



TUGAS AKHIR - TF 181801
ANALISIS BEBAN PENDINGIN SELUBUNG
BANGUNAN *RESEARCH CENTER ITS*
SURABAYA DENGAN PERHITUNGAN
OVERALL THERMAL TRANSFER VALUE
(OTTV)

MAHARANI DEVI DHINIATY
NRP. 02311340000101

Dosen Pembimbing :
Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T.
Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



FINAL PROJECT - TF 181801

**ANALYSIS OF COOLING LOAD BASED ON
OVERALL THERMAL TRANSFER VALUE
(OTTV) FOR RESEARCH CENTER TOWER IN
ITS SURABAYA**

MAHARANI DEVI DHINIATY
NRP. 02311340000101

Supervisors :
Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T.
Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2019

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Maharani Devi Dhieniaty
NRP : 2311340000101
Departemen/ Prodi : Teknik Fisika/ S1 Teknik Fisika
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul **“Analisis Beban Pendingin Selubung Bangunan Research Center ITS Surabaya dengan Perhitungan Overall Thermal Transfer Value (OTTV)”** adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 7 Juni 2019
Yang membuat pernyataan,

Maharani Devi Dhieniaty
NRP. 2311340000101

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS BEBAN PENDINGIN SELUBUNG
BANGUNAN RESEARCH CENTER ITS SURABAYA
DENGAN PERHITUNGAN OVERALL THERMAL
TRANSFER VALUE (OTTV)**

Oleh:

Maharani Devi Dhieniaty
NRP. 2311340000101

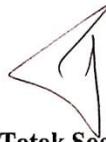
Surabaya, 7 Juni 2019

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing I**



Lizda Johar M, S.T., M.T.
NIPN. 197408151997032001

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing II**



Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
NIPN. 196503091990021001

**Mengetahui,
Ketua Departemen
Teknik Fisika FTI-ITS**



Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.
NIPN. 197809022003121002

“Halaman ini memang dikosongkan”

**ANALISIS BEBAN PENDINGIN SELUBUNG
BANGUNAN RESEARCH CENTER ITS SURABAYA
DENGAN PERHITUNGAN OVERALL THERMAL
TRANSFER VALUE (OTTV)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Rekayasa Energi dan Pengkondisian Lingkungan
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MAHARANI DEVI DHINIATY
NRP. 231134000101

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Lizda Johar M, S.T., M.T. (Pembimbing I)
2. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA (Pembimbing II)
3. Dr. Gunawan N, S.T., M.T. (Penguji I)
4. Kamalul Wafi, S.T. M.Eng (Penguji II)
5. Hendra Cordova, S.T. M.T. (Penguji III)

**SURABAYA
JULI, 2019**

“Halaman ini memang dikosongkan”

**ANALISIS BEBAN PENDINGIN SELUBUNG
BANGUNAN RESEARCH CENTER ITS SURABAYA
DENGAN PERHITUNGAN OVERALL THERMAL
TRANSFER VALUE (OTTV)**

Nama : Maharani Devi Dhieniaty
NRP : 2311340000101
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T.
2. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

Abstrak

Selubung bangunan memiliki peran penting dalam mengurangi konsumsi energi untuk pendinginan dan pencahayaan. Oleh karena itu, perancangan selubung bangunan vertikal, terutama jendela, harus dilakukan secara hati-hati untuk menghindari masuknya panas ke dalam bangunan secara berlebihan. Sehingga diperlukan penelitian untuk menganalisa apakah nilai OTTV pada bangunan *research center* ITS sesuai dengan SNI. Penghitungan OTTV pada gedung dilakukan dengan OTTV parsial timur dan barat. Setelah nilai OTTV parsial per lantai didapat maka nilai OTTV total gedung dihitung. Dari hasil perhitungan didapat nilai OTTV parsial timur dan barat masing masing lantai sebagai berikut: lantai 2 dan 3 sebesar 25,40, lantai 4 sampai 10 sebesar 24,37, dan lantai 11 sebesar 18,89. Dari hasil OTTV parsial per lantai tersebut didapat nilai OTTV total gedung *research center* ITS sebesar 24,02 Watt/m². Hasil tersebut memenuhi kriteria SNI 03-6389-2000 bahwa nilai OTTV total selubung bangunan tidak melebihi 45 Watt/m². Perbaikan *cooling load* tidak perlu dilakukan karena efek desain pasif.

Kata kunci : *cooling load*, gedung *Research Center* ITS, selubung bangunan, OTTV.

“Halaman ini memang dikosongkan”

**ANALYSIS OF COOLING LOAD BASED ON OVERALL
THERMAL TRANSFER VALUE (OTTV) FOR RESEARCH
CENTER TOWER IN ITS SURABAYA**

Name : Maharani Devi Dhieniatty
NRP : 2311340000101
Department : Teknik Fisika FTI-ITS
Supervisors : 1. Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T.
2. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

Abstract

Building envelope has an important role in reducing energy consumption for cooling and lighting. Therefore, the design of a vertical building envelope, especially windows, must be carried out carefully to avoid excessive heat entering the building. So research is needed to analyze whether the value of OTTV in the ITS research center building is in accordance with SNI. OTTV calculations on the building were carried out with partial OTTV east and west. After the partial OTTV value per floor is obtained, the OTTV value of the total building is calculated. From the calculation results obtained the partial eastern and western OTTV values of each floor as follows: floors 2 and 3 of 25.40, floors 4 to 10 of 24.37, and 11th floor of 18.89. From the results of partial OTTV per floor, the OTTV value of the total ITS research center building was 24.02 Watt / m². These results fit the criteria of SNI 03-6389-2000 that the OTTV value of the total building envelope does not exceed 45 Watts / m². Repairing cooling load is not necessary because of the passive design effect.

Keywords: *cooling load, Research Center ITS Tower, building envelope, OTTV.*

“Halaman ini memang dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, serta shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, hingga terselesaikannya tugas akhir beserta laporan tugas akhir yang berjudul **Analisis Beban Pendingin Selubung Bangunan Research Center ITS Surabaya dengan Perhitungan Overall Thermal Transfer Value (OTTV)**. Selama penyusunan tugas akhir ini, telah banyak diperoleh bantuan dari berbagai pihak, diucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Fisika.
2. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA. dan ibu Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan motivasi, ilmu, dan kesabaran selama membimbing penyelesaian tugas akhir.
3. Bapak Dr. Gunawan Nugroho, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Energi dan Pengkondisian Lingkungan.
4. Keluarga ku tersayang. Terimakasih atas kepercayaan, motivasi, dan doa yang tidak henti-hentinya dipanjatkan untuk penulis. Semoga tugas akhir ini dapat menjadi hadiah julang tahun yang berkesan.
5. Seluruh teman – teman Departemen Teknik Fisika angkatan 2013, terima kasih telah menjadi keluarga kedua di tanah perantauan. Semoga kelak dipertemukan kembali dalam keadaan sukses dan berjaya.
6. Seluruh dosen, karyawan dan civitas akademik Teknik Fisika, terimakasih atas segala bantuan dan kerjasamanya.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya.

Penulisan laporan tugas akhir ini masih banyak kekurangan, namun semoga laporan ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, 6 Juni 2019

Penulis

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR – TF 181801.....	i
FINAL PROJECT – TF 181801.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
Abstrak.....	xi
<i>Abstract</i>	xiii
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Perpindahan Panas.....	5
2.2 OTTV (<i>Overall Thermal Transfer Value</i>).....	6
2.3 Perpindahan Panas melalui Selubung Bangunan.....	13
2.4 Standar <i>Cooling Load</i> Bangunan.....	15
2.5 Transmisi Panas dari Luar Dinding dan Jendela ke Dalam Gedung.....	17
2.6 Teori Desain Pasif.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Studi Literatur.....	22
3.2 Pengumpulan Data.....	22
3.3 Perhitungan <i>Cooling Load</i>	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Perhitungan Variabel Penentu Nilai OTTV.....	27

4.2	Perhitungan OTTV Parsial dan Total.....	32
BAB V KESIMPULAN.....		37
DAFTAR PUSTAKA.....		43
LAMPIRAN A.....		45
LAMPIRAN B.....		47
LAMPIRAN C.....		57
LAMPIRAN D.....		65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Komponen - komponen perpindahan panas melalui selubung bangunan.....	14
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian tugas akhir.....	21
Gambar 3.2	Gedung <i>research center</i> orientasi timur.....	23
Gambar 3.3	Gedung <i>research center</i> orientasi barat.....	23
Gambar 3.4	Diagram alir perhitungan <i>cooling load</i>	24
Gambar 3.5	Formula OTTV parsial.....	26

“Halaman ini memang dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Absorbtansi Radiasi Matahari untuk Dinding Luar dan Atap Tak Tembus Cahaya...	8
Tabel 2.2	Nilai Absorbtansi Radiasi Matahari untuk Cat Permukaan Dinding Luar.....	9
Tabel 2.3	Nilai R Lapisan Udara Permukaan untuk Dinding dan Atap.....	10
Tabel 2.4	Nilai k Bahan Bangunan.....	10
Tabel 2.5	Nilai R Lapisan Rongga Udara.....	11
Tabel 2.6	Beda Temperatur Ekivalen untuk Dinding.	12
Tabel 2.7	Faktor Radiasi Matahari untuk Berbagai Orientasi.....	12
Tabel 4.1	Nilai WWR Setiap Lantai.....	27
Tabel 4.2	Nilai Absorbtansi Gedung <i>Research Center</i>	28
Tabel 4.3	Nilai Transmittansi Termal Gedung <i>Research Center</i>	29
Tabel 4.4	Spesifikasi dari <i>Tinted glass</i> Asahimas.....	30
Tabel 4.5	Nilai Faktor Radiasi Matahari.....	30
Tabel 4.6	Berat Persatuan Luas Parapet.....	30
Tabel 4.7	Berat Persatuan Luas Sprandel.....	31
Tabel 4.8	Nilai T _{Dek} Setiap Material.....	31
Tabel 4.9	OTTV Parsial Gedung <i>Research Center</i> ITS Orientasi Timur.....	33
Tabel 4.10	OTTV Parsial Gedung <i>Research Center</i> ITS Orientasi Barat.....	34
Tabel 4.11	OTTV Total Gedung <i>Research Center</i> Orientasi Timur dan Barat.....	35

“Halaman ini memang dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Selubung bangunan terdiri dari komponen tak tembus cahaya (misalnya dinding) dan sistem fenestrasi atau komponen tembus cahaya (misalnya jendela) yang memisahkan interior bangunan dari lingkungan luar. Selubung bangunan memiliki peran penting dalam mengurangi konsumsi energi untuk pendinginan dan pencahayaan. Oleh karena itu, perancangan selubung bangunan vertikal, terutama jendela, harus dilakukan secara hati-hati untuk menghindari masuknya panas ke dalam bangunan secara berlebihan. (Pemerintah DKI Jakarta, 2012). Pada survei data yang diberikan, perpindahan panas yang disebabkan oleh selubung bangunan menyumbang sebesar 55 persen dari keseluruhan internal heat gain. Sedangkan pencahayaan 20 persen, manusia 10 persen, udara sekitar 9 persen dan lainnya 6 persen.

Berdasarkan SNI 03-6389-2000, dasar bangunan yang mempunyai kenyamanan termal secara prinsip adalah mempunyai nilai OTTV yang tidak melebihi 45 Watt/m^2 . OTTV itu sendiri 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. Beban panas eksternal diakibatkan oleh panas yang masuk melalui perpindahan panas secara 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. Kriteria konservasi energi selubung bangunan antara lain rasio jendela kaca terhadap dinding (WWR), jenis tebal dan warna

dinding luar, alat peneduh, konduktansi kaca, insulasi atap dan dinding, penyerapan atap dan dinding, arah hadap dll.

Pada penelitian sebelumnya disebutkan bahwa gedung *research center* ITS pada arah orientasi utara selatan mempunyai desain awal dimana pada atap diberikannya solar cell. Seperti yang disebutkan dalam artikel yang ditulis oleh tjandra, Jan Kleissl dan timnya telah meneliti bahwa bangunan yang atapnya menggunakan solar cell tidak hanya menghasilkan energi listrik ramah lingkungan tetapi juga mendinginkan bangunan tersebut (Tjandra, 2011). Desain dinding kaca pada lantai 11 mempunyai fungsi sebagai radiasi bayangan dimana dinding kaca tersebut memiliki desain miring kebawah.

Sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan analisa perpindahan panas selubung bangunan. Peran terbesar penambahan panas dikarenakan oleh jenis material dan luasan kaca yang besar tanpa adanya pembayang luar horizontal sebagai penghalang sinar yang datang secara vertikal (Noorwahyu, 2015). Sehingga, pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis beban pendingin dengan menggunakan *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV) untuk diterapkan pada Gedung *research center* ITS Surabaya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dari penulisan tugas akhir ini adalah:

- a. Bagaimana menghitung *cooling load* yang berasal dari dinding dan jendela gedung *research center* ITS?
- b. Bagaimana rekomendasi untuk perbaikan *cooling load* dari efek desain pasifgedung *research center* ITS?

1.3 Tujuan

Berdasarkan pemaparan latar belakang dan permasalahan maka tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan perhitungan *cooling load* pada gedung *research center* ITS dengan OTTV.
- b. Menentukan rekomendasi untuk perbaikan *cooling load research center* ITS akibat efek desain pasif.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah maka batasan masalah dari tugas akhir ini adalah:

- a. Lokasi pengambilan data tugas akhir adalah seluruh lantai gedung *research center* ITS pada jam kerja.
- b. Data gedung dan arsitekturnya diperoleh dari kerumah tanggaan ITS.
- c. Penelitian akan dihitung perambatan panas melalui dinding dan jendela gedung *research center* ITS.
- d. Standar yang digunakan terdapat pada GBCI (*Green Building Council Indonesia*) dan SNI.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perpindahan Panas

Salah satu elemen bangunan yang mempunyai fungsi penting adalah dinding. Pada jurnal yang ditulis Abito, Lippsmeier menyatakan bahwa dinding bangunan berfungsi sebagai: stabilitas bangunan, perlindungan terhadap hujan, angin dan debu, perlindungan terhadap radiasi matahari secara langsung, perlindungan terhadap dingin, perlindungan terhadap kebisingan, pengaman terhadap gangguan manusia dan hewan (Abito, 2003). Bangunan yang memakai ventilasi alamiah lebih baik menggunakan bahan bangunan yang berpori dan dapat menyalurkan kembali panas yang diterimanya dan panas yang terbentuk di dalam ruangan.

