

TESIS

**PENGARUH *SHADING DEVICE* TERHADAP NILAI OTTV DAN
KINERJA ENERGI PENDINGIN PADA BANGUNAN PERKANTORAN
“STUDI KASUS KANTOR PT.INDUSTRI KAPAL INDONESIA (IKI)”.**

**THE EFFECT OF SHADING DEVICES ON OTTV VALUE AND COOLING
ENERGY PERFORMANCE IN OFFICE BUILDINGS
"CASE STUDY OF PT.INDUSTRI KAPAL INDONESIA (IKI) OFFICE"**

ANDI FIRMAN ZAHARY ADHIYAKSA

D042191001



PROGRAM STUDI MAGISTER ARSITEKTUR

DEPARTEMEN ARSITEKTUR

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

TESIS
PENGARUH SHADING DEVICE TERHADAP NILAI OTTV
DAN ENERGI PENDINGIN PADA BANGUNAN
PERKANTORAN "STUDI KASUS GEDUNG PT. INDUSTRI
KAPAL INDONESIA MAKASSAR

ANDI FIRMAN ZAHARY ADHIYAKSA

D0421910001

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Arsitektur Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin
pada tanggal 31 Juli 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusar

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Dr. Eng. Rosady Mulyadi, ST., MT.
NIP. 19700810 199802 1001

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Nurul Jamal B., MT
NIP. 19640904 199412 2001

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin,



Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT
NIP. 19730926 200012 1002

Ketua Program Studi
Magister Teknik Arsitektur,



Dr. Eng. Ir. Hj. Asniawaty, ST., MT
NIP. 19710925 199903 2001

PENGAJUAN TESIS

PENGARUH *SHADING DEVICE* TERHADAP NILAI OTTV DAN KINERJA ENERGI PENDINGIN PADA BANGUNAN PERKANTORAN “STUDI KASUS KANTOR PT.INDUSTRI KAPAL INDONESIA (IKI)”.

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Magister

Program Studi

Teknik Arsitektur

Disusun dan diajukan oleh

ANDI FIRMAN ZAHARI ADHIYAKSA

kepada

PROGRAM STUDI MAGISTER ARSITEKTUR

DEPARTEMEN ARSITEKTUR

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2023

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andi Firman Zahari Adhiyaksa

Nomor Mahasiswa : D042191001

Program Studi : Magister Arsitektur Departemen Arsitektur Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul Pengaruh Shading Device terhadap Nilai OTTV dan energi pendingin pada bangunan perkantoran adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Dr. Eng. Rosady Mulyadi, ST., MT. dan Dr. Ir. Nurul Jamala B, MT). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal (ASTON, Volume 12, Issue 3, October 2023, pp.000-000, dan DOI: <http://dx.doi.org/10.32832/astonjadro.v12i3>. Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 31 Juli 2023

Yang Menyatakan,



Andi Firman Zahary Adhiyaksa

Kata Pengantar

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayatnyalah, serta diberikan kesehatan dan kesempatan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis tugas akhir ini dengan judul **Pengaruh Shading Device Terhadap Nilai OTTV dan Energi pendingin pada bangunan Perkantoran “Studi Kasus Gedung PT.IKI Makassar”**.

Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mengerjakan tugas akhir pada Program Strata-2 di Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Sebagai manusia biasa penulis menyadari bahwa kemampuan, pengetahuan dan pengalaman penulis sangat terbatas sehingga penulisan ini masih terdapat kekurangan dan masih jauh dari sempurna. Untuk itu kritik dan saran senantiasa kami harapkan dan dengan senang hati penulis terima demi penyempurnaan tesis ini.

