

ABSTRAK

Aryo Prabowo :

Tesis

Analisis Konservasi Energi melalui Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung Perkantoran di Surabaya

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan konservasi energi pada bangunan bertingkat banyak dengan cara optimalisasi dalam perencanaan selubung luar bangunan. Kondisi dari selubung luar bangunan diharapkan mempunyai korelasi langsung terhadap beban panas eksternal. Pengkondisian udara karena beban panas (internal dan eksternal) menggunakan 50-70% dari penggunaan energi total.

Penelitian ini dilakukan pada enam gedung perkantoran di Surabaya, yang memiliki ketinggian diatas delapan lantai. Perhitungan beban pendinginan menggunakan metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*). Perhitungan OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) memakai SNI 03-6389-2000 dan perhitungan ETTV (*Envelope Thermal Transfer Value*) dengan memakai draft pengganti *BCA Regulation 69 of the Building Control Regulations*.

Data-data fisik keenam gedung perkantoran tersebut diatas dan hasil perhitungan beban pendinginan kondisi existing, diambil dari tesis Program Pascasarjana Universitas Kristen Petra No.022/MTS oleh Irene S.T.,M.T.

Perhitungan Beban Pendinginan, OTTV dan ETTV dibuat dengan kondisi berbagai WWR (*Window to Wall Ratio*), untuk mengetahui pada WWR berapa, selubung bangunan tersebut akan menghasilkan nilai OTTV dan ETTV yang memenuhi syarat standar dan berapa beban pendinginan external yang diperlukan, sehingga penelitian ini dapat membantu para perencana dalam merencanakan selubung bangunan yang hemat energi.

Kata kunci :

Optimasi selubung bangunan, konservasi energi, OTTV, ETTV, CLTD.

ABSTRACT

Aryo Prabowo :

Thesis

Analysis of Energy Conservation through Building's Envelope at
Offices in Surabaya

The aim of this research is to conserve energy of high rise building through building's envelope design. The building envelope has a correlation with the external cooling load. The HVAC system (Heating Ventilating Air Conditioning) uses 50-70% of the overall energy in the building because of the heat load (internal and external).

The research takes place in six office buildings in Surabaya, which have a minimum eight storey high. The calculation of the cooling load uses CLTD (Cooling Load Temperature Difference) method. The calculation of OTTV uses SNI 03-6389-2000 and the calculation of ETTV (Envelope Thermal Transfer Value) uses draft replacement BCA Regulation 69 of the Building Control Regulations.

The physical data from the six office buildings and the calculation results of the existing condition cooling load are taken from the thesis of Master Degree Program, Petra Christian University No.022/MTS by Irene S.T.,M.T.

The calculation of Cooling Load, OTTV and ETTV, is based on many WWR (Window to Wall Ratio) conditions in order to know the possibilities of Window to Wall Ratio and External Cooling Load complied with the OTTV & ETTV standard. The research is expected to become a useful resource for designers of office buildings.

Key words:

Optimization of building's envelope, energy conservation, OTTV, ETTV, CLTD.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ARTI LAMBANG, RUMUS DAN SINGKATAN	xvii
ISTILAH DAN DEFINISI	xix
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Ruang Lingkup Masalah	3
1.3. Perumusan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	6
1.5. Manfaat Penelitian	6
2. LANDASAN TEORI	7
2.1. Konsep Teori	7
2.1.1 Teori perhitungan CLTD	7
2.1.2. Teori perhitungan OTTV&RTTV (SNI 03-6389-2000)	10
2.1.3. Teori perhitungan tentang ETTV&RTTV	14
2.2. Hubungan Antar Teori.....	15
3. METODE PENELITIAN	17
3.1. Obyek Penelitian	17
3.2. Metode Pengumpulan Data	21
3.3. Kerangka Penelitian	22