Berdasarkan media perantaranya, perpindahan panas dari suatu tempat ke tempat lain dapat terjadi melalui tiga macam yaitu:

- a. Konduksi adalah perpindahan panas yang terjadi melalui medium padat atau fluida yang tidak bergerak yang memiliki perbedaan temperature.

$$Q_{\text{conduction}} = k \cdot A \cdot \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} = -k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (2.1)$$

dengan:

- K = Konduktifitas termal material (W/m °C)
- A = Luas permukaan perpindahan panas karena konduksi (m²)
- ΔT = Perbedaan temperature material (°C)
- Δx = Ketebalan material (m)

- b. Konveksi perpindahan panas yang terjadi anatar permukaan padat dan fluida yang bergerak ketika memiliki perbedaan

temperature. Perpindahan panas konveksi dibedakan terhadap tipe aliran fluida.

$$Q_{convection} = h \cdot A_s \cdot (T_s - T_{\infty}) \quad (2.2)$$

dengan:

- h = convection heat transfer (W/m °C)
- A_s = Luas permukaan perpindahan panas karena konveksi (m²)
- T_s = Temperatur permukaan (°C)
- T_{∞} = Temperatur fluida jauh dari permukaan (°C)

- c. Energi yang dikeluarkan oleh setiap benda. Energi radiasi ditransmisikan oleh gelombang elektromagnetik

$$Q_{radiation} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A_s \cdot (T_s^4 - T_{surr}^4) \quad (2.3)$$

dengan:

- ε = Emisivitas dari permukaan yang nilainya antara $0 \leq \varepsilon \leq 1$
- σ = Konstanta Stefan-Boltzmann $5,67 \times 10^{-8}$ W/m²K⁴
- A_s = Luas perpindahan panas karena radiasi (m²)
- T_s = Temperatur absolut (°C)
- T_{surr} = Temperatur lingkungan udara/gas (°C)

2.2 OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*)

OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) adalah angka yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk selubung bangunan yang dikondisikan. Selubung bangunan yang dimaksudkan adalah elemen bangunan yang menyelubungi bangunan gedung, yaitu dinding luar dan atap tembus atau yang tidak tembus cahaya dimana sebagian besar energi termal berpindah melalui elemen tersebut. Untuk membatasi perolehan

panas akibat radiasi matahari lewat selubung bangunan, maka ditentukan nilai perpindahan termal menyeluruh untuk selubung bangunan tidak melebihi 45 Watt/m².

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:

$$\text{OTTV}_i = \alpha [U_w \times (1 - \text{WWR})] \times \text{TDeq} + (\text{SC} \times \text{WWR} \times \text{SF}) + (U_f \times \text{WWR} \times \Delta T) \quad (2.4)$$

dengan:

OTTV_i = nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (Watt/m²).

α = absorbtansi radiasi matahari.

U_w = transmitansi termal dinding tak tembus cahaya (Watt/m².°K).

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

TDeq = beda temperatur ekuivalen (°K).

SC = koefisien peneduh dari sistem fenestrasi.

SF = faktor radiasi matahari (Watt /m²).

U_f = transmitansi termal fenestrasi (Watt/m².°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:

$$OTTV = \frac{(A_{01} \times OTTV_1) + (A_{02} \times OTTV_2) + \dots + (A_n \times OTTV_n)}{A_{01} + A_{02} + \dots + A_n} \quad (2.5)$$

dengan:

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.

$OTTV_i$ = nilai perpindahan termal menyeluruh pada bagian dinding i sebagai hasil perhitungan.

2.2.1 Absorbtansi Radiasi Matahari (α)

Nilai absorbtansi radiasi matahari (α) untuk beberapa jenis permukaan dinding tak tembus cahaya dapat dilihat pada tabel 2.1 dan tabel 2.2 (SNI, 2000).

Tabel 2.1 Nilai Absorbtansi Radiasi Matahari untuk Dinding Luar dan Atap tak Tembus Cahaya (SNI, 2000)

Bahan dinding luar	α
Beton berat	0,91
Bata merah	0,89
Beton ringan	0,86
Kayu permukaan halus	0,78
Beton ekspos	0,61
Ubin putih.	0,58
Bata kuning tua.	0,56
Atap putih	0,50
Seng putih	0,26
Bata gelazur putih.	0,25
Lembaran alumunium yang dikilapkan.	0,12

Tabel 2.2 Nilai Absorbansi Radiasi Matahari untuk
Cat Permukaan Dinding Luar

Cat permukaan dinding luar	α
Hitam merata	0,95
Pernis hitam	0,92
Abu-abu tua	0,91
Pernis biru tua	0,91
Cat minyak hitam.	0,90
Coklat tua.	0,88
Abu-abu / biru tua.	0,88
Biru / hijau tua	0,88
Coklat medium	0,84
Pernis hijau.	0,79
Hijau medium.	0,59
Kuning medium.	0,58
Hijau / biru medium.	0,57
Hijau muda.	0,47
Putih semi kilap.	0,30
Putih kilap.	0,25
Perak.	0,25
Pernis putih	0,21

2.2.2 Transmittansi Termal (U)

Untuk dinding tak tembus cahaya dan fenestrasi yang terdiri dari beberapa lapis komponen bangunan, maka besarnya U dihitung dengan persamaan (2.6).

$$U = \frac{1}{R_{total}} \quad (2.6)$$

dengan:

$$R_{total} = \text{Resistansi termal total} = \sum_{i=0}^{i=n} R_i$$

Resistansi termal, terdiri dari:

- Resistansi lapisan udara luar (R_{UL})
Besarnya nilai R_{UL} ditunjukkan pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Nilai R Lapisan Udara Permukaan untuk Dinding dan Atap

Jenis permukaan		Resistansi Termal R (m ² .K/Watt)
Permukaan dalam (R _{UP})	Emisifitas tinggi	0,120
	Emisifitas rendah.	0,299
Permukaan luar (R _{UL})	Emisifitas tinggi	0,044

Tabel 2.4 Nilai k Bahan Bangunan

No.	Bahan bangunan	Densitas (kg/m ³)	K (W/m.K)
1	Beton	2.400	1,448
2	Beton ringan	960	0,303
3	Bata dengan lapisan plaster	1.760	0,807
4	Bata langsung dipasang tanpa plaster, tahan terhadap cuaca.		1,154
5	Plasteran pasir-semen	1.568	0,533
6	Kaca lembaran	2.512	1,053
7	Papan gypsum	880	0,170
8	Kayu lunak	608	0,125
9	Kayu keras	702	0,138
10	Kayu lapis	528	0,148
11	<i>Glasswool</i>	32	0,035
12	<i>Fibreglass</i>	32	0,035
13	Paduan alumunium	2.672	211
14	Tembaga	8.784	385
15	Baja	7.840	47,6
16	Granit	2.640	2,927
17	Marmer/terazo/keramik/mozaik	2.640	1,298

- Resistansi termal bahan (R_k)

$$R_k = \frac{t}{k} \quad (2.7)$$

Besarnya harga k untuk berbagai jenis bahan dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.5 Nilai R Lapisan Rongga Udara

No	Jenis celah udara	Resistansi termal ($m^2.K/W$)			
		5 mm	10 mm	100 mm	
1	R_{RU} untuk dinding Rongga udara vertikal (aliran panas secara horisontal)				
	1. Emisifitas tinggi.	0,110	0,148	0,160	
	2. Emisifitas rendah	0,250	0,578	0,606	
2	R_{RU} untuk atap Rongga udara horisontal/miring (aliran panas kebawah).				
	Emisifitas tinggi.	rongga udara horisontal.	0,110	0,148	0,174
		rongga udara dengan kemiringan $22\frac{1}{2}^{\circ}$	0,110	0,148	0,165
		rongga udara dengan kemiringan 45° .	0,110	0,148	0,158
	Emisifitas rendah	rongga udara horisontal.	0,250	0,572	1,423
		rongga udara dengan kemiringan $22\frac{1}{2}^{\circ}$	0,250	0,571	1,095
		rongga udara dengan kemiringan 45° .	0,250	0,570	0,768
3	R_{RU} untuk loteng				
	1. Emisifitas tinggi.		0,458		
	2. Emisifitas rendah		1,356		

- Resistansi termal rongga udara (R_{RU})
Nilainya ditunjukkan pada tabel 2.5
- Resistansi termal lapisan udara permukaan (R_{UP})
Nilainya ditunjukkan pada Tabel 2.3

2.2.3 Beda Temperatur Ekivalen

Beda temperatur ekivalen ($TDEk$) dipengaruhi oleh :

- tipe, massa dan densitas konstruksi.
- intensitas radiasi dan lamanya penyinaran.
- lokasi dan orientasi bangunan.
- kondisi perancangan.

Untuk menyederhanakan perhitungan OTTV, nilai TD_{Ek} untuk berbagai tipe konstruksi tercantum pada tabel 2.6

Tabel 2.6 Beda Temperatur Ekivalen untuk Dinding

Berat/satuan luas (kg/m^2)	TD_{Ek}
Kurang dari 125	15
126 ~ 195	12
Lebih dari 195	10

2.2.4 Faktor rerata radiasi matahari

Faktor radiasi matahari dihitung antara jam 07.00 sampai dengan jam 18.00. Untuk bidang vertikal pada berbagai orientasi terdapat pada tabel 2.7

Tabel 2.7 Faktor Radiasi Matahari ($SF, W/m^2$) untuk Berbagai Orientasi

Orientasi	U	TL	T	TG	S	BD	B	BL
	130	113	0,81	97	97	176	243	211

2.2.5 Koefisien Peneduh (SC)

- Koefisien peneduh tiap sistem fenestrasi dapat diperoleh dengan cara mengalikan besaran SC kaca dengan SC efektif dari kelengkapan peneduh luar, sehingga persamaannya menjadi:

$$SC = SC_k \times SC_{Ef} \quad (2.8)$$

dengan:

SC = koefisien peneduh sistem fenestrasi.

SC_k = koefisien peneduh kaca.

SC_{Ef} = koefisien peneduh efektif alat peneduh

- Angka koefisien peneduh kaca didasarkan atas nilai yang dicantumkan oleh pabrik pembuatnya, yang ditentukan berdasarkan sudut datang 45^0 terhadap garis normal.
- Pengaruh tirai dan atau korden di dalam bangunan gedung, khususnya untuk perhitungan OTTV, tidak termasuk yang diperhitungkan.

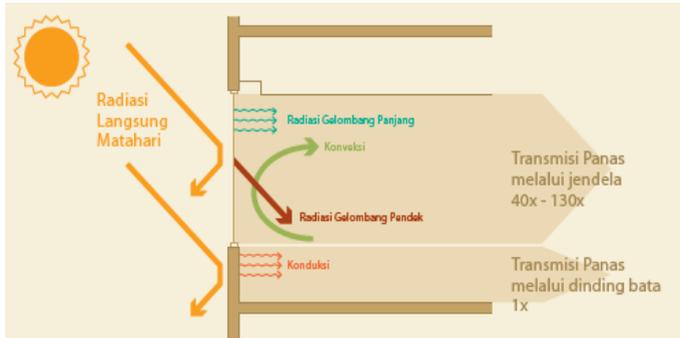
2.3 Perpindahan Panas melalui Selubung Bangunan

Dalam bangunan yang didominasi beban pendinginan eksternal, konsumsi energi untuk sistem HVAC terutama ditentukan oleh perpindahan panas melalui komponen selubung bangunan termasuk:

- Perpindahan panas melalui jendela,
- Perpindahan panas melalui dinding,
- Perpindahan panas melalui atap,
- Laju infiltrasi dan eksfiltrasi melalui retak-retak, jendela dan bukaan pintu.

Ada sejumlah prinsip desain yang dapat diterapkan untuk mengurangi perolehan panas melalui selubung bangunan:

- Merancang bentuk dan orientasi bangunan untuk meminimalkan paparan selubung bangunan dari radiasi matahari timur dan barat.



Gambar 2.1 Komponen- komponen perpindahan panas melalui selubung bangunan (Pemerintah DKI Jakarta, 2012)

- Mengurangi transmisi panas melalui jendela dengan mengurangi luas jendela, menyediakan peneduh eksternal yang dirancang secara tepat dan memilih material kaca dengan nilai SC yang rendah.
- Mengurangi transmisi panas melalui dinding dengan menggunakan insulasi yang memadai.
- Mengurangi transmisi panas melalui atap dengan memiliki nilai reflektifitas, emisivitas dan insulasi yang lebih tinggi.
- Mengurangi infiltrasi dan eksfiltrasi dengan menyekat bangunan secara rapat dan mengendalikan bukaan pintu dan jendela.

Perpindahan panas melalui selubung bangunan dapat dikategorikan sebagai radiasi, konduksi, dan konveksi melalui dinding dan jendela. Dari ketiga kategori tersebut, radiasi

langsung melalui jendela adalah kategori yang paling penting. Hasil studi simulasi menunjukkan bahwa untuk tipikal konstruksi dan material selubung bangunan, perpindahan panas melalui jendela kira-kira 40-130 kali lebih tinggi daripada perpindahan panas melalui dinding. Bahkan untuk kaca dengan SHGC terbaik yang tersedia di pasaran, perpindahan panas melalui jendela masih jauh lebih tinggi dibandingkan dinding bata. Oleh karena itu, pengendalian perpindahan panas melalui jendela untuk mengurangi beban pendinginan merupakan faktor penting bagi kesuksesan strategi desain pasif secara keseluruhan (Pemerintah DKI Jakarta, 2012).

Bentuk lain dari perpindahan panas yang dapat meningkatkan beban pendinginan adalah infiltrasi dan eksfiltrasi melalui retak-retak selubung bangunan serta bukaan jendela dan pintu.