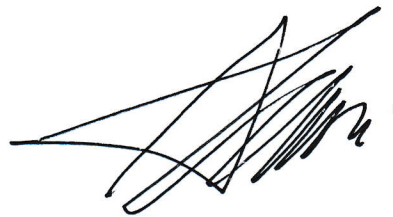
Dalam kesempatan ini pula, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya atas bantuan, motivasi, didikan dan bimbingan yang diberikan kepada penulis selama ini, antara lain kepada yang terhormat:

1. Yang saya muliakan kedua orang tua saya, Ayahanda **Ir. Firdaus** dan ibunda **Andi Muanneng, SE.** yang selalu memberikan doa atas segala pencapaian saya selama ini,
2. Ibu **A. Azizah Fanindia Azis, ST., MT.** selaku pendamping hidup saya yang senantiasa atas segala motivasi, perhatian dan doanya serta semangat yang selalu diberikan dalam menyelesaikan beragam rintangan selama proses penyusunan tesis.
3. Bapak **Dr. Eng. Rosady Mulyadi, ST., MT.** sebagai dosen Pembimbing I yang senantiasa memberikan semangat dan juga saran maupun arahan kepada penulis dalam mengerjakan penulisan tesis ini.
4. Ibu **Dr. Ir. Nurul Jamala B, MT.** sebagai dosen Pembimbing II yang senantiasa memberikan semangat dan juga saran maupun arahan kepada penulis dalam mengerjakan penulisan tesis ini.
5. Bapak **Prof. Baharuddin Hamzah, ST., M.Arch., Ph.D** sebagai dosen Penguji I yang senantiasa memberikan semangat dan juga saran maupun arahan kepada penulis dalam mengerjakan penulisan tesis ini.

6. Ibu **Dr. Eng. Hj. Asniawaty, ST., MT.** sebagai dosen Penguji II yang senantiasa memberikan semangat dan juga saran maupun arahan kepada penulis dalam mengerjakan penulisan tesis ini.
7. Bapak **Dr. Ir. Syarif Beddu, MT.** sebagai dosen Penguji III yang senantiasa memberikan semangat dan juga saran maupun arahan kepada penulis dalam mengerjakan penulisan tesis ini.
8. Bapak **Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, **Bapak Dr. Ir. H. Edward Syarif, ST., MT** selaku ketua Jurusan Teknik Arsitektur Universitas Hasanuddin, dan **Ibu Dr. Eng. Ir. Asniawaty, ST., MT** selaku ketua program studi Magister Teknik Universitas Hasanuddin.
9. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Arsitektur serta seluruh staff dan karyawan Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga dengan adanya tesis ini akan memberikan manfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Makassar, 31 Juli 2023



ANDI FIRMAN Z.A

ABSTRAK

A.Firman Zahari Adhiyaksa. *Pengaruh Shading Device terhadap Nilai OTTV dan Energi Pendingin pada Bangunan Perkantoran. Studi Kasus Gedung Kantor PT. Industri Kapal Indonesia (dibimbing Oleh Rosady Mulyadi, Nurul Jamala)*

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh desain *Shading device* nilai terhadap penurunan nilai OTTV dan pengaruhnya terhadap beban kinerja pendingin bangunan. Penelitian dilakukan dengan mencoba 51 sampel *Shading Device* dengan Model Vertikal, Horizontal, dan *Eggcrate* yang memiliki panjang dan kemiringan yang disediakan SNI yang diuji pada orientasi timur dan barat. Pengujian setiap desain *Shading* diukur berdasarkan penurunan nilai OTTV yang paling baik dan berada dibawah 45Watt/m^2 dan pengaruh *Shading device* yang optimal dalam menurunkan nilai OTTV terhadap kinerja Energi Pendingin. Hasil penelitian menunjukkan Kondisi selubung bangunan sebesar 69.737 Watt/m^2 yang memiliki arti nilai tersebut berada pada batas nilai OTTV yang diizinkan yaitu 45Watt/m^2 . Berdasarkan hasil analisis Perbandingan optimalisasi penurunan antara *Shading device* Horizontal, Vertikal dan *Eggcrate* Menunjukan menggunakan *Shading Eggcrate* dengan panjang 120cm kemiringan 40° mampu menurunkann nilai OTTV sebesar 62% pada orientasi Barat dan 64% pada orientasi timur, Dengan menggunakan *Shading device* tersebut adanya pengaruh penurunan pada kinerja pendingin sebesar 5% yang artinya dapat berkontribusi dalam menurunkan nilai konsumsi energi pendingin. Dengan adanya penelitian ini diusulkan untuk menggunakan *Shading device* yang diharapkan dapat berkontribusi membantu Perusahaan PT.IKI menghemat penggunaan energi pendingin pada bangunan.