4. ANALISIS PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	24
4.1. Dimensi Gedung	24
4.2. Perhitungan Beban Pendinginan dalam Gedung	25
4.2.1. Hasil perhitungan Beban Pendinginan Maksimum dengan Metode CLTD.....	25
4.2.2. Hasil perhitungan Beban Pendinginan Maksimum dengan Metode CLTD pada Berbagai Kondisi WWR.....	25
4.3. Hasil perhitungan OTTV, ETTV, Beban Pendinginan Eksternal untuk masing-masing gedung	26
4.3.1. Hasil perhitungan OTTV, ETTV, Beban Pendinginan Eksternal untuk gedung Ekonomi Center	27
4.3.2. Hasil perhitungan OTTV, ETTV, Beban Pendinginan Eksternal untuk gedung Graha Pangeran	29
4.3.3. Hasil perhitungan OTTV, ETTV, Beban Pendinginan Eksternal untuk gedung Graha Pena	31
4.3.4. Hasil perhitungan OTTV, ETTV, Beban Pendinginan Eksternal untuk gedung Plaza BRI	33
4.3.5. Hasil perhitungan OTTV, ETTV, Beban Pendinginan Eksternal untuk gedung Wisma BII	35
4.3.6. Hasil perhitungan OTTV, ETTV, Beban Pendinginan Eksternal untuk gedung Wisma Dharmala	37
4.4. Hasil perhitungan OTTV dan ETTV dari Keenam Gedung dengan Berbagai Kondisi WWR	39
4.4.1. Hasil perhitungan OTTV dari Keenam Gedung dengan Berbagai Kondisi WWR	39
4.4.2. Hasil perhitungan OTTV dari Keenam Gedung dengan Berbagai Kondisi WWR	41
4.5. Hasil perhitungan OTTV, ETTV dan Beban Pendinginan Eksternal per luas lantai dari keenam gedung dengan berbagai kondisi WWR...	45
4.6. Hasil perhitungan RTTV untuk enam gedung yang diteliti	47
4.7. Pembahasan penelitian hubungan OTTV, ETTV dan Beban Pendinginan Eksternal	49
5. KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	54

DAFTAR TABEL

1.1. OTTV dan <i>Heat Gain Correlation</i>	4
1.2. ETTV dan <i>Heat Gain Correlation</i>	4
4.1. Resume Perhitungan Luas Lantai, Luas Permukaan dan Volume Bangunan	24
4.2. Resume Perhitungan Luas Lantai, Luas Permukaan dan Volume Bangunan yang Dikondisikan.....	24
4.3. Kontribusi Beban Pendinginan Akibat Faktor Eksternal dan Faktor Internal	25
4.4. Hasil Perhitungan Beban Pendinginan Maksimum dengan Metode CLTD pada Berbagai Kondisi WWR.....	26
4.5. Resume Perhitungan OTTV, ETTV dan Beban Pendinginan Eksternal untuk Gedung Ekonomi Center.....	27
4.6. Resume Perhitungan OTTV, ETTV dan Beban Pendinginan Eksternal untuk Gedung Graha Pangeran	29
4.7. Resume Perhitungan OTTV, ETTV dan Beban Pendinginan Eksternal untuk Gedung Graha Pena	31
4.8. Resume Perhitungan OTTV, ETTV dan Beban Pendinginan Eksternal untuk Gedung BRI Tower	33
4.9. Resume Perhitungan OTTV, ETTV dan Beban Pendinginan Eksternal untuk Wisma BII	35
4.10. Resume Perhitungan OTTV, ETTV dan Beban Pendinginan Eksternal untuk Wisma Dharmala	37
4.11. Resume Perhitungan OTTV dengan WWR Existing;0,20;0,40;0,60	40
4.12. Resume Perhitungan ETTV dengan WWR Existing;0,20;0,40;0,60	42
4.13. Resume Perhitungan OTTV, ETTV dan Beban Pendinginan Eksternal dengan Berbagai Kondisi WWR	43
4.14. Resume Perhitungan OTTV, ETTV dan Beban Pendinginan Eksternal Maksimum Per m ² dari Keenam Gedung dengan Berbagai Kondisi WWR	45