2.4 Standar *Cooling Load* Bangunan

Beban Pendinginan atau *cooling load* adalah jumlah total energi panas yang harus dihilangkan dalam satuan waktu dari ruangan yang diinginkan. Beban pendinginan total adalah beban panas eksternal dan internal yang ada dalam gedung. Beban panas eksternal untuk seluruh gedung akibat konduksi dan radiasi. Beban panas internal untuk seluruh gedung akibat penghuni, lampu dan peralatan.

Berdasarkan SNI 03-6389-2000, persyaratan perancangan yang harus dipenuhi yaitu:

- a) Berlaku hanya untuk komponen dinding dan atap pada bangunan gedung yang dikondisikan.
- b) Perolehan panas radiasi matahari total untuk dinding dan atap tidak boleh melebihi nilai perpindahan panas menyeluruh sebagaimana tercantum di dalam standar ini.

- c) Untuk membatasi perolehan panas akibat radiasi matahari lewat selubung bangunan, yaitu dinding dan atap, maka ditentukan nilai perpindahan termal menyeluruh untuk selubung bangunan tidak melebihi 45 Watt/m^2 .

Komponen beban yang memberikan kontribusi terbesar atau cukup besar terhadap beban pendinginan perlu dicermati agar dapat dicari peluang penghematan energinya. Namun ini tidak berarti bahwa komponen beban lainnya dapat diabaikan, karena upaya penghematan energi perlu dicari pada semua komponen beban. Komponen-komponen tersebut antara lain:

a. Bahan Bangunan

Identifikasi bahan bangunan akan menentukan nilai transmitansi termal yang menjadi salah satu variabel dalam perhitungan beban pendinginan. Kesalahan dalam menentukan nilai transmitansi termal akan secara proporsional menimbulkan kesalahan dalam perhitungan beban pendinginan.

b. Beban listrik.

Pada gedung komersial seperti perkantoran, beban pendinginan yang ditimbulkan oleh lampu untuk pencahayaan dan peralatan listrik dalam ruangan merupakan komponen beban tunggal yang sangat berarti (dapat berkisar antara 15% sampai 20%).

c. Beban penghuni

Besarnya beban penghuni, walaupun bukan yang terbesar dibandingkan dengan beban listrik, perlu dicermati polanya karena merupakan salah satu peluang penghematan energi. Pada gedung kantor misalnya, biasanya berkisar antara 10% sampai 15%.

d. Beban udara luar sebagai ventilasi dan infiltrasi

Udara luar yang dimasukkan sebagai ventilasi menimbulkan beban pendingin sensibel maupun laten yang cukup tinggi.

Pada umumnya untuk gedung kantor dengan standar ventilasi yang benar, komponen beban ini akan mencapai 12% sampai 18% dari beban pendingin seluruhnya.

e. Beban selubung bangunan

Beban pendinginan yang berasal dari luar melalui selubung bangunan, misalnya untuk gedung kantor satu lantai di Indonesia dapat mencapai 40% sampai 50% dari beban pendingin seluruhnya pada waktu terjadi beban puncak.

Agar gedung yang direncanakan dapat memenuhi persyaratan hemat energi, maka pada awal perencanaan perlu dihitung besarnya Nilai perpindahan termal menyeluruh (Overall Thermal Transfer Value = OTTV) dan dibandingkan terhadap batas yang ditentukan dalam standar yang berlaku.

f. Beban lain-lain dan beban sistem

Beban lain-lain dan beban sistem harus diusahakan dapat dihitung atau diperkirakan cukup teliti, misalnya dengan memeriksa kembali beban kalor masuk sepanjang saluran udara setelah laju aliran udara dapat dihitung.

Peralatan di dalam ruangan yang bertemperatur lebih rendah dari temperatur ruang, seperti refrigerated cabinet, akan menimbulkan beban negatip dalam ruang.

2.5 Transmisi Panas dari Luar Dinding dan Jendela ke Dalam Gedung

Aliran panas yang mengalir melalui dinding dengan perbedaan suhu konstan antara lingkungan di kedua sisi bergantung pada empat proses, (1) Perpindahan panas ke dinding dari lingkungan yang mempunyai suhu tinggi, (2) Transfer melalui dinding, (3) Transfer panas ke lingkungan yang memiliki suhu rendah, dan (4) Difusi atau aliran udara melalui dinding ke kedua arah. Efek kebocoran udara yang mungkin terjadi diabaikan, secara umum, ketiga proses atau faktor lain yang

disebutkan di atas. Resistansi total terhadap aliran panas melalui dinding adalah jumlah hambatan dinding itu sendiri dan kedua hambatan di antara permukaan dinding dan lingkungan. Resistansi termal per satuan luas dapat didefinisikan secara kuantitatif sebagai jumlah derajat perbedaan suhu yang diperlukan antara batas-batas sistem untuk menghasilkan tingkat satuan aliran panas melalui luas unit, arah aliran normal ke daerah tersebut. Resistansi timbal balik per satuan luas sistem bahan padat yang dilapisi adalah daerah perunit konduktansi, yang didefinisikan sebagai laju aliran panas melalui luas unit yang dihasilkan oleh perbedaan suhu 1° di antara batas-batas sistem. Ini juga akan mudah untuk berbicara tentang dua jumlah lainnya, yaitu, kontinuitas termal dan transmitansi per satuan luas. Konduktivitas termal adalah properti dari bahan aliomogeneous, dan didefinisikan sebagai laju aliran panas melalui luas unit bila perbedaan suhu pada daerah tersebut adalah 1° per ketebalan satuan. Transmisi adalah istilah yang diterapkan pada perpindahan panas yang berlebihan dari udara ke udara, dan karenanya terjadi timbal balik dari total hambatan dari udara ke udara. Nilai dari jumlah yang didefinisikan di atas tidak benar-benar konstan tapi bervariasi dengan suhu rata-rata dan perbedaan suhu, namun variasinya kecil dan untuk saat ini jumlah ini akan diperlakukan sebagai konstanta demi kesederhanaan dan kejelasan. Jika perlu variasi di dalamnya dapat diperhitungkan dalam pemecahan masalah sebenarnya.

Ada perpindahan panas antara panel dalam dan luar serta konduksi dan konveksi oleh udara di ruang. Namun aliran panas melalui kaca itu sendiri hanya konduksi, karena kaca tidak mentransmisikan radiasi yang dipancarkan benda pada suhu ruang normal. Variasi ini disebabkan gerakan udara di kedua sisi panel dalam. Udara hangat ruangan pertama kali membuat kontak dengan kaca di bagian atas jendela, dan saat didinginkan, ia

bergerak ke bawah sehingga udara yang berkontak dengan kaca menjadi semakin dingin saat mendekati bagian bawah panel. Di ruang antara panel, udara mengalir ke bawah di atas panel luar yang lebih dingin dan naik di samping panel dalam yang hangat. Dengan demikian, udara bergerak berlawanan arah pada kedua sisi panel dalam, dengan suhu kedua aliran jauh lebih rendah di bagian bawah jendela daripada di bagian atas. Akibatnya, kaca yang memisahkan dua aliran udara dan memiliki suhu antara keduanya lebih dingin di bagian bawah daripada di atas. Udara dingin dari jendela terus mengendap sampai mencapai lantai dan di sana ia mengalir secara horisontal dari dinding luar. Hal ini dapat dihindari dengan menempatkan stopkontak di bawah jendela sehingga udara dingin akan bercampur dengan udara hangat dari pemanas. Jika pemanas melepaskan udara hangat ke bagian bawah jendela, ia dapat membalikkan arah gerakan udara di atas bagian bawah kaca dan akan meningkatkan suhu minimum kaca (dan aliran panas melalui jendela), meskipun suhu kamar tetap tidak berubah.

2.6 Teori Desain Pasif

Desain pasif adalah desain yang memanfaatkan iklim untuk mempertahankan kenyamanan temperatur di dalam bangunan. Desain pasif mengurangi atau menghilangkan kebutuhan untuk pemanasan atau pendinginan tambahan, yang menyumbang sekitar 40% penggunaan energi di rumah rata-rata.

Desain pasif menggunakan sumber alami dari pemanasan dan pendinginan, seperti matahari dan angin dingin. Hal ini dicapai dengan menyesuaikan bangunan sesuai dengan arah orientasi yang tepat dan dengan hati-hati mendesain selubung bangunan (atap, dinding, jendela, dan lantai rumah). Selubung

bangunan yang dirancang dengan baik meminimalkan pemasukan dan pengurangan panas yang tidak diinginkan.

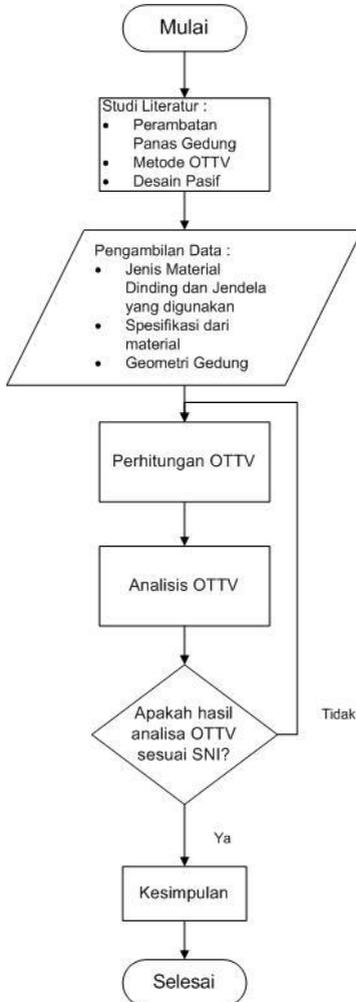
Desain pasif yang baik sangat penting untuk mencapai kenyamanan termal seumur hidup, tagihan energi yang rendah dan emisi gas rumah kaca yang rendah. Metode untuk bangunan berkinerja tinggi memerlukan penggunaan strategi desain pasif, teknologi bangunan yang canggih dan sistem energi yang terbarukan. Strategi desain pasif terdiri dari; *shading*/pembayang, respon terhadap orientasi bangunan, pemanfaatan ventilasi alami, dan penggunaan cahaya alami. Strategi pasif harus dimanfaatkan secara maksimal karena dampaknya dapat meminimalkan energy secara signifikan (Aksamija, 2013).

Di Indonesia, yang termasuk negara beriklim tropis, mempunyai strategi desain pasif yang berbeda. Desain pasif untuk zona tropis mempunyai hal yang diperhatikan yaitu:

- Periode *overheating* terjadi pada jam 8 pagi - 4 sore dan *heat gain* yang tidak diinginkan pada puncak jam 11 pagi - 2 sore, oleh karena itu dibutuhkan *shading* vertikal dan horizontal sepanjang tahun.
- Angin bermanfaat untuk selama satu tahun dan ventilasi sebanyak mungkin diinginkan, dengan arah angin dari tenggara ke barat daya.
- Bentuk bangunan optimum dimana sisi-sisinya mempunyai panjang $x: y$, adalah 1: 3.
- Orientasi ke sudut matahari pada sumbu 5° di *north of east* untuk membangun orientasi utama.
- Untuk pengaturan bangunan, inti terletak di sisi timur dan barat bangunan untuk membantu *shading* bangunan dari sudut rendah matahari pada sebagian besar dari hari.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah dalam pengerjaan tugas akhir ditunjukkan pada diagram alir di bawah ini.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian tugas akhir

3.1 Studi Literatur

Studi literatur dimaksud untuk membangun pemahaman awal hingga mendalam secara teoritis terhadap materi yang mendukung pada penelitian tugas akhir ini antara lain perambatan panas gedung. Kemudian metode OTTV dan desain pasif.

3.2 Pengambilan Data

Pada penelitian ini, data yang diperlukan berupa :

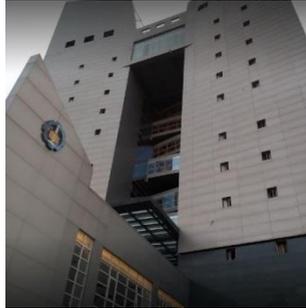
- a. Jenis material dinding dan jendela yang digunakan

Material yang digunakan pada gedung RC ini yaitu spandrel, *tinted glass* dengan warna *blue green* dengan tebal 5 cm untuk jendela dan parapet untuk dinding.

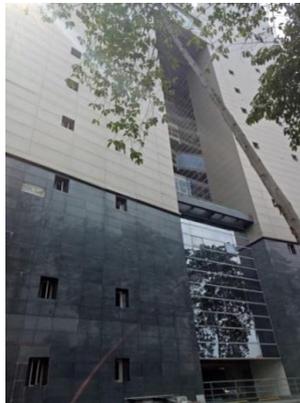
- b. Geometri dari gedung

Gedung *research center* ITS mempunyai 4 arah orientasi bangunan yaitu arah utara, timur, selatan dan barat. Dan mempunyai 11 lantai. Lantai 1 digunakan sebagai lahan parkir. Kemudian lantai 2 sampai 10 digunakan sebagai kantor dan lantai 11 digunakan sebagai auditorium. Spesifikasi selubung bangunan pada gedung RC juga berlaku sama pada lantai 2,3, 4-10 dan 11. Seperti pada gambar 3.2, gedung arah timur lantai 2 dan 3 terdapat 4 jendela kecil. Sesuai dengan data desain yang didapat dari kerumah tanggan ITS bahwa bagian tengah terdapat dinding kaca dan spandrel dengan panjang 24 meter. Pada arah barat lantai 2 dan 3 terdapat 4 jendela kecil dan bagian tengah terdapat dinding kaca seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3. Pada lantai 4 sampai 10 arah timur dan barat mempunyai 4 jendela kecil dengan bagian tengah penuh dengan dinding kaca. Bagian tengah bangunan terdapat kotak berdinding kaca untuk lift. Pada setiap lantai gedung RC arah timur dan barat mempunyai panjang dinding 46 meter dengan tinggi tiap lantai 5 meter. Pada lantai 11, pada arah orientasi timur memiliki ukuran jendela yang sama.