Kata kunci: Konservasi energi selubung bangunan, OTTV, Intensitas konsumsi energi, *Shading Device*, Kinerja Energi Pendingin.

ABSTRACT

A.Firman Zahari Adhiyaksa. *Effect of Shading Device on OTTV Value and Cooling Energy in Office Buildings. Case study of PT.Industri Kapal Indonesia's office building* (Mentored by **Rosady Mulyadi, Nurul Jamala**)

This study aims to analyze the effect of Shading device value design on decreasing OTTV value and its effect on building cooling performance load. The study was conducted by trying 51 samples of Shading Devices with Vertical, Horizontal, and Eggcrate Models that have the length and slope provided by SNI which were tested in east and west orientations. Testing of each Shading design is measured based on the best decrease in OTTV value and below 45Watt/m² and the effect of optimal Shading device in reducing OTTV value on Cooling Energy performance. The results showed the condition of the building envelope of 69,737 Watt / m² which means that the value is at the limit of the allowed OTTV value of 45 Watt / m². Based on the results of the analysis Comparison of optimization of decline between Horizontal, Vertical and Eggcrate Shading devices shows that using Shading Eggcrate with a length of 120cm to 40° is able to reduce the OTTV value by 62% in the Western orientation and 64% in the eastern orientation, By using the Shading device there is a decreasing effect on cooling performance by 5% which means it can contribute to reducing the value of cooling energy consumption. With this research, it is proposed to use Shading devices that are expected to contribute to helping PT. IKI saves cooling energy use in buildings.

Key words: Energy conservation in building envelope, OTTV, Energy Consumption Intensity, Shading device, Cooling energy performance.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Kegunaan Penelitian.....	4
1.5 Lingkup dan Batasan Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Pembahasan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Konservasi Energi Pada Selubung	7
2.2 Elemen Pembayangan (<i>Shading Device</i>)	8
2.3 Perpindahan Panas Pada Bangunan	11
2.4 Kinerja Energi Pendingin	14
2.5 Intensitas Konsumsi Energi	15
2.6 <i>Overall Thermal Transfer Value (OTTV)</i>	16
2.7 Studi Lain Terkait Konservasi Energi Selubung	21
2.8 Peneliti terdahulu	22
2.9 Kerangka Berfikir	26
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Lokasi Penelitian	28

3.2 Objek Penelitian	29
3.3 Jenis Penelitian	34
3.4 Jenis Variable Dan Data Penelitian	35
3.5 Definisi Operasional	37
3.6 Instrumen Penelitian.....	37
3.7 Teknik Pengumpulan Data	38
3.8 Teknik Analisis Data	38
3.9 Prosedur Penelitian	38
3.10 Alur Penelitian.....	43
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Analisis <i>Overall Thermal Transfer Value (OTTV)</i>	44
4.1.1 Kondisi Nilai WWR Terhadap Nilai OTTV	46
4.1.2 Kondisi Orientasi Bangunan Terhadap Nilai OTTV	48
4.2 Analisis Desain <i>Shading</i> Terhadap Penurunan Nilai <i>OTTV</i>	49
4.2.1 Analisis <i>Shading Device</i> Vertikal terhadap Penurunan Nilai OTTV Orientasi Barat	51
4.2.2 Analisis <i>Shading Device</i> Vertikal terhadap Penurunan Nilai OTTV Orientasi Barat	62
4.2.3 Nilai OTTV Orientasi Barat dan Timur	72
4.3 Pengaruh Desain <i>Shading</i> Terhadap Kinerja Energi Pendingin	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	79
5.1 Kesimpulan	79
5.2 Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Jenis <i>Shading Device</i>	10
2. Rincian Beban Pendingin Untuk Tipikal bangunan Kantor.....	14
3. Rincian Konsumsi Energi Untuk Berbagai Tipe Bangunan	16
4. Kerangka Fikir	26
5. Lokasi Penelitian	28
6. Rata-rata Suhu Kota Makassar	29
7. Rata-rata Suhu Kota Makassar Tahun 2016 pada Software Ecotect.....	30
8. Denah Lantai 1	31
9. Denah Lantai 2	31
10. Denah Lantai 3	32
11. Proses Penelitian	35
12. Model 0 simulasi OTTV	39
13. Model 0 Kinerja pendingin	42
14. Setting Temperature	42
15. Alur Penelitian	43
16. Grafik Ideal WWR Terhadap nilai OTTV (a) Orientasi Utara dan (b) Selatan	46
17. Grafik Ideal WWR Terhadap nilai OTTV (a) Orientasi Timur dan (b) Barat .	47
18. Grafik Kondisi WWR Terhadap nilai OTTV	47
19. Grafik Kondisi Orientasi bangunan terhadap OTTV	48
20. Analisis Kemiringan Efektif untuk <i>Shading Device</i> Vertikal Orientasi Barat.	49
21. Analisis Kemiringan Efektif untuk <i>Shading Device</i> Vertikal Orientasi Barat.	50
22. Grafik Penurunan Nilai OTTV Dengan <i>Shading Device Vertikal</i> Panjang 60cm Orientasi Barat.....	51
23. Grafik Penurunan Nilai OTTV Dengan <i>Shading Device Vertikal</i> Panjang 90 cm Orientasi Barat.....	52