4.15. Beban Pendinginan Eksternal Maksimum Per Luas Lantai pada OTTV = 45 watt/m ²	47
4.16. Beban Pendinginan Eksternal Maksimum Per Luas Lantai pada ETTV = 65 watt/m ²	47

DAFTAR GAMBAR

2.1. Diagram alir proses perancangan dinding luar	11
2.2. Diagram alir proses perancangan atap dengan skylight	13
2.3. Diagram alir proses perancangan atap tanpa skylight	14
3.1. Gedung Graha Pangeran	17
3.2. Gedung Graha Pena	18
3.3. Gedung Plaza BRI	18
3.4. Gedung Ekonomi Center	19
3.5. Gedung Wisma Dharmala	19
3.6. Gedung Wisma BII	20
3.7. Kerangka Pemikiran.....	23
4.1. Hasil Perhitungan Beban Pendinginan Maksimum dengan Metode CLTD pada Berbagai Kondisi WWR	26
4.2. Grafik Hubungan OTTV - Beban Pendinginan External untuk Gedung Ekonomi Center	27
4.3. Grafik Hubungan ETTV - Beban Pendinginan External untuk Gedung Ekonomi Center	28
4.4. Grafik Hubungan WWR-Beban Pendinginan External -OTTV&ETTV untuk Gedung Ekonomi Center	28
4.5. Grafik Hubungan OTTV - Beban Pendinginan External untuk Gedung Graha Pangeran.....	29
4.6. Grafik Hubungan ETTV - Beban Pendinginan External untuk Gedung Graha Pangeran	30
4.7. Grafik Hubungan WWR-Beban Pendinginan External -OTTV&ETTV untuk Gedung Graha Pangeran	30
4.8. Grafik Hubungan OTTV - Beban Pendinginan External untuk Gedung Graha Pena	31

4.9. Grafik Hubungan ETTV - Beban Pendinginan External untuk Gedung Graha Pena	32
4.10. Grafik Hubungan WWR-Beban Pendinginan External -OTTV&ETTV untuk Gedung Graha Pena	32
4.11. Grafik Hubungan OTTV - Beban Pendinginan External untuk Gedung BRI Tower	33
4.12. Grafik Hubungan ETTV - Beban Pendinginan External untuk Gedung BRI Tower	34
4.13. Grafik Hubungan WWR-Beban Pendinginan External -OTTV&ETTV untuk Gedung BRI Tower	34
4.14. Grafik Hubungan OTTV - Beban Pendinginan External untuk Gedung Wisma BII	35
4.15. Grafik Hubungan ETTV - Beban Pendinginan External untuk Gedung Wisma BII	36
4.16. Grafik Hubungan WWR-Beban Pendinginan External -OTTV&ETTV untuk Gedung Wisma BII	36
4.17. Grafik Hubungan OTTV - Beban Pendinginan External untuk Gedung Wisma Dharmala.....	37
4.18. Grafik Hubungan ETTV - Beban Pendinginan External untuk Gedung Wisma Dharmala	38
4.19. Grafik Hubungan WWR-Beban Pendinginan External -OTTV&ETTV untuk Gedung Wisma Dharmala	38
4.20. Grafik Hasil Perhitungan OTTV dari Keenam Gedung dengan Berbagai Kondisi WWR	41
4.21. Grafik Hasil Perhitungan ETTV dari Keenam Gedung dengan Berbagai Kondisi WWR	43
4.22. Grafik Hubungan OTTV - Beban Pendinginan Maximum dari enam gedung yang diteliti.....	44
4.23. Grafik Hubungan ETTV - Beban Pendinginan Maximum dari enam gedung yang diteliti	44
4.24. Grafik Hubungan OTTV - Beban Pendinginan Maximum per Luas Lantai dari enam gedung yang diteliti	46