Pada lantai 11 juga memiliki 4 jendela kecil pada kedua sisi. Desain lantai 11 mempunyai panjang 46 meter dengan tinggi 8 m seperti yang ditampilkan pada lampiran B.



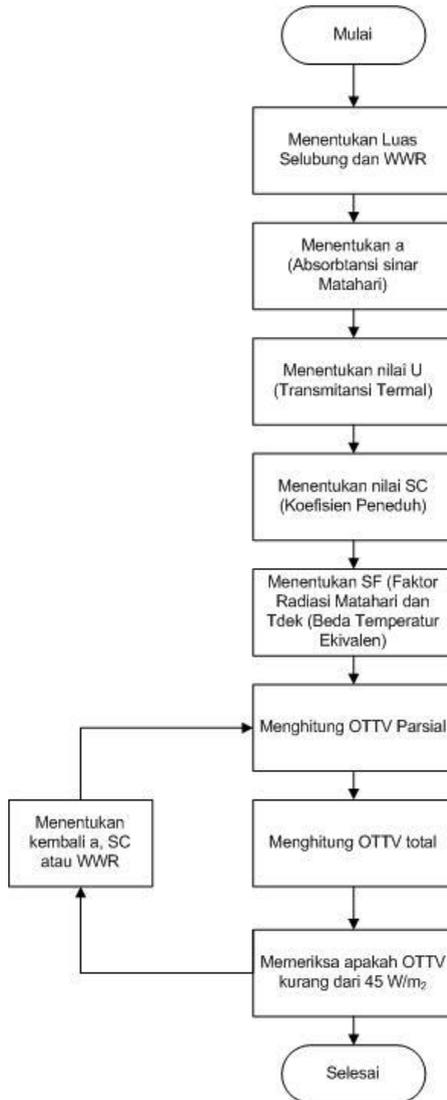
Gambar 3.2 Gedung *research center* orientasi Timur



Gambar 3.3 Gedung *research center* ITS orientasi Barat

Dengan data jenis material dan geometri gedung yang didapatkan, nilai WWR dari setiap lantai dapat ditentukan. Nilai WWR tersebut akan menentukan nilai OTTV parsial setiap lantai.

3.3 Perhitungan *Cooling Load*



Gambar 3.4 Diagram alir perhitungan *cooling load*

Sesuai dengan gambar 3.4, perhitungan cooling load dimulai dengan menentukan luas selubung dan WWR. Luas selubung bangunan terdiri dari luas *tinted glass*, luas sprandel dan luas parapet, yang pada arah orientasi timur dan barat per lantainya dihitung. Langkah selanjutnya yaitu menentukan nilai WWR dengan cara membandingkan luas *tinted glass* dengan luas seluruh dinding luar pada arah orientasi timur dan barat. Hal yang sama juga dilakukan pada material sprandel dan parapet.

Setelah itu, nilai absorbtansi sinar matahari ditentukan dengan mengacu pada tabel 2.1 dan data spesifikasi dari asahimas. Untuk menentukan nilai transmitansi termal dinding (U_w), sebelumnya harus mengetahui nilai resistansi termal total (R_{total}). Komponen R_{total} terdiri dari resistansi termal bahan yang didapat dari perbandingan tebal bahan (t) dan nilai konduktivitas termal bahan (k) seperti pada persamaan (2.7). Nilai transmitansi termal juga didapat dari tabel 2.3 dan 2.5. Setelah itu, nilai U didapat dengan menggunakan persamaan (2.6). Nilai koefisien peneduh (SC) ditentukan dengan spesifikasi pada *tinted glass* yang digunakan pada gedung *research center* ITS. Faktor radiasi matahari (SF) ditentukan menurut arah orientasi pada tabel 2.7. Sesuai penelitian ini, nilai SF yang digunakan adalah orientasi timur dan barat. Nilai SF ini didapat berdasarkan data radiasi matahari selama setahun oleh SNI. Selanjutnya, nilai beda temperatur ekivalen (T_{Dek}) ditentukan berdasarkan nilai berat persatuan luas setiap material. Kemudian nilai tersebut akan dikonversikan dengan tabel 2.6.

Setelah semua nilai diketahui maka nilai OTTV parsial setiap lantai pada arah orientasi timur dan barat dapat dihitung. Perhitungan nilai OTTV parsial dan total dilakukan di microsoft excel. Pada Microsoft Excel, perhitungan OTTV parsial dibagi menjadi 3 bagian yaitu q_1 , q_2 , dan q_3 . Seperti pada gambar 3.5, q_1 menghitung nilai absorbtansi, transmitansi termal, WWR dan

Tdek. Q2 menghitung nilai SC, WWR dan SF. Q3 menghitung nilai U_f , WWR dan temperature. Kemudian, dapat dicari nilai OTTV total selubung bangunan dan menentukan apakah nilai OTTV total tidak melebihi nilai 45 Watt/m².

$$OTTV_{T_2} = \alpha_{T_2} \left[\underbrace{(U_{W_{T_2}} \times (1 - WWR_{T_2})) \times TD_{Eh_{T_2}}}_{Q1} + \underbrace{(SC_{T_2} \times WWR_{T_2} \times SF_{T_2})}_{Q2} + \underbrace{(u_{f_{T_2}} \times WWR_{T_2} \times T_{T_2})}_{Q3} \right]$$

Gambar 3.5 Formula OTTV parsial

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Variabel Penentu Nilai OTTV

Data yang didapatkan mencakup luas selubung, WWR, nilai absorbtansi matahari, nilai transmitansi termal, nilai koefisien peneduh, nilai koefisien peneduh, dan nilai beda temperatur ekuivalen.

a) Luas selubung dan WWR

Dalam menentukan nilai WWR diperlukan data seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Nilai WWR setiap Lantai

Lantai 2				
Material	Panjang (m)	Tinggi (m)	Luas	WWR
<i>Tinted glass</i>	12,43	3,3	41,019	0,18
Sprandel	14,83	4,7	69,701	0,3
Parapet	23,92	5	119,6	0,52
Lantai 3				
<i>Tinted glass</i>	12,43	3,3	41,019	0,18
Sprandel	14,83	4,7	69,701	0,3
Parapet	23,92	5	119,6	0,52
Lantai 4-10				
<i>Tinted glass</i>	14,28	2,85	40,698	0,18
Sprandel	15,105	3,07	46,37235	0,21
Parapet	29,28	5	146,4	0,61
Lantai 11				
<i>Tinted glass</i>	10,4	4,475	46,54	0,13
Sprandel	10,8	5,37	57,996	0,16
Parapet	29,28	8	234,24	0,71

b) Nilai Absorbtansi sinar matahari

Sesuai dengan SNI, nilai absorbtansi dibagi sesuai dengan material yang digunakan maka nilai absorbtansinya seperti pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Nilai Absorbtansi Gedung *Research Center*

Material	Nilai absorbtansi
<i>Tinted glass</i>	0,12
Sprandel	0,12
Parapet	0,89

c) Nilai U (Transmitansi Termal)

Untuk menentukan nilai transmitansi termal setiap material, dibutuhkan beberapa tahap yaitu nilai U didapat dari tabel dan persamaan (2.7). Seperti pada salah satu komponen sprandel yaitu papan gypsum didapat seperti pada perhitungan dibawah ini.

$$R_k = \frac{0,01}{0,17} = 0,04$$

Setelah itu dengan menemukan nilai R_{total} pada material sprandel, maka dengan menggunakan persamaan (2.6) nilai U untuk sprandel didapat seperti pada perhitungan dibawah.

$$U = \frac{1}{0,68} = 1,46$$

Untuk komponen penyusun lainnya ditampilkan pada lampiran D.

d) Nilai SC (Koefisien Peneduh)

Nilai koefisien peneduh hanya terjadi pada material *tinted glass*. Sesuai dengan spesifikasi pada *tinted glass* dari asahimas untuk *tinted glass* blue green dengan ketebalan 5 cm adalah 0,67 seperti pada gambar 4.4.

Tabel 4.3 Nilai Transmittansi Termal Gedung *Research center*

	Bahan Facade	Komponen Penyusun	Tebal (m)	(W/m. K)	R (m ² .K/W)	U (W/m ² .K)
1	srandel	<i>external surface</i>			0,4	
		<i>Glass</i>	0,01			5,80
		<i>Air space (with high emissivity)</i>	0,01		0,12	
		Papan Gypsum	0,01	0,17	0,04	
		<i>Glasswool</i>	0,05			0,04
		<i>internal surface</i>			0,13	
		Total				
						7,29
2	<i>tinted glass blue green</i>	<i>external surface</i>			0,4	
		<i>tinted glass</i>	0,005			5,8
		<i>internal surface</i>			0,13	
		Total				0,53
						7,69
3	parapet	<i>External surface</i>			0,40	
		<i>ACP</i>	0,03	0,40	0,08	
		<i>External Wall Plester</i>	0,01	0,57	0,02	
		<i>Brick Wall</i>	0,10	0,77	0,13	
		<i>Internal Wall Plester</i>	0,01	0,57	0,02	
		<i>Internal surface</i>			0,13	
		Total				0,78

Tabel 4.4 Spesifikasi dari *tinted glass* Asahimas (Amfg.co.id, 2019)

Tipe Kaca	Ketebalan (mm)	<i>Solar factor</i> (%)	<i>Shading Coeficient</i>	U (W/m ² .K)
<i>Tinted glass blue green</i>	5	58	0,67	5,8

Tabel 4.5 Nilai Faktor Radiasi Matahari

Orientasi Gedung	SF
Timur	112
Barat	243

Tabel 4.6 Berat Per Satuan Luas Parapet

Komposisi Parapet	<i>thick</i> (m)	<i>density</i> (kg / m ³)	<i>weight / area</i> (kg / m ²)
ACP	0,03	2672	80,16
<i>External Wall Plester</i>	0,01	1568	20,38
<i>Brick Wall</i>	0,10	1760	176
<i>Internal Wall Plester</i>	0,01	1568	20,38
Total			296,93

- e) Nilai SF (Faktor Radiasi Matahari) dan TDek (Beda Temperatur Ekuivalen)

Untuk nilai faktor radiasi matahari pada setiap arah orientasi berbeda. Sehingga pada penelitian ini hanya menggunakan arah orientasi timur dan barat seperti pada tabel 4.5. Nilai ini akan digunakan pada jenis material parapet dan sprandel. Untuk

material *tinted glass*, nilai SF didapat sebesar 58. Hal ini sesuai dengan data spesifikasi dari Asahimas seperti yang terdapat pada tabel 4.4.

Pada penelitian ini, beda temperatur ekivalen (TD Ek) untuk dinding mempergunakan data dari SNI-03-6389-2000. Berdasarkan tabel 2.6, untuk mengetahui TD Ek suatu dinding harus diketahui berat per satuan luasnya dengan mengalikan densitas dinding dengan ketebalan dinding.

Karena berat/luas parapet lebih dari 195 kg/m^2 , maka TD ek adalah 10 Kelvin. Kemudian berat/luas sprandel kurang dari 125 kg/m^2 , maka TD ek adalah 15 Kelvin. Untuk kaca, sesuai dengan SNI 03 6389 2000, ΔT diambil 5 Kelvin.

Tabel 4.7 Berat Per Satuan Luas Sprandel

Komposisi Sprandel	<i>thick</i> (m)	<i>Density</i> (kg / m ³)	<i>weight / area</i> (kg / m ²)
<i>Tinted glass</i>	0,008		20
<i>Air space (with high emissivity)</i>	0,010		
<i>Gypsum Board</i>	0,006	880	5,280
<i>Glasswool</i>	0,050	32	1,600
Total			26,880

Tabel 4.8 Nilai TDek Setiap Material

Material	TDek (K)
<i>Tinted glass</i>	5
Sprandel	15
Parapet	10

4.2 Perhitungan OTTV Parsial dan Total

Pada gedung *Research center* ITS, terdapat 11 lantai. Maka pada setiap lantai dihitung OTTV timur dan barat sebagai berikut:

a. OTTV Parsial

Pada gedung *research center* ITS memiliki 3 material yang membangun jendela dan dinding gedung. Material tersebut adalah sprandel, *tinted glass*, dan parapet. Sehingga pada perhitungan OTTV parsial timur dan barat dibedakan setiap material. Berikut adalah perhitungan OTTV parsial lantai 2:

- Sprandel :

$$OTTV_{T2} = 0,12. [(7,29 \times (1 - 0,3))] \times 5 + (0 \times 0,3 \times 0,81) + (0 \times 0,3 \times 15)$$

$$OTTV_{B2} = 0,12. [(7,29 \times (1 - 0,3))] \times 5 + (0 \times 0,3 \times 243) + (0 \times 0,3 \times 15)$$

- *Tinted glass*:

$$OTTV_{T2} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,18))] \times 0 + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)$$

$$OTTV_{B2} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,18))] \times 0 + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)$$

- Parapat:

$$OTTV_{T2} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,52))] \times 15 + (0 \times 0,52 \times 0,81) + (0 \times 0,52 \times 10)$$

$$OTTV_{B2} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,52))] \times 15 + (0 \times 0,52 \times 243) + (0 \times 0,52 \times 10)$$

Sehingga pada lantai 2 arah timur mempunyai nilai OTTV parsial 25,4 Watt/m² sedangkan lantai 2 arah barat mempunyai nilai OTTV memiliki nilai OTTV parsial 25,4 Watt/m². Untuk perhitungan lantai 3 sampai 11 ditampilkan pada lampiran C.

Untuk nilai OTTV parsial arah orientasi timur per lantai terdapat pada tabel 4.1 dan nilai OTTV parsial arah orientasi barat per lantai terdapat pada tabel 4.2.

