,01287 TR/m², kemudian disusul oleh Wisma Dharmala Sakti (WWR 0,50) sebesar 0,01533 TR/m², yang meskipun memiliki pembayangan namun memiliki luas selubung

yang lebih besar karena bentuk bangunannya memiliki banyak belokan dan ada rotasi denah, yang terbesar adalah Wisma SMR (WWR 0,89) sebesar 0,01816 TR/m².

7. Dari Tabel 5, pada OTTV = 45 Watt/m², Beban Pendinginan External maksimum per luas lantai terkecil adalah Menara Batavia sebesar 0,011 TR/m², yang terbesar adalah Wisma Dharmala Manulife sebesar 0,017 TR/m².
8. Dari bentuk denah (lihat foto bangunan pada Tabel 1) dan S'/V' (Tabel 2) didapat data sebagai berikut: bentuk denah Menara Batavia bujursangkar, hal ini mengakibatkan luas selubung yang kecil (S'/V'= 0,11), bentuk denah Menara Global dan Wisma SMR memanjang (S'/V'= 0,14 dan 0,15). Wisma Dharmala Sakti cenderung bujursangkar dengan tiga type denah yang berotasi (S'/V'= 0,13) sedangkan Wisma Dharmala Manulife bentuk denahnya cenderung memanjang dengan banyak belokan sehingga luas selubungnya besar (S'/V'= 0,16).

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan:

- Selubung bangunan dengan WWR $\leq 0,40$ menghasilkan nilai OTTV yang memenuhi standar.
- Selubung bangunan dengan WWR $\geq 0,60$ menghasilkan nilai OTTV yang melewati standar.
- Selubung bangunan dengan WWR existing dari kelima gedung yang ditinjau menghasilkan WWR $\geq 0,40$; kecuali Wisma Dharmala Manulife (WWR = 0,41 \approx 0,40), sehingga didapatkan nilai OTTV yang melewati standar.
- Mutu bahan dan warna selubung bangunan (α dan SC) sangat berpengaruh terhadap besarnya nilai OTTV.
- Batas nilai OTTV = 45 Watt/m², bukan satu-satunya batasan yang menjamin gedung tersebut hemat energi, terlihat pada Tabel 5 perbedaan Beban Pendinginan External maksimum/m² antara gedung yang satu dengan lainnya cukup besar.
- Terdapat hubungan antara Beban Pendinginan External maksimum/m² dengan S'/V', pada Menara Batavia, S'/V' terkecil menghasilkan Beban Pendinginan External/m² terkecil, sedangkan pada Wisma Dharmala Manulife, S'/V' terbesar menghasilkan Beban Pendinginan External maksimum/m² terbesar.

Dari hasil penelitian pada lima gedung tersebut di atas dihasilkan beberapa saran yang dapat bermanfaat bagi perencana gedung bertingkat tinggi:

- Pemilihan bentuk denah sangat mempengaruhi pemakaian energi.
- Perencanaan selubung bangunan sebaiknya menggunakan WWR $\leq 0,40$, pilihlah bahan selubung yang bersifat reflektif dan bahan kaca bermutu tinggi atau berkanopi.

- Selubung bangunan dari lima gedung yang diteliti dapat menghasilkan nilai OTTV yang memenuhi standar bila dilakukan perubahan-perubahan pada: WWR; jenis, tebal dan warna dinding luar; alat peneduh; konduktansi kaca; insulasi atap dan dinding.

DAFTAR PUSTAKA

1. Soegijanto. Standar tata cara perancangan konservasi energi pada bangunan gedung. *Seminar Hemat Energi dalam Bangunan*, 8 April 1993. FT Arsitektur, UK Petra, Surabaya. 1993.
2. *ASHRAE Handbook: Fundamentals*, American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, 1993.
3. Badan Standardisasi Nasional. *Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung*. SNI 03-6389-2000, Jakarta, Indonesia. 2000.
4. Loekita, S. *Analisis konservasi energi melalui selubung bangunan pada bangunan gedung perkantoran di Jakarta*, Tesis No.01000082/MTS/2005, Program Pascasarjana Teknik Sipil UK Petra Surabaya, 2005.
5. Sumendap, J. *Analisis beban pendinginan untuk perancangan sistem air conditioning pada bangunan perkantoran di Jakarta*. Tesis no.045/MTS Program Pascasarjana UK Petra, Surabaya. 2002.