24. Grafik Grafik Penurunan Nilai OTTV Dengan <i>Shading Device Vertikal</i> Panjang 120cm Orientasi Barat.....	53
25. Grafik Penurunan Nilai OTTV Dengan <i>Shading Device Horizontal Multiple</i> <i>Fin</i> Panjang 60 cm Orientasi Barat	53
26. Grafik Penurunan Nilai OTTV Dengan <i>Shading Device Horizontal Multiple</i> <i>Fin</i> Panjang 90 cm Orientasi Barat	54
27. Grafik Penurunan Nilai OTTV Dengan <i>Shading Device Horizontal Multiple</i> <i>Fin</i> Panjang 120 cm Orientasi Barat	55
28. Grafik Penurunan Nilai OTTV Dengan <i>Shading Device Eggcrate</i> Panjang 60cm Orientasi Barat.....	55
29. Grafik Penurunan Nilai OTTV Dengan <i>Shading Device Eggcrate</i> Panjang 90 cm Orientasi Barat.....	56
30. Grafik Penurunan Nilai OTTV Dengan <i>Shading Device Eggcrate</i> Panjang 120 cm Orientasi Barat.....	57
31. Grafik Variasi Penurunan OTTV <i>Shading</i> Orientasi Barat Dengan (a) <i>Shading</i> <i>Vertikal</i> , (b) <i>Horizontal Multiple fin</i> dan (c) <i>Eggcrate</i>	58
32. Grafik Variasi penurunan Nilai OTTV Orientasi Barat Orientasi Barat Pada Waktu Gerak Semu Matahari 21 Maret	59
33. Grafik Variasi penurunan Nilai OTTV Orientasi Barat Orientasi Barat Pada Waktu Gerak Semu Matahari 21 Juni.	60
34. Grafik Variasi penurunan Nilai OTTV Orientasi Barat Orientasi Barat Pada Waktu Gerak Semu Matahari 23 September.....	60
35. Grafik Variasi penurunan Nilai OTTV Orientasi Barat Orientasi Barat Pada Waktu Gerak Semu Matahari 22 Desember.....	61
36. Grafik Penurunan Nilai OTTV Dengan <i>Shading Device Vertikal</i> Panjang 60 cm Orientasi Timur	62
37. Grafik Penurunan Nilai OTTV Dengan <i>Shading Device Vertikal</i> Panjang 90 cm Orientasi Timur	63
38. Grafik Penurunan Nilai OTTV Dengan <i>Shading Device Vertikal</i> Panjang 120 cm Orientasi Timur	63
39. Grafik Penurunan Nilai OTTV Dengan <i>Shading Device Horizontal Multiple</i> <i>fin</i> Panjang 60cm Orientasi Timur	64