Tabel 4.9 OTTV Parsial Gedung *Research Center* ITS Orientasi Timur

	Jenis fasade	Q1	Q2	Q3	OTTV Parsial
Lantai 2	Spandrel	11,25	8,94	5,20	25,40
	<i>Tinted glass</i>				
	Parapet				
Lantai 3	Spandrel	11,25	8,94	5,20	25,40
	<i>Tinted glass</i>				
	Parapet				
Lantai 4	Spandrel	10,13	9,01	5,24	24,39
	<i>Tinted glass</i>				
	Parapet				
Lantai 5	Spandrel	10,13	9,01	5,24	24,37
	<i>Tinted glass</i>				
	Parapet				
Lantai 6	Spandrel	10,13	9,01	5,24	24,37
	<i>Tinted glass</i>				
	Parapet				
Lantai 7	Spandrel	10,13	9,01	5,24	24,37
	<i>Tinted glass</i>				
	Parapet				
Lantai 8	Spandrel	10,13	9,01	5,24	24,37
	<i>Tinted glass</i>				
	Parapet				
Lantai 9	Spandrel	10,13	9,01	5,24	24,37
	<i>Tinted glass</i>				
	Parapet				
Lantai 10	Spandrel	10,13	9,01	5,24	24,37
	<i>Tinted glass</i>				
	Parapet				
Lantai 11	Spandrel	8,64	6,48	3,77	18,89
	<i>Tinted glass</i>				
	Parapet				

Tabel 4.10 OTTV Parsial Gedung *Research Center ITS*
Orientasi Barat

	Jenis fasade	Q1	Q2	Q3	OTTV Parsial
Lantai 2	Spandrel	11,25	8,94	5,20	25,40
	<i>Tinted glass</i>				
	Parapet				
Lantai 3	Spandrel	11,25	8,94	5,20	25,40
	<i>Tinted glass</i>				
	Parapet				
Lantai 4	Spandrel	10,13	9,01	5,24	24,37
	<i>Tinted glass</i>				
	Parapet				
Lantai 5	Spandrel	10,13	9,01	5,24	24,37
	<i>Tinted glass</i>				
	Parapet				
Lantai 6	Spandrel	10,13	9,01	5,24	24,37
	<i>Tinted glass</i>				
	Parapet				
Lantai 7	Spandrel	10,13	9,01	5,24	24,37
	<i>Tinted glass</i>				
	Parapet				
Lantai 8	Spandrel	10,13	9,01	5,24	24,37
	<i>Tinted glass</i>				
	Parapet				
Lantai 9	Spandrel	10,13	9,01	5,24	24,37
	<i>Tinted glass</i>				
	Parapet				
Lantai 10	Spandrel	10,13	9,01	5,24	24,37
	<i>Tinted glass</i>				
	Parapet				
Lantai 11	Spandrel	8,64	6,48	3,77	18,89
	<i>Tinted glass</i>				
	Parapet				

Tabel 4.11 OTTV Total Gedung *Research Center* Orientasi Timur dan Barat

Lantai	OTTV Parsial	Luas Dinding Total (m ²)	Qu	OTTV Timur
Lantai 2	25,40	240,00	6095,56	24,02
Lantai 3	25,40	240,00	6095,56	
Lantai 4	24,37	225,00	5484,24	
Lantai 5	24,37	225,00	5484,24	
Lantai 6	24,37	225,00	5484,24	
Lantai 7	24,37	225,00	5484,24	
Lantai 8	24,37	225,00	5484,24	
Lantai 9	24,37	225,00	5484,24	
Lantai 10	24,37	225,00	5484,24	
Lantai 11	18,89	240,00	4533,86	
	Σ	2055,00	50580,80	

b. OTTV Total

Setelah perhitungan OTTV parsial tiap lantai, maka diperlukan OTTV total untuk mengetahui *cooling load* pada gedung RC. Nilai OTTV total arah orientasi timur dan barat didapat pada tabel 4.10. Nilai OTTV parsial timur dan barat pada

gedung RC memiliki nilai yang sama. Hal tersebut terjadi karena dari semua data yang didapat/diukur memiliki nilai yang sama pada masing-masing variabel. Dan nilai yang berpengaruh besar terhadap nilai OTTV adalah nilai WWR dan nilai koefisien peneduh (IFC, 2011). Faktor lain adalah karena kesamaan geometri. Seperti pada lantai 4 dimana pada arah orientasi timur dan barat memiliki geometri yang sama sehingga nilai WWR juga senilai. Hal tersebut juga terjadi pada lantai 2-11.

Nilai Q_u didapat dari OTTV parsial tiap lantai dikalikan nilai luas dinding total. Sehingga didapat nilai OTTV timur dari hasil jumlah nilai Q_u semua lantai dibagi dengan nilai luas dinding total semua lantai. Pada OTTV total gedung RC pada arah timur didapatkan nilai $24,02 \text{ Watt/m}^2$.

Nilai Q_u didapat dari OTTV parsial tiap lantai dikalikan nilai luas dinding total. Sehingga didapat nilai OTTV barat dari hasil jumlah nilai Q_u semua lantai dibagi dengan nilai luas dinding total semua lantai. Pada OTTV total gedung RC pada arah barat didapatkan nilai $24,02 \text{ Watt/m}^2$.

Dengan hasil tersebut maka didapat nilai OTTV total gedung *research center* sebesar $24,02 \text{ W/m}^2$ dimana hasil ini tidak melebihi standar maksimum yaitu sebesar 45 W/m^2 . Sesuai dengan perhitungan *cooling load* dengan metode OTTV, hasil OTTV total timur dan barat mempunyai nilai kurang dari batas maksimum yang tertera pada SNI 03-6389-2000. Nilai OTTV total timur adalah $24,02$ sedangkan nilai batas maksimum dari SNI adalah 45 W/m^2 . Maka nilai *cooling load* tersebut sudah memenuhi standar. Sehingga tidak diperlukannya perbaikan akibat efek desain pasif.

BAB V

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Nilai *cooling load* gedung *research center* dengan metode OTTV parsial pada lantai 2 dan 3 sebesar 25,4 Watt/m², lantai 4 sampai 10 sebesar 24,37 Watt/m², dan lantai 11 sebesar 18,89 Watt/m².
- b. Dari nilai OTTV parsial, didapatkan nilai OTTV total untuk orientasi timur dan barat adalah sebesar 24,02 Watt/m².
- c. Nilai OTTV total memenuhi standar dari SNI sehingga tidak diperlukan rekomendasi untuk perbaikan *cooling load*.

“Halaman ini memang dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2000. SNI 03-6389-2000 .
Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung.
- Deringer, J. J. & Busch, J. F. 1992. *ASEAN-USAID Buildings Energy Conservation Project Vol. 1 Energy Standards.*
- Dinas Penataan Kota Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. (2012).
Panduan Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta Vol.1 Selubung Bangunan. Jakarta: Pemerintah Provinsi DKI Jakarta.
- Glicksman, L. R. 2010. *Heat Transfer.*
- Singhpoo, C., Punnucharoenwong, N. & Benjapiyaporn, C. 2015.
Study of the Effect of Temperature Differences on the Overall Thermal Transfer Value of buildings.
- Lienhard IV, J. H. & Lienhard V, J. H. 2008. *Heat Transfer.*
- Stephenson, D. G. 1964. *Heat Transfer at Building Surfaces.*
- Van Dusen, M. S, & Finck, J. L. *Heat Transfer Through Building Walls.*
- Wonorahardjo, S. *Pengaruh Orientasi Bangunan pada Temperatur Udara Kawasan.* Bandung.
- Yuwono, A. B. 2007. *Pengaruh Orientasi Bangunan Terhadap Kemampuan Menahan Panas pada Rumah Tinggal di Perumahan Wonorejo Surakarta.* Surakarta.

“Halaman ini memang dikosongkan”

LAMPIRAN A

Perhitungan Nilai OTTV Parsial dari lantai 2-11

- Orientasi Timur
 Sesuai dengan formula OTTV Parsial, dibagi menjadi 3 bagian

Tabel A.1 Tabel Perhitungan OTTV Parsial Timur Bagian 1

	Jenis fasade	α	Uw	WWR	1-WWR	TD Ek	Q1
Lantai 2	Spandrel	0,12	7,29	0,30	0,70	5,00	11,25
	<i>Tinted glass</i>	0,12	7,69	0,18	0,82	0,00	
	Parapet	0,89	1,28	0,52	0,48	15,00	
Lantai 3	Spandrel	0,12	7,29	0,30	0,70	5,00	11,25
	<i>Tinted glass</i>	0,12	7,69	0,18	0,82	0,00	
	Parapet	0,89	1,28	0,52	0,48	15,00	
Lantai 4	Spandrel	0,12	7,29	0,21	0,79	5,00	10,13
	<i>Tinted glass</i>	0,12	7,69	0,18	0,82	0,00	
	Parapet	0,89	1,28	0,61	0,39	15,00	
Lantai 5	Spandrel	0,12	7,29	0,21	0,79	5,00	10,13
	<i>Tinted glass</i>	0,12	7,69	0,18	0,82	0,00	
	Parapet	0,89	1,28	0,61	0,39	15,00	
Lantai 6	Spandrel	0,12	7,29	0,21	0,79	5,00	10,13
	<i>Tinted glass</i>	0,12	7,69	0,18	0,82	0,00	
	Parapet	0,89	1,28	0,61	0,39	15,00	
Lantai 7	Spandrel	0,12	7,29	0,21	0,79	5,00	10,13
	<i>Tinted glass</i>	0,12	7,69	0,18	0,82	0,00	
	Parapet	0,89	1,28	0,61	0,39	15,00	
Lantai 8	Spandrel	0,12	7,29	0,21	0,79	5,00	10,13
	<i>Tinted glass</i>	0,12	7,69	0,18	0,82	0,00	
	Parapet	0,89	1,28	0,61	0,39	15,00	
Lantai 9	Spandrel	0,12	7,29	0,21	0,79	5,00	10,13
	<i>Tinted glass</i>	0,12	7,69	0,18	0,82	0,00	
	Parapet	0,89	1,28	0,61	0,39	15,00	
Lantai 10	Spandrel	0,12	7,29	0,21	0,79	5,00	10,13
	<i>Tinted glass</i>	0,12	7,69	0,18	0,82	0,00	
	Parapet	0,89	1,28	0,61	0,39	15,00	
Lantai 11	Spandrel	0,12	7,29	0,16	0,84	5,00	8,64
	<i>Tinted glass</i>	0,12	7,69	0,13	0,87	0,00	
	Parapet	0,89	1,28	0,71	0,29	15,00	

Tabel A.2 Tabel Perhitungan OTTV Parsial Timur Bagian 2

	Jenis fasade	SC	SF		Q2
Lantai 2	Spandrel	0,00	0,81	0,00	8.94
	<i>Tinted glass</i>	0,86	58,00	8,94	
	Parapet	0,00	0,81	0,00	
Lantai 3	Spandrel	0,00	0,81	0,00	8.94
	<i>Tinted glass</i>	0,86	58,00	8,94	
	Parapet	0,00	0,81	0,00	
Lantai 4	Spandrel	0,00	0,81	0,00	9.01
	<i>Tinted glass</i>	0,86	58,00	9,01	
	Parapet	0,00	0,81	0,00	
Lantai 5	Spandrel	0,00	0,81	0,00	9.01
	<i>Tinted glass</i>	0,86	58,00	9,17	
	Parapet	0,00	0,81	0,00	
Lantai 6	Spandrel	0,00	0,81	0,00	9.01
	<i>Tinted glass</i>	0,86	58,00	9,01	
	Parapet	0,00	0,81	0,00	
Lantai 7	Spandrel	0,00	0,81	0,00	9.01
	<i>Tinted glass</i>	0,86	58,00	9,01	
	Parapet	0,00	0,81	0,00	
Lantai 8	Spandrel	0,00	0,81	0,00	9.01
	<i>Tinted glass</i>	0,86	58,00	9,01	
	Parapet	0,00	0,81	0,00	
Lantai 9	Spandrel	0,00	0,81	0,00	9.01
	<i>Tinted glass</i>	0,86	58,00	9,01	
	Parapet	0,00	0,81	0,00	
Lantai 10	Spandrel	0,00	0,81	0,00	9.01
	<i>Tinted glass</i>	0,86	58,00	9,01	
	Parapet	0,00	0,81	0,00	
Lantai 11	Spandrel	0,00	0,81	0,00	6.48
	<i>Tinted glass</i>	0,86	58,00	6,48	
	Parapet	0,00	0,81	0,00	

Tabel A.3 Tabel Perhitungan OTTV Parsial Timur Bagian 3

	Jenis fasade	Uf	ΔT		Q3
Lantai 2	Spandrel	0,00	15,00	0,00	5,20
	<i>Tinted glass</i>	5,80	5,00	5,20	
	Parapet	0,00	10,00	0,00	
Lantai 3	Spandrel	0,00	15,00	0,00	5,20
	<i>Tinted glass</i>	5,80	5,00	5,20	
	Parapet	0,00	10,00	0,00	
Lantai 4	Spandrel	0,00	15,00	0,00	5,24
	<i>Tinted glass</i>	5,80	5,00	5,24	
	Parapet	0,00	10,00	0,00	
Lantai 5	Spandrel	0,00	15,00	0,00	5,24
	<i>Tinted glass</i>	5,80	5,00	5,33	
	Parapet	0,00	10,00	0,00	
Lantai 6	Spandrel	0,00	15,00	0,00	5,24
	<i>Tinted glass</i>	5,80	5,00	5,24	
	Parapet	0,00	10,00	0,00	
Lantai 7	Spandrel	0,00	15,00	0,00	5,24
	<i>Tinted glass</i>	5,80	5,00	5,24	
	Parapet	0,00	10,00	0,00	
Lantai 8	Spandrel	0,00	15,00	0,00	5,24
	<i>Tinted glass</i>	5,80	5,00	5,24	
	Parapet	0,00	10,00	0,00	
Lantai 9	Spandrel	0,00	15,00	0,00	5,24
	<i>Tinted glass</i>	5,80	5,00	5,24	
	Parapet	0,00	10,00	0,00	
Lantai 10	Spandrel	0,00	15,00	0,00	5,24
	<i>Tinted glass</i>	5,80	5,00	5,24	
	Parapet	0,00	10,00	0,00	
Lantai 11	Spandrel	0,00	15,00	0,00	3,77
	<i>Tinted glass</i>	5,80	5,00	3,77	
	Parapet	0,00	10,00	0,00	