4.25. Grafik Hubungan ETTV - Beban Pendinginan Maximum per Luas Lantai dari enam gedung yang diteliti	46
--	----

DAFTAR LAMPIRAN

1. Perhitungan Nilai Koefisien Transmisi Panas U & α	54
2. Perhitungan Luas Dinding dan Kaca	59
3. Contoh Perhitungan Beban Pendinginan Maximum	64
4. Contoh Perhitungan OTTV (Graha Pangeran)	65
5. Contoh Perhitungan ETTV (Graha Pangeran)	77

ARTI LAMBANG, RUMUS DAN SINGKATAN

- ΔT = beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan dalam (diambil 5 K).
- α = absorbtansi radiasi matahari.
- A_r = luas atap yang tidak tembus cahaya (m^2).
- A_s = luas *skylight* (m^2).
- A_o = luas total atap = $A_r + A_s$ (m^2).
- A_{oi} = luas dinding pada bagian dinding luar i (m^2). Luas ini termasuk semua permukaan dinding tak tembus cahaya dan luas permukaan jendela yang terdapat pada bagian dinding tersebut.
- CF = *solar correction factor*, faktor koreksi untuk panas melalui fenestrasi.
- cfm = *cubic feet per minute*, kebutuhan sirkulasi udara segar dalam ruang untuk tiap orang.
- CLF = *Cooling Load Factor* untuk lampu, orang dan peralatan.
- CLTD = *Cooling Load Temperature Difference*.
- CLTD-corr = Nilai koreksi CLTD akibat warna material, suhu *indoor* dan *outdoor* tertentu ($^{\circ}F$).
- CLTD-table = Nilai CLTD berdasarkan tabel dengan letak geografis dan material tertentu ($^{\circ}F$).
- DB = *Dry Bulb temperature*, temperatur bola kering ($^{\circ}F$).
- ETTV = *Envelope Thermal Transfer Value*, nilai perpindahan termal melalui selubung pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu ($Watt/m^2$).
- Fc = *correction factor*.
- Fs = *special allowance factor*.
- Fu = *use factor*, perbandingan antara lampu yang digunakan dengan lampu yang terpasang.
- k = nilai konduktifitas termal bahan ($Watt/m.K$).
- OTTV = *Overall Thermal Transfer Value*, nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu ($Watt/m^2$).

- q_l = beban panas laten per satu orang (Btu/h).
 q_s = beban panas sensible per satu orang (Btu/h).
 R = resistensi termal ($W/m^2.K$).
 RH = *Relative Humidity*, kelembaban relatif (%).
 $RLHG$ = *Room Latent Heat Gain* (Btu/h).
 $RSHG$ = *Room Sensible Heat Gain* (Btu/h).
 $RTTV$ = *Roof Thermal Transfer Value*, nilai perpindahan termal atap yang memiliki arah atau orientasi tertentu ($Watt/m^2$).
 SC = *Shading Coefficient of fenestration*, koefisien peneduh dari sistem fenestrasi.
 SCL = *Solar Cooling Load factor*.
 SF = *Solar Factor*, faktor radiasi matahari ($Watt/m^2$).
 SKR = *Skylight Ratio of Roof*, perbandingan luas skylight dengan luas seluruh atap pada orientasi yang ditentukan.
 t = tebal bahan (m).
 $TDek$ = *Equivalent Temperature Difference*, beda temperatur ekivalen (K).
 TR = *Tons of Refrigeration*, kapasitas pendinginan (TR).
 U = transmitansi termal ($W/m^2.K$).
 U_f = transmitansi termal fenestrasi ($Watt/m^2.K$).
 U_r = transmitansi termal atap tak tembus cahaya ($Watt/m^2.K$).
 U_s = transmitansi termal fenestrasi (*skylight*) ($Watt/m^2.K$).
 U_w = transmitansi termal dinding tak tembus cahaya ($Watt/m^2.K$).
 W = *Humidity Ratio*, rasio kelembaban (lb/lb).
 WWR = *Window to Wall Ratio*, perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan.