40. Grafik Penurunan Nilai OTTV Dengan <i>Shading Device Horizontal Multiple fin</i> Panjang 90cm Orientasi Timur	65
41. Grafik Penurunan Nilai OTTV Dengan <i>Shading Device Horizontal Multiple fin</i> Panjang 120cm Orientasi Timur	65
42. Grafik Penurunan Nilai OTTV Dengan <i>Shading Device Eggcrate</i> Panjang 60cm Orientasi Timur	66
43. Grafik Penurunan Nilai OTTV Dengan <i>Shading Device Eggcrate</i> Panjang 90cm Orientasi Timur	67
44. Grafik Penurunan Nilai OTTV Dengan <i>Shading Device Eggcrate</i> Panjang 120cm Orientasi Timur	67
45. Grafik Variasi Penurunan OTTV <i>Shading</i> Orientasi Timur Dengan (a) <i>Shading Vertikal</i> , (b) <i>Horizontal Multiple fin</i> dan (c) <i>Eggcrate</i>	69
46. Grafik Variasi penurunan Nilai OTTV Orientasi Timur Pada Waktu Gerak Semu Matahari 21 Maret	70
47. Grafik Variasi penurunan Nilai OTTV Orientasi Timur Pada Waktu Gerak Semu Matahari 21 Juni.....	71
48. Grafik Variasi penurunan Nilai OTTV Orientasi Timur Pada Waktu Gerak Semu Matahari 23 September	71
49. Grafik Variasi penurunan Nilai OTTV Orientasi Timur Pada Waktu Gerak Semu Matahari 22 Desember.....	72
50. Grafik Penurunan Nilai OTTV setelah menggunakan <i>Shading</i>	73
51. Nilai Konsumsi Energi Pendingin Bangunan Perkantoran Berdasarkan standar	74
52. Hasil simulasi Kinerja Pendingin eksisting dan Korelasi antara kinerja pendingin terhadap Suhu.....	75
53. Grafik Nilai Qs dan Qc tidak menggunakan <i>Shading</i> dan korelasinya terhadap Suhu	76
54. Perbandingan Grafik Nilai Qs dan Qc dengan menggunakan <i>Shading</i> dan tidak menggunakan <i>Shading</i> dan korelasinya terhadap suhu.....	77
55. Rekomendasi Pemasangan <i>Shading device Eggcrate</i> Panjang 120 dengan kemiringan 40 pada orientasi (a)Barat dan (b)Timur.....	80

Daftar Tabel

Tabel	Halaman
1. Berbagai Standar IKE untuk Gedung Kantor Pemerintah	15
2. Berbagai Standar IKE untuk Gedung Perkantoran	15
3. Nilai absorbtansi radiasi matahari untuk cat permukaan dinding luar	18
4. Nilai absorbtansi radiasi matahari untuk bahan dinding luar	19
5. Beda temperatur ekuivalen untuk dinding	20
6. Faktor radiasi matahari (SF, W/m ²) untuk berbagai orientasi	20
7. Judul dan hasil tujuan peneliti terdahulu	24
8. Validasi Suhu <i>Weather spark</i> dengan suhu software ecotect	30
9. Properti dinding tidak tembus cahaya	32
10. Properti Dinding tembus cahaya	33
11. Instrumen penelitian	37
12. Model <i>Shading</i> Orientasi Timur	40
13. Model <i>Shading</i> orientasi Barat	41
14. <i>Summary</i> Perhitungan <i>OTTV</i> Berdasarkan SNI Eksisting Gedung PT.IKI	44
15. Hasil simulasi Ecotect <i>Summary</i> Perhitungan <i>OTTV</i> Eksisting Gedung PT.IKI	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut data yang diberikan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, sekitar setengah dari total konsumsi energi di Indonesia digunakan oleh bangunan. Di Indonesia, lebih 70% dari keseluruhan konsumsi energi listrik dipakai untuk bangunan. Dari konsumsi energi listrik tersebut, sekitar setengahnya dipergunakan dalam menciptakan iklim ruangan secara buatan melalui pendinginan, ventilasi, dan pencahayaan. Jadi, energi listrik menyumbang kira-kira 25% dari total biaya operasional bangunan (Gunawan dkk., 2012).