- Orientasi Barat

Tabel A.4 Tabel Perhitungan OTTV Parsial Barat Bagian 1

	Jenis fasade	α	Uw	WW R	1- WWR	TD Ek	Q1
Lantai 2	Spandrel	0,12	7,29	0,30	0,70	5,00	11,25
	<i>Tinted glass</i>	0,12	7,69	0,18	0,82	0,00	
	Parapet	0,89	1,28	0,52	0,48	15,00	
Lantai 3	Spandrel	0,12	7,29	0,30	0,70	5,00	11,25
	<i>Tinted glass</i>	0,12	7,69	0,18	0,82	0,00	
	Parapet	0,89	1,28	0,52	0,48	15,00	
Lantai 4	Spandrel	0,12	7,29	0,21	0,79	5,00	10,13
	<i>Tinted glass</i>	0,12	7,69	0,18	0,82	0,00	
	Parapet	0,89	1,28	0,61	0,39	15,00	
Lantai 5	Spandrel	0,12	7,29	0,21	0,79	5,00	10,13
	<i>Tinted glass</i>	0,12	7,69	0,18	0,82	0,00	
	Parapet	0,89	1,28	0,61	0,39	15,00	
Lantai 6	Spandrel	0,12	7,29	0,21	0,79	5,00	10,13
	<i>Tinted glass</i>	0,12	7,69	0,18	0,82	0,00	
	Parapet	0,89	1,28	0,61	0,39	15,00	
Lantai 7	Spandrel	0,12	7,29	0,21	0,79	5,00	10,13
	<i>Tinted glass</i>	0,12	7,69	0,18	0,82	0,00	
	Parapet	0,89	1,28	0,61	0,39	15,00	
Lantai 8	Spandrel	0,12	7,29	0,21	0,79	5,00	10,13
	<i>Tinted glass</i>	0,12	7,69	0,18	0,82	0,00	
	Parapet	0,89	1,28	0,61	0,39	15,00	
Lantai 9	Spandrel	0,12	7,29	0,21	0,79	5,00	10,13
	<i>Tinted glass</i>	0,12	7,69	0,18	0,82	0,00	
	Parapet	0,89	1,28	0,61	0,39	15,00	
Lantai 10	Spandrel	0,12	7,29	0,21	0,79	5,00	10,13
	<i>Tinted glass</i>	0,12	7,69	0,18	0,82	0,00	
	Parapet	0,89	1,28	0,61	0,39	15,00	
Lantai 11	Spandrel	0,12	7,29	0,16	0,84	5,00	8,64
	<i>Tinted glass</i>	0,12	7,69	0,13	0,87	0,00	
	Parapet	0,89	1,28	0,71	0,29	15,00	

Tabel A.5 Tabel Perhitungan OTTV Parsial Barat Bagian 2

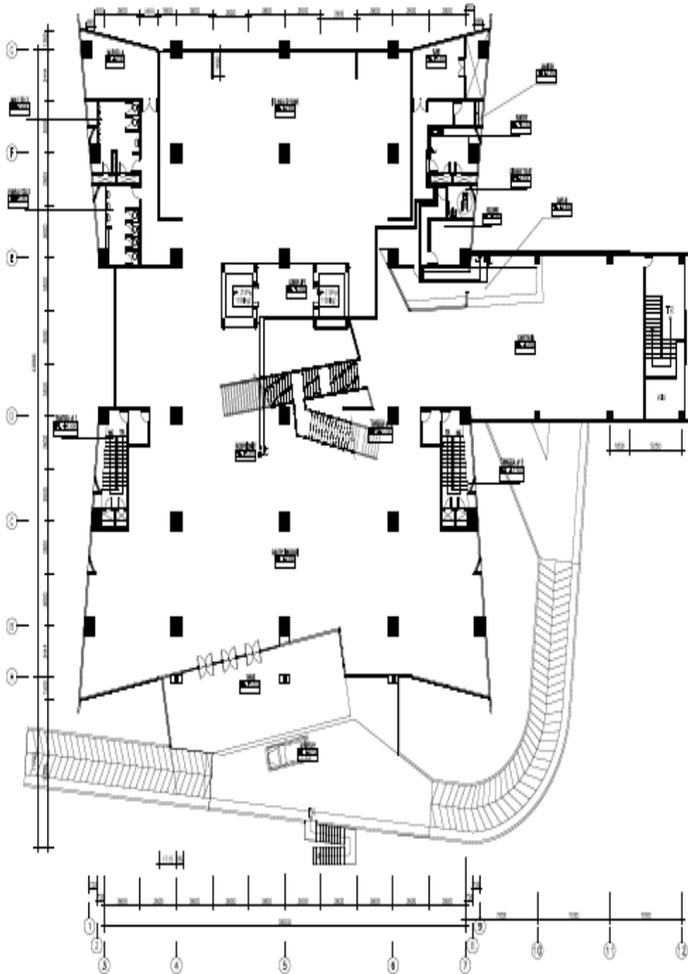
	Jenis fasade	SC	SF		Q2
Lantai 2	Spandrel	0,00	0,81	0,00	8,94
	<i>Tinted glass</i>	0,86	58,00	8,94	
	Parapet	0,00	0,81	0,00	
Lantai 3	Spandrel	0,00	0,81	0,00	8,94
	<i>Tinted glass</i>	0,86	58,00	8,94	
	Parapet	0,00	0,81	0,00	
Lantai 4	Spandrel	0,00	0,81	0,00	9,01
	<i>Tinted glass</i>	0,86	58,00	9,01	
	Parapet	0,00	0,81	0,00	
Lantai 5	Spandrel	0,00	0,81	0,00	9,01
	<i>Tinted glass</i>	0,86	58,00	9,17	
	Parapet	0,00	0,81	0,00	
Lantai 6	Spandrel	0,00	0,81	0,00	9,01
	<i>Tinted glass</i>	0,86	58,00	9,01	
	Parapet	0,00	0,81	0,00	
Lantai 7	Spandrel	0,00	0,81	0,00	9,01
	<i>Tinted glass</i>	0,86	58,00	9,01	
	Parapet	0,00	0,81	0,00	
Lantai 8	Spandrel	0,00	0,81	0,00	9,01
	<i>Tinted glass</i>	0,86	58,00	9,01	
	Parapet	0,00	0,81	0,00	
Lantai 9	Spandrel	0,00	0,81	0,00	9,01
	<i>Tinted glass</i>	0,86	58,00	9,01	
	Parapet	0,00	0,81	0,00	
Lantai 10	Spandrel	0,00	0,81	0,00	9,01
	<i>Tinted glass</i>	0,86	58,00	9,01	
	Parapet	0,00	0,81	0,00	
Lantai 11	Spandrel	0,00	0,81	0,00	6,48
	<i>Tinted glass</i>	0,86	58,00	6,48	
	Parapet	0,00	0,81	0,00	

Tabel A.6 Tabel Perhitungan OTTV Parsial Barat Bagian 3

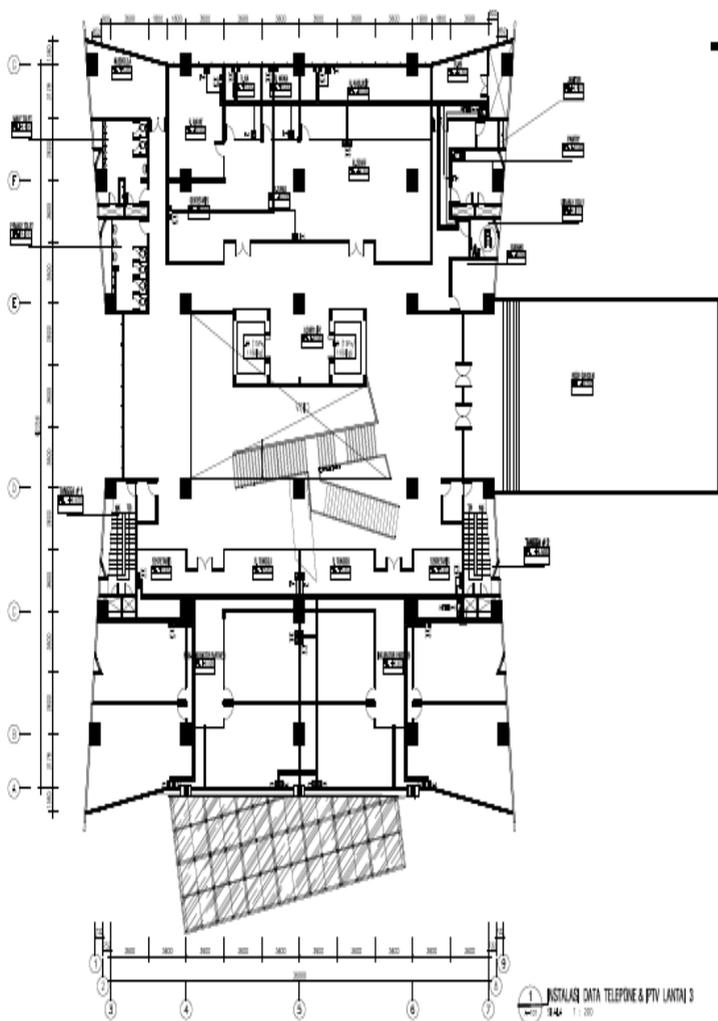
	Jenis fasade	Uf	ΔT		Q3
Lantai 2	Spandrel	0,00	15,00	0,00	5,20
	<i>Tinted glass</i>	5,80	5,00	5,20	
	Parapet	0,00	10,00	0,00	
Lantai 3	Spandrel	0,00	15,00	0,00	5,20
	<i>Tinted glass</i>	5,80	5,00	5,20	
	Parapet	0,00	10,00	0,00	
Lantai 4	Spandrel	0,00	15,00	0,00	5,24
	<i>Tinted glass</i>	5,80	5,00	5,24	
	Parapet	0,00	10,00	0,00	
Lantai 5	Spandrel	0,00	15,00	0,00	5,24
	<i>Tinted glass</i>	5,80	5,00	5,33	
	Parapet	0,00	10,00	0,00	
Lantai 6	Spandrel	0,00	15,00	0,00	5,24
	<i>Tinted glass</i>	5,80	5,00	5,24	
	Parapet	0,00	10,00	0,00	
Lantai 7	Spandrel	0,00	15,00	0,00	5,24
	<i>Tinted glass</i>	5,80	5,00	5,24	
	Parapet	0,00	10,00	0,00	
Lantai 8	Spandrel	0,00	15,00	0,00	5,24
	<i>Tinted glass</i>	5,80	5,00	5,24	
	Parapet	0,00	10,00	0,00	
Lantai 9	Spandrel	0,00	15,00	0,00	5,24
	<i>Tinted glass</i>	5,80	5,00	5,24	
	Parapet	0,00	10,00	0,00	
Lantai 10	Spandrel	0,00	15,00	0,00	5,24
	<i>Tinted glass</i>	5,80	5,00	5,24	
	Parapet	0,00	10,00	0,00	
Lantai 11	Spandrel	0,00	15,00	0,00	3,77
	<i>Tinted glass</i>	5,80	5,00	3,77	
	Parapet	0,00	10,00	0,00	

LAMPIRAN B

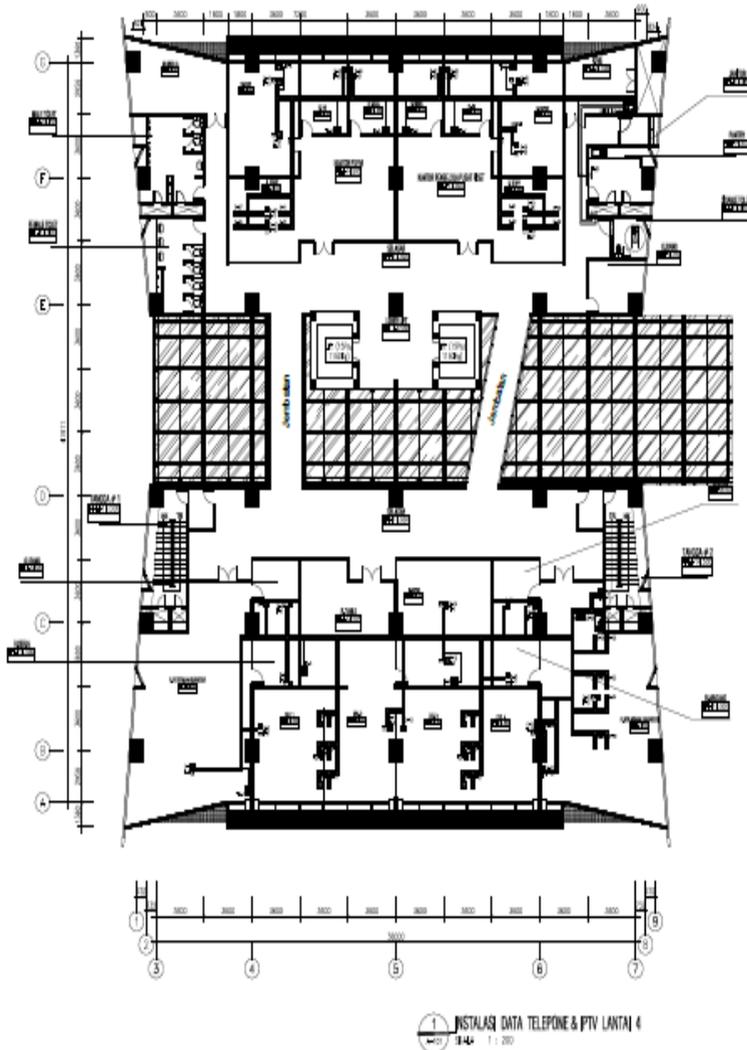
Desain bangunan Research Center ITS per lantai