ISTILAH DAN DEFINISI

- Absortansi radiasi matahari (α)
Nilai penyerapan energi termal akibat radiasi matahari pada suatu bahan dan yang ditentukan pula oleh warna bahan tersebut.
- Beda temperatur ekivalen (*Equivalent Temperature Difference = T_{Dek}*)
Beda antara temperatur ruangan dan temperatur dinding luar atau atap yang diakibatkan oleh efek radiasi matahari dan temperatur udara luar untuk keadaan yang dianggap quasistatik yang menimbulkan aliran kalor melalui dinding atau atap, yang ekivalen dengan aliran kalor sesungguhnya.
- *Cooling Load* (Beban Pendinginan)
Jumlah total energi panas yang harus dihilangkan dalam satuan waktu dari ruangan yang akan didinginkan.
- Faktor radiasi matahari (*Solar Factor = SF*)
Laju rata-rata setiap jam dari radiasi matahari pada selang waktu tertentu yang sampai pada suatu permukaan.
- Fenestrasi
Bukaan pada selubung bangunan. Fenestrasi dapat berlaku sebagai hubungan fisik dan/atau visual ke bagian luar gedung, serta menjadi jalan masuk radiasi matahari. Fenestrasi dapat dibuat tetap atau dibuat dapat dibuka.
- HVAC (*Heating, Ventilating and Air-Conditioning*)
Istilah gabungan sistem pergerakan udara yang dipasang dalam bangunan yang menyediakan lingkungan dengan pengontrolan termal, kelembaban dan aliran udara untuk kebutuhan penghuni bangunan atau proses pengolahan.
- Infiltrasi
Aliran udara tak terkendali melalui pembukaan yang tidak disengaja (celah, retak dll.) yang ditimbulkan oleh angin, perbedaan temperature dan/ atau peralatan, meningkatkan tekanan melalui selimut bangunan.
- Koefisien peneduh (*Shading Coefficient = SC*)
Angka perbandingan antara perolehan kalor melalui fenestrasi dengan atau tanpa peneduh, dengan perolehan kalor melalui kaca biasa / bening setebal 3

mm tanpa peneduh yang ditempatkan pada fenestrasi yang sama.

- **Konduksi**
Transfer panas (energi) melalui suatu substansi atau tubuh dari molekul ke molekul tanpa pergerakan yang nyata.
- **Konservasi energi**
Upaya mengoptimalkan pemakaian energi untuk kebutuhan agar pemborosan energi dapat dihindarkan.
- **Nilai perpindahan termal atap (*Roof Thermal Transfer Value = RTTV*)**
Suatu nilai yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk penutup atap yang dilengkapi dengan *skylight*.
- **Nilai perpindahan termal menyeluruh (*Overall Thermal Transfer Value = OTTV*)**
Suatu nilai yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk dinding dan kaca bagian luar bangunan gedung yang dikondisikan.
- **Radiasi**
Perpindahan energi langsung melalui ruangan dengan media gelombang elektromagnetik.
- **Selubung bangunan**
Elemen bangunan yang menyelubungi bangunan gedung, yaitu dinding dan atap tembus atau yang tidak tembus cahaya dimana sebagian besar energi termal berpindah melalui elemen tersebut.
- **Transmitansi tampak**
Transmitansi dari suatu bahan kaca khusus terhadap bagian yang tampak dari spektrum radiasi matahari.
- **Transmitansi termal**
Koefisien perpindahan kalor dari udara pada satu sisi bahan ke udara pada sisi lainnya.
- **Ventilasi**
Proses menggunakan media alami atau mekanikal untuk memasukkan atau mengeluarkan udara ke atau dari suatu ruang.