Selubung bangunan merupakan hubungan antara ruang dalam dan ruangan lingkungan luar yang mempengaruhi penangkapan panas dalam ruangan dan pelepasan panas. Data menunjukkan bahwa 20–50% dari energi pendinginan dan pemanasan konsumsi disebabkan oleh Selubung Bangunan, evaluasi energi dan kinerja termal selubung bangunan memainkan peran penting terhadap pengurangan konsumsi energi untuk pemanasan dan pendinginan ruang. Menanggapi peningkatan energi yang terus menerus penggunaan sektor gedung perkantoran, pemerintah memperkenalkan pedoman kontrol desain Selubung untuk gedung perkantoran, nasional standar untuk efisiensi energi bernama “standar desain untuk energi efisiensi untuk bangunan publik (GB50189-2005).

Menurut buku Pedoman Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta Pemerintah Provinsi DKI Jakarta Peraturan Gubernur No. 38/2012, distribusi pemakaian energi terbesar pada gedung dapat dilihat dari komponen pemakaian, dan sistem pendingin menjadi salah satu yang mendominasi. Sebanyak 50-70% dari total energi listrik yang digunakan disebabkan oleh sistem pendingin seperti *AC/Fan*. Sementara itu, pencahayaan berkontribusi sekitar 10-25% dan penggunaan elevator hanya sekitar 2-10%. Dengan demikian, untuk menghemat energi pada bangunan gedung, upaya yang dapat dilakukan yaitu mengoptimalkan sistem tata udara dan tata cahaya. Optimalisasi sistem tata udara melalui pengelolaan beban pendinginan dari bangunan tersebut. Beban pendinginan

tersebut terdiri dari beban internal, yakni panas dari lampu, penghuni, dan peralatan lainnya, serta beban eksternal, yakni panas dari radiasi matahari dan konduksi yang masuk ke dalam bangunan melalui selubung bangunan.

Dalam upaya untuk mengurangi beban eksternal, selubung bangunan dan bidang atap menjadi elemen penting yang harus diperhitungkan dalam penggunaan energi. Fungsinya sebagai selubung eksternal mengharuskan kriteria konservasi energi menjadi pertimbangan utama dalam proses desain bangunan, terutama yang berkaitan dengan perancangan bidang-bidang eksterior untuk mencapai penampilan yang diinginkan. Badan Standarisasi Nasional Indonesia telah menetapkan kriteria desain selubung bangunan, yang diukur dengan Harga Alih Termal Menyeluruh (*Overall Thermal Transfer Value*) atau OTTV, dengan batas maksimum $OTTV \leq 45 \text{ Watt/m}^2$. Hal ini bertujuan untuk mengurangi beban eksternal dan memastikan efisiensi penggunaan energi dalam bangunan.

Selubung bangunan berdampak signifikan terhadap total konsumsi energi karena dapat memengaruhi secara substansial beban pendinginan, yang utamanya dipengaruhi oleh pengendalian perolehan radiasi panas melalui jendela dan pemanfaatan pencahayaan alami. Penelitian simulasi telah mengungkapkan potensi penghematan energi melalui pendekatan desain pasif yang melibatkan beberapa langkah, seperti mengurangi ukuran jendela, menerapkan peneduh eksternal, dan menggunakan kaca dengan koefisien peneduh yang lebih baik (dengan nilai SC rendah). Pemanfaatan peneduh ternyata memiliki angka potensi penghematan energi terbesar, yakni sekitar 10% berdasarkan hasil studi yang dilakukan oleh Pemerintah Provinsi DKI Jakarta pada tahun 2012. Dengan demikian, melalui langkah-langkah desain pasif ini, selubung bangunan dapat berperan penting dalam mengurangi konsumsi energi secara efektif.

Salah satu kantor Badan Usaha Milik Negara (BUMN) PT Industri Kapal Indonesia (IKI) yang berada di kota Makassar. Gedung tersebut memiliki Tiga lantai dan bentuk massa bangunan adalah persegi panjang dengan rasio panjang bangunan terhadap lebar bangunan 1:1.75. Selubung bangunan terdiri dari komposisi cat dengan warna abu-abu pada orientasi timur, Barat dan Utara sedangkan orientasi Barat dinding keramik berukuran 40x40cm dengan warna abu-abu, jendela dengan