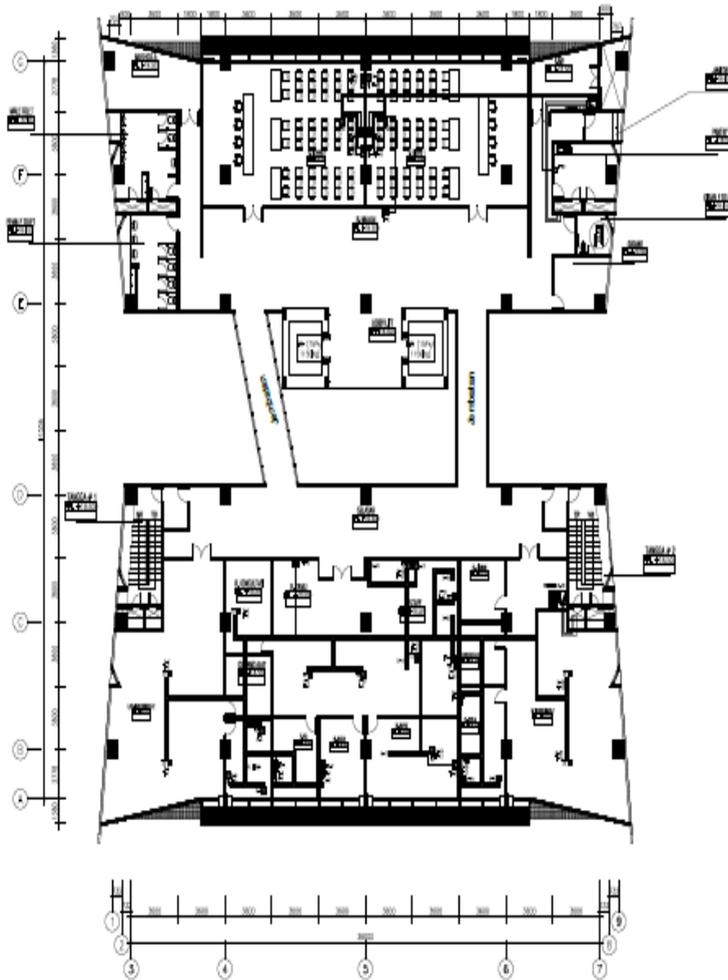
Gambar B.1 Denah lantai 2 gedung *research center* ITS



Gambar B.2 Denah lantai 3 gedung *research center* ITS

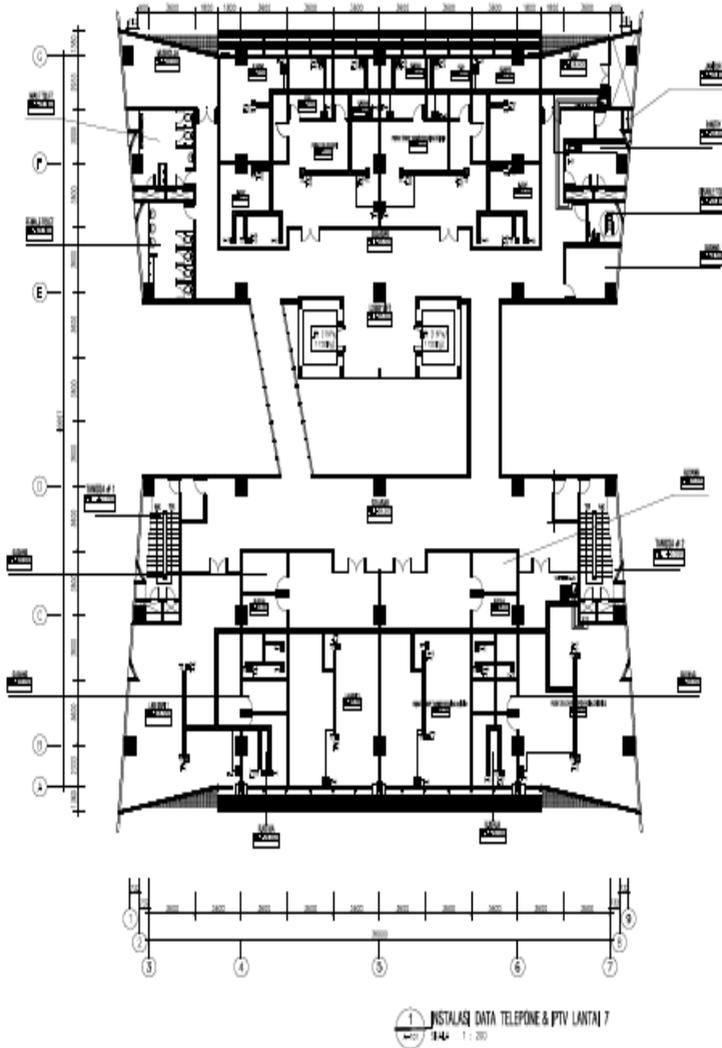


Gambar B.3 Denah lantai 4 gedung *research center* ITS

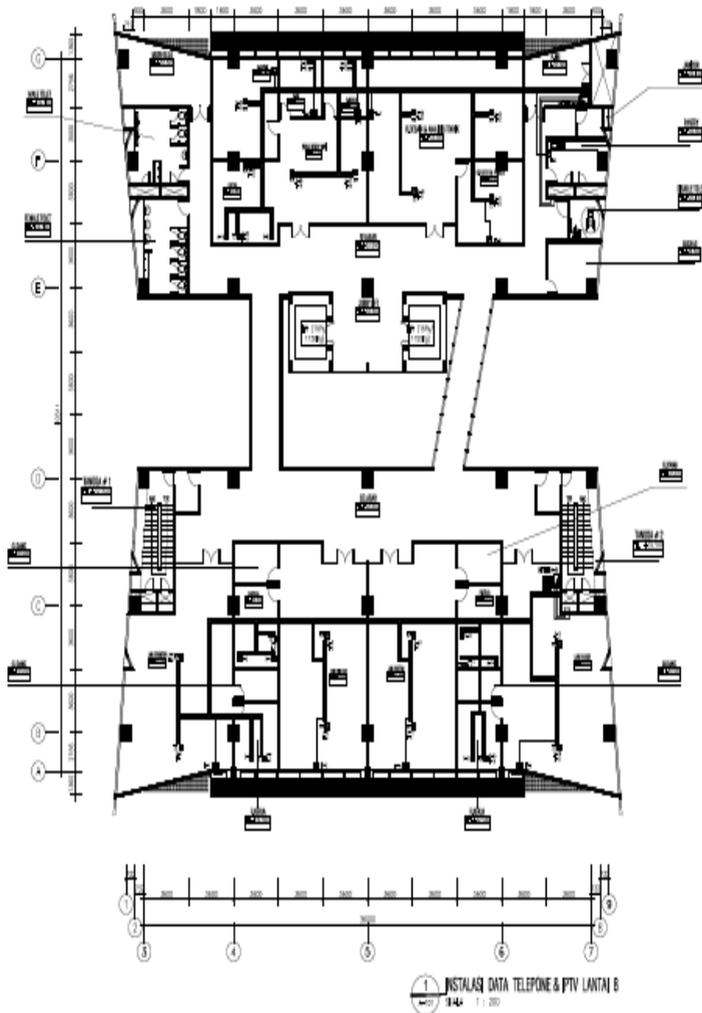


INSTALASI DATA TELEPHONE & PTV LANTAI 5
1 : 200

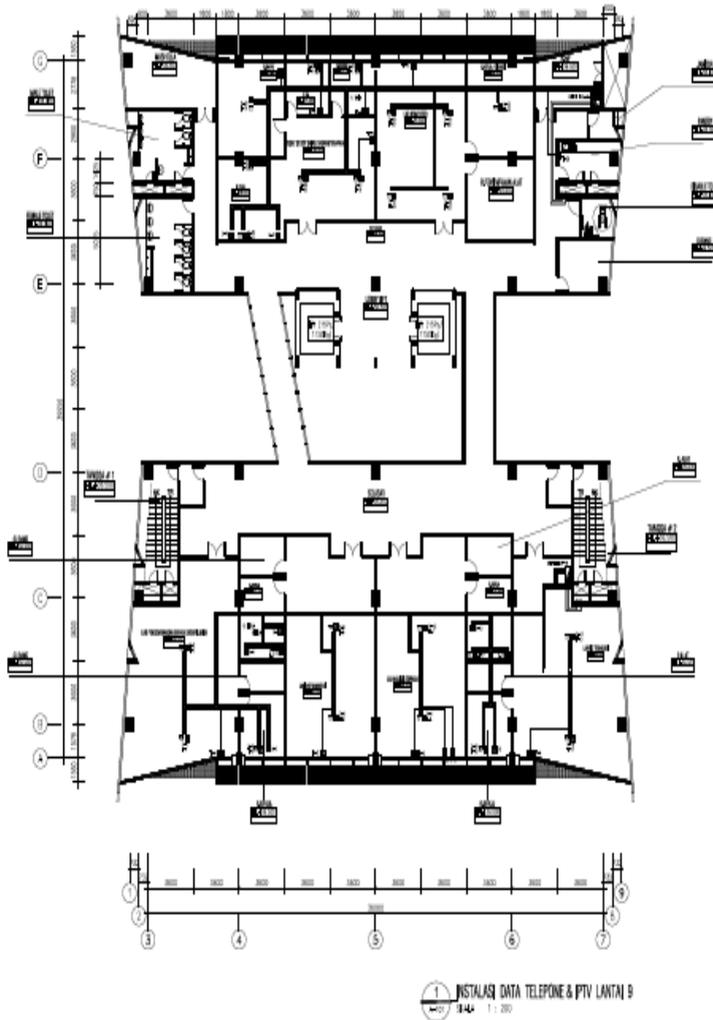
Gambar B.4 Denah lantai 5 gedung *research center* ITS



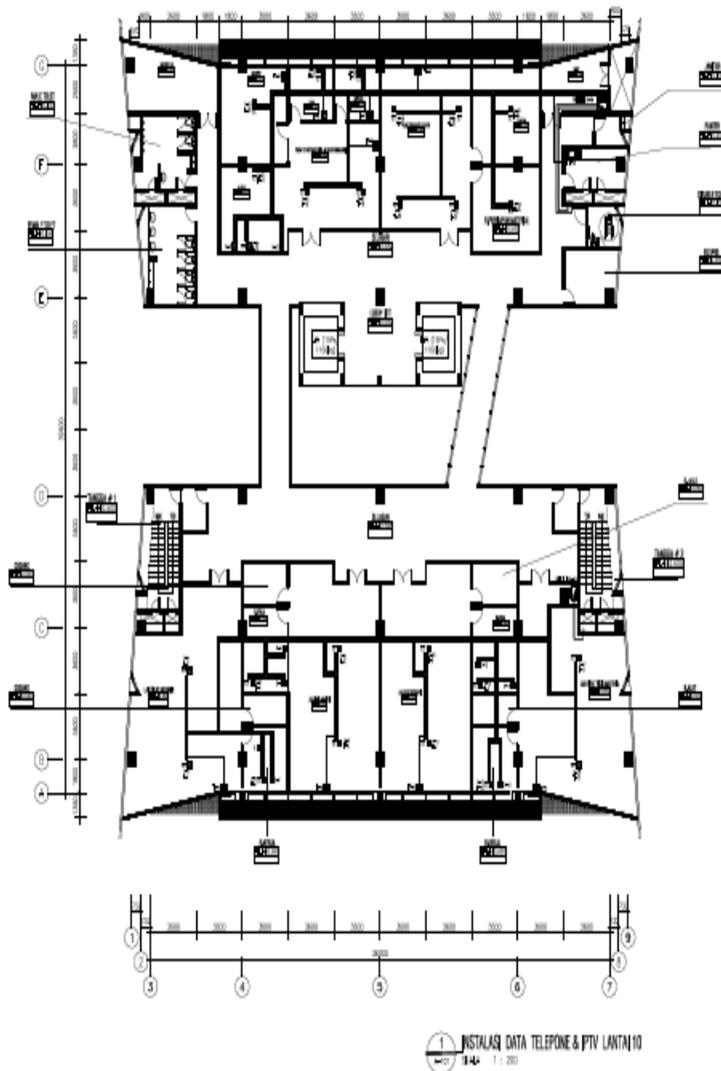
Gambar B.6 Denah lantai 7 gedung *research center* ITS



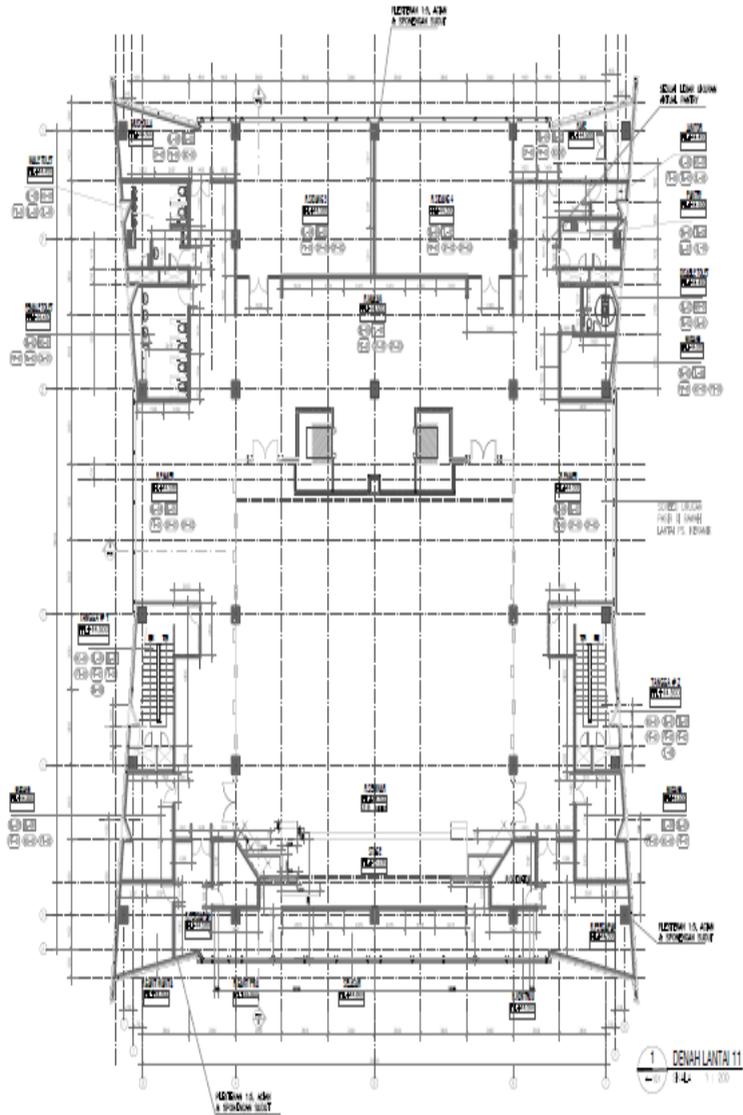
Gambar B.7 Denah lantai 8 gedung *research center* ITS