2 jenis tipe *catchment* dan *curtainwall*. Sisi lebar bangunan tersebut merupakan fasad dari bangunan yang mempunyai orientasi menghadap ke barat dan timur. Orientasi tersebut lebih intens terkena paparan radiasi matahari langsung, terlebih pada area fasad tersebut didominasi dengan kaca. Hal ini mengindikasikan besarnya beban eksternal yang terjadi pada selubung bangunan tersebut. Berbanding terbalik dengan salah satu prinsip desain yang bertujuan guna meminimalkan perolehan panas melalui selubung bangunan adalah dengan membuat orientasi bangunan agar menghindari dan meminimalisir paparan radiasi sinar matahari dari arah barat. Selain itu, prinsip ini juga mencakup penyediaan peneduh eksternal yang dirancang dengan tepat untuk mengurangi transmisi panas dari sinar matahari. Dengan menerapkan kedua prinsip ini, dampak pemanasan pada selubung bangunan dapat dikurangi, membantu meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi kebutuhan pendinginan bangunan.

Dampak dari paparan radiasi matahari pada orientasi timur dan barat terhadap selubung bangunan adalah kinerja pendingin, berdasarkan dari data yang menginformasikan selubung bangunan menyumbang 20 -50% konsumsi energi pendingin maka dapat diduga ada kemungkinan kinerja energi pendingin tersebut bekerja melawati batas yang diizinkan. Salah satu upaya untuk melakukan penghematan energi selubung dengan potensi penghematan terbesar adalah menggunakan *Shading device* pada suatu penelitian presentasi penurunan *Shading device* pada potensi penghematan itu cukup besar dapat menghemat hingga 10% pada bangunan tersebut merancang selubung bangunan yang mencakup penggunaan peneduh (*Shading*).

Berdasarkan permasalahan yang teridentifikasi, maka diperlukan sebuah penelitian untuk menganalisis nilai perpindahan *Thermal* yang terjadi pada selubung bangunan tersebut apakah sudah memenuhi kriteria yang telah diatur dalam SNI 2011 tentang Nilai *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV), desain *Shading* seperti apa yang mampu menurunkan perolehan nilai *thermal* pada selubung bangunan sehingga dapat memberikan pengaruh penurunan pada kinerja energi pendingin. penggunaan desain *Shading device* yang efisien untuk konservasi energi selubung bangunan dan pengaruhnya terhadap kinerja energi pendingin

melalui *Shading device* Gedung PT.IKI. Oleh karena itu penelitian mengambil topik “Pengaruh *Shading Device* Terhadap Nilai OTTV dan Energi Pendingin pada Bangunan Perkantoran” untuk mendapatkan desain *Shading device* yang optimal dalam menurunkan nilai OTTV dan pengaruhnya terhadap energi pendingin.

1.2 Rumusan Masalah

Berlandaskan latar belakang tersebut, maka penelitian yang akan dilakukan adalah studi tentang Pengaruh *Shading device* Terhadap Nilai OTTV dan Kinerja Pendingin pada bangunan perkantoran. Dalam hal ini, rumusan masalahnya adalah bagaimana mengidentifikasi Desain *Shading device* yang mampu mendukung konservasi energi energi selubung dan kinerja pendingin pada bangunan. Adapun sub permasalahannya adalah:

1. Berapa Nilai OTTV pada Selubung bangunan tersebut?
2. Jenis *Shading device* apa yang efisien untuk menurunkan nilai OTTV pada bangunan tersebut?
3. Bagaimana Pengaruh desain *Shading device* yang optimal menurunkan nilai OTTV terhadap kinerja pendingin bangunan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan ini adalah:

1. Menganalisis nilai OTTV pada Selubung bangunan tersebut
2. Menganalisis pemilihan *Shading* yang efisien dalam menurunkan nilai OTTV.
3. Menganalisis Pengaruh desain *Shading device* yang efisien pada OTTV terhadap kinerja pendingin.

1.4 Kegunaan Penelitian

Sehubungan dengan peningkatan kualitas di lingkungan Perkantoran, peningkatan kenyamanan dalam proses kerja dan membantu menekan penggunaan energi pada bangunan, penelitian ini diharapkan mampu:

1. Menjelaskan kondisi desain selubung bangunan tersebut terhadap nilai OTTV.
2. Menjelaskan jenis *Shading device* yang optimal untuk orientasi tertentu dalam menurunkan Nilai OTTV

3. Menjelaskan Pengaruh *Shading device* terhadap kinerja pendingin.

1.5 Lingkup dan Batasan Penelitian

Ruang lingkup/batasan permasalahan dalam penulisan ini adalah sebagai berikut:

1. Pembahasan pada umumnya dilakukan melalui pendekatan disiplin ilmu arsitektur dan ilmu lain yang berkaitan dengan Konservasi Energi Pada Selubung Bangunan, *Shading device*, dan Kinerja Energi pendingin.
2. Penekanan masalah dititik beratkan pada Konservasi Energi pada selubung bangunan melalui *Shading device* pada bangunan perkantoran.
3. Fokus penurunan *OTTV* dan kinerja pendingin melauai Nilai *SC* Peneduh atau desain *Shading* .
4. Konservasi energi pada selubung bangunan melalui kalkulasi nilai *Overall Thermal Transfer Value (OTTV)* yang mengacu Pedoman Pengguna bangunan gedung hijau Jakarta Pemerintah Provinsi DKI Jakarta Peraturan Gubernur No. 38/2012 yaitu sebesar 45 watt/m² .
5. Desain *Shading* dirancang dengan beberapa jenis *Shading* yaitu Vertikal, horizontal dan *Eggcrate* dengan dimensi 60,90 dan 120cm.
6. Kinerja Pendingin tidak menghitung beban panas yang bersumber dari dalam ruang.
7. Tidak menganaliss landsekap, analisis dibatasi pada selubung dan *shading*.

1.6 Sistematika Pembahasan

Secara garis besar pembahasan pada penelitian ini terbagi dalam beberapa bagian, antara lain :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan membahas tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, sasaran penelitian, ruang lingkup penelitian, kerangka pemikiran dan sistematika pembahasan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi teori-teori yang berkaitan dengan Konservasi energi Selubung Bangunan, *Shading device*, Konsumsi energi Pendingin.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab metode penelitian ini membahas bagaimana metode penelitian yang digunakan seta langkah penelitian yang akan dilaksanakan.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Menguraikan tentang hasil pembahasan yang di peroleh dari penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini, berisi kesimpulan, rekomendasi dari pembahasan penelitian dan usulan studi lanjutan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konservasi Energi Pada Selubung

Berdasarkan definisi dari kamus bahasa Indonesia, konservasi dapat diartikan sebagai tindakan pemeliharaan dan perlindungan suatu hal secara sistematis untuk mencegah kerusakan dan kehancuran melalui proses pengawetan.

Menurut SNI 03-6389-2000, konservasi energi merupakan usaha untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi dalam memenuhi kebutuhan tertentu, dengan tujuan menghindari pemborosan energi. Di sini, konservasi energi berarti melestarikan dan menghemat penggunaan energi listrik yang berasal dari sumber energi yang tidak dapat diperbaharui, seperti energi fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas bumi. Melakukan konservasi energi adalah salah satu langkah yang penting untuk menghemat penggunaan sumber daya fosil yang semakin terbatas (Feri Harianto & Anastasi Gozali, 2013).

Ada dua cara untuk menghemat energi, yaitu dengan cara aktif dan cara pasif. Pendekatan perancangan pasif adalah salah satu cara untuk menghemat energi dengan memanfaatkan energi matahari secara langsung, tanpa mengubahnya menjadi energi listrik. Perancangan pasif lebih bergantung pada kemampuan arsitek dalam merancang bangunan agar dapat "mengantisipasi" tantangan iklim luar tanpa menggunakan sumber energi aktif tambahan. Di wilayah tropis basah seperti Indonesia, perancangan pasif biasanya dilakukan untuk mengatasi masalah pemanasan bangunan akibat radiasi matahari. Pendekatan ini memungkinkan untuk mencegah pemanasan bangunan tanpa mengorbankan kebutuhan akan penerangan alami. Dengan demikian, perancangan pasif berfokus pada cara-cara alami untuk mengurangi penggunaan energi dalam bangunan dan memanfaatkan sumber daya alam secara efisien.

Pada rancangan bangunan, sinar matahari yang terdiri dari cahaya dan panas dimanfaatkan hanya untuk keperluan cahaya, sementara