Gambar B.8 Denah lantai 9 gedung *research center* ITS



Gambar B.9 Denah lantai 10 gedung *research center* ITS



Gambar B.10 Denah lantai 11 gedung *research center* ITS

LAMPIRAN C

Perhitungan OTTV parsial setiap lantai

1. Lantai 2 Timur & barat

Sprandel :

$$OTTV_{T2} = 0,12. [(7,29 \times (1 - 0,3))] \times 5 + (0 \times 0,3 \times 0,81) \\ + (0 \times 0,3 \times 15)$$

$$OTTV_{B2} = 0,12. [(7,29 \times (1 - 0,3))] \times 5 + (0 \times 0,3 \times 243) \\ + (0 \times 0,3 \times 15)$$

Tinted glass:

$$OTTV_{T2} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,18))] \times 0 \\ + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)$$

$$OTTV_{B2} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,18))] \times 0 \\ + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)$$

Parapat:

$$OTTV_{T2} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,52))] \times 15 \\ + (0 \times 0,52 \times 0,81) + (0 \times 0,52 \times 10)$$

$$OTTV_{B2} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,52))] \times 15 \\ + (0 \times 0,52 \times 243) + (0 \times 0,52 \times 10)$$

Sehingga pada lantai 2 arah timur mempunyai nilai OTTV parsial 25,4 Watt/m² sedangkan lantai 2 arah barat mempunyai nilai OTTV memiliki nilai OTTV parsial 25,4 Watt/m²

2. Lantai 3 Timur dan barat

Sprandel :

$$OTTV_{T3} = 0,12. [(7,29 \times (1 - 0,3))] \times 5 + (0 \times 0,3 \times \\ 0,81) + (0 \times 0,3 \times 15)$$

$$OTTV_{B3} = 0,12. [(7,29 \times (1 - 0,3))] \times 5 + (0 \times 0,3 \times 243) \\ + (0 \times 0,3 \times 15)$$

Tinted glass:

$$OTTV_{T3} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,18))] \times 0 \\ + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)$$

$$OTTV_{B3} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,18))] \times 0 \\ + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)$$

Parapat :

$$OTTV_{T3} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,52))] \times 15 \\ + (0 \times 0,52 \times 0,81) + (0 \times 0,52 \times 10)$$

$$OTTV_{B3} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,52))] \times 15 \\ + (0 \times 0,52 \times 243) + (0 \times 0,52 \times 10)$$

Sehingga pada lantai 3 arah timur mempunyai nilai OTTV 25,4 Watt/m² sedangkan lantai 3 arah barat mempunyai nilai OTTV memiliki nilai OTTV parsial 25,4 Watt/m².

3. Lantai 4 Timur dan barat

Sprandel :

$$OTTV_{T3} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,52))] \times 15 \\ + (0 \times 0,52 \times 0,81) + (0 \times 0,52 \times 10)$$

$$OTTV_{B3} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,52))] \times 15 \\ + (0 \times 0,52 \times 243) + (0 \times 0,52 \times 10)$$

Tinted glass:

$$OTTV_{T4} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,18))] \times 0 \\ + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)$$

$$OTTV_{B4} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,18))] \times 0 \\ + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)$$

Parapat :

$$OTTV_{T4} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,61)) \times 15 \\ + (0 \times 0,61 \times 0,81) + (0 \times 0,61 \times 10)]$$

$$OTTV_{B4} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,61)) \times 15 \\ + (0 \times 0,61 \times 243) + (0 \times 0,61 \times 10)]$$

Sehingga pada lantai 4 arah timur mempunyai nilai OTTV 24,4 Watt/m² sedangkan lantai 4 arah barat mempunyai nilai OTTV memiliki nilai OTTV parsial 24,4 Watt/m².

4. Lantai 5 Timur dan barat

Sprandel :

$$OTTV_{T5} = 0,12. [(7,29 \times (1 - 0,21)) \times 5 \\ + (0 \times 0,21 \times 0,81) + (0 \times 0,21 \times 15)]$$

$$OTTV_{B5} = 0,12. [(7,29 \times (1 - 0,21)) \times 5 \\ + (0 \times 0,21 \times 243) + (0 \times 0,21 \times 15)]$$

Tinted glass:

$$OTTV_{T5} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,18)) \times 0 \\ + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)]$$

$$OTTV_{B5} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,18)) \times 0 \\ + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)]$$

Parapat :

$$OTTV_{T5} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,61)) \times 15 \\ + (0 \times 0,61 \times 0,81) + (0 \times 0,61 \times 10)]$$

$$OTTV_{B5} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,61)) \times 15 \\ + (0 \times 0,61 \times 243) + (0 \times 0,61 \times 10)]$$

Sehingga pada lantai 5 arah timur mempunyai nilai OTTV 24,6 Watt/m² sedangkan lantai 5 arah barat mempunyai nilai OTTV memiliki nilai OTTV parsial 24,6 Watt/m².

5. Lantai 6 Timur dan barat

Sprandel :

$$OTTV_{T6} = 0,12. [(7,29 \times (1 - 0,21))] \times 5 \\ + (0 \times 0,21 \times 0,81) + (0 \times 0,21 \times 15)$$

$$OTTV_{B6} = 0,12. [(7,29 \times (1 - 0,21))] \times 5 \\ + (0 \times 0,21 \times 243) + (0 \times 0,21 \times 15)$$

Tinted Glass :

$$OTTV_{T6} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,18))] \times 0 \\ + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)$$

$$OTTV_{B6} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,18))] \times 0 \\ + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)$$

Parapat :

$$OTTV_{T6} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,61))] \times 15 \\ + (0 \times 0,61 \times 0,81) + (0 \times 0,61 \times 10)$$

$$OTTV_{B6} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,61))] \times 15 \\ + (0 \times 0,61 \times 243) + (0 \times 0,61 \times 10)$$

Sehingga pada lantai 6 arah timur mempunyai nilai OTTV 24,4 Watt/m² sedangkan lantai 6 arah barat mempunyai nilai OTTV memiliki nilai OTTV parsial 25,4 Watt/m².

6. Lantai 7 Timur dan barat

Sprandel :

$$OTTV_{T7} = 0,12. [(7,29 \times (1 - 0,21))] \times 5 \\ + (0 \times 0,21 \times 0,81) + (0 \times 0,21 \times 15)$$

$$OTTV_{B7} = 0,12. [(7,29 \times (1 - 0,21))] \times 5 \\ + (0 \times 0,21 \times 243) + (0 \times 0,21 \times 15)$$

Tinted glass :

$$OTTV_{T7} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,18))] \times 0 \\ + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)$$

$$OTTV_{B7} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,18))] \times 0 \\ + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)$$

Parapat :

$$OTTV_{T7} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,61))] \times 15 \\ + (0 \times 0,61 \times 0,81) + (0 \times 0,61 \times 10)$$

$$OTTV_{B7} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,61))] \times 15 \\ + (0 \times 0,61 \times 243) + (0 \times 0,61 \times 10)$$

Sehingga pada lantai 7 arah timur mempunyai nilai OTTV 24,4 Watt/m² sedangkan lantai 7 arah barat mempunyai nilai OTTV memiliki nilai OTTV parsial 24,4 Watt/m².

7. Lantai 8 Timur dan barat

Sprandel :

$$OTTV_{T8} = 0,12. [(7,29 \times (1 - 0,21))] \times 5 \\ + (0 \times 0,21 \times 0,81) + (0 \times 0,21 \times 15)$$

$$OTTV_{B8} = 0,12. [(7,29 \times (1 - 0,21))] \times 5 \\ + (0 \times 0,21 \times 243) + (0 \times 0,21 \times 15)$$

Tinted glass:

$$OTTV_{T8} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,18))] \times 0 \\ + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)$$

$$OTTV_{B8} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,18))] \times 0 \\ + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)$$

Parapet :

$$OTTV_{T8} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,61))] \times 15 \\ + (0 \times 0,61 \times 0,81) + (0 \times 0,61 \times 10)$$

$$OTTV_{B8} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,61))] \times 15 \\ + (0 \times 0,61 \times 243) + (0 \times 0,61 \times 10)$$

Sehingga pada lantai 8 arah timur mempunyai nilai OTTV 24,4 Watt/m² sedangkan lantai 8 arah barat mempunyai nilai OTTV memiliki nilai OTTV parsial 24,4 Watt/m².

8. Lantai 9 Timur dan barat

Sprandel :

$$OTTV_{T9} = 0,12. [(7,29 \times (1 - 0,21))] \times 5 \\ + (0 \times 0,21 \times 0,81) + (0 \times 0,21 \times 15)$$

$$OTTV_{B9} = 0,12. [(7,29 \times (1 - 0,21))] \times 5 \\ + (0 \times 0,21 \times 243) + (0 \times 0,21 \times 15)$$

Tinted glass :

$$OTTV_{T9} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,18))] \times 0 \\ + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)$$

$$OTTV_{B9} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,18))] \times 0 \\ + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)$$

Parapet :

$$OTTV_{T9} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,61))] \times 15 \\ + (0 \times 0,61 \times 0,81) + (0 \times 0,61 \times 10)$$

$$OTTV_{B9} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,61))] \times 15 \\ + (0 \times 0,61 \times 243) + (0 \times 0,61 \times 10)$$

Sehingga pada lantai 9 arah timur mempunyai nilai OTTV 24,4 Watt/m² sedangkan lantai 9 arah barat mempunyai nilai OTTV memiliki nilai OTTV parsial 24,4 Watt/m².

9. Lantai 10 Timur dan barat

Sprandel :

$$OTTV_{T10} = 0,12. [(7,29 \times (1 - 0,21))] \times 5 \\ + (0 \times 0,21 \times 0,81) + (0 \times 0,21 \times 15)$$

$$OTTV_{B10} = 0,12. [(7,29 \times (1 - 0,21))] \times 5 \\ + (0 \times 0,21 \times 243) + (0 \times 0,21 \times 15)$$

Tinted glass :

$$OTTV_{T10} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,18))] \times 0 \\ + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)$$

$$OTTV_{B10} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,18))] \times 0 \\ + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)$$

Parapet :

$$OTTV_{T10} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,61))] \times 15 \\ + (0 \times 0,61 \times 0,81) + (0 \times 0,61 \times 10)$$

$$OTTV_{B10} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,61))] \times 15 \\ + (0 \times 0,61 \times 243) + (0 \times 0,61 \times 10)$$

Sehingga pada lantai 10 arah timur mempunyai nilai OTTV 24,4 Watt/m² sedangkan lantai 10 arah barat mempunyai nilai OTTV memiliki nilai OTTV parsial 24,4 Watt/m².

10. Lantai 11 Timur dan barat

Sprandel:

$$OTTV_{T11} = 0,12. [(7,29 \times (1 - 0,16))] \times 5 \\ + (0 \times 0,21 \times 0,81) + (0 \times 0,21 \times 15)$$

$$OTTV_{B11} = 0,12. [(7,29 \times (1 - 0,16))] \times 5 \\ + (0 \times 0,21 \times 243) + (0 \times 0,21 \times 15)$$

Tinted glass :

$$OTTV_{T11} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,13))] \times 0 \\ + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)$$

$$OTTV_{B11} = 0,12. [(7,69 \times (1 - 0,13))] \times 0 \\ + (0,86 \times 0,18 \times 58) + (5,8 \times 0,18 \times 5)$$

Parapet :

$$OTTV_{T11} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,71))] \times 15 \\ + (0 \times 0,61 \times 0,81) + (0 \times 0,61 \times 10)$$

$$OTTV_{B11} = 0,89. [(1,28 \times (1 - 0,71))] \times 15 \\ + (0 \times 0,61 \times 243) + (0 \times 0,61 \times 10)$$

Sehingga pada lantai 11 arah timur mempunyai nilai OTTV 18,89 Watt/m² sedangkan lantai 11 arah barat mempunyai nilai OTTV memiliki nilai OTTV parsial 18,89 Watt/m².

LAMPIRAN D

Perhitungan nilai resistansi termal bahan untuk komponen penyusun parapet

- *ACP*

$$R_k = \frac{0,03}{0,4} = 0,08$$

- *External Wall Plester*

$$R_k = \frac{0,01}{0,57} = 0,02$$

- *Brick Wall*

$$R_k = \frac{0,1}{0,77} = 0,13$$

- *Internal Wall Plester*

$$R_k = \frac{0,01}{0,57} = 0,02$$

Perhitungan nilai transmitansi termal untuk material *tinted glass*

$$U = \frac{1}{0,53} = 1,88$$

Perhitungan nilai transmitansi termal untuk material parapet

$$U = \frac{1}{0,78} = 1,28$$

“Halaman ini memang dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Maharani Devi Dhieniaty dilahirkan di kota Kediri pada tanggal 1 Desember 1994. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDI Al Huda dan lulus pada tahun 2007. Kemudian penulis lulus pendidikan di SMP Negeri 1 Kediri pada tahun 2010 dan SMAN 2 Kediri pada tahun 2013. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan di ITS Surabaya Departemen Teknik Fisika dengan bidang minat Rekayasa Energi dan Pengkondisian Lingkungan. Pada bulan Juli 2019, penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Analisis Beban Pendingin Selubung Bangunan Research Center ITS Surabaya dengan Perhitungan Overall Thermal Transfer Value (OTTV)”**. Penulis merasa masih memiliki banyak kekurangan dan pengetahuan dalam penyusunan tugas akhir ini, sehingga penulis sangat terbuka untuk menerima kritik dan saran dari pembaca dengan menghubungi melalui email maharanidevi101@gmail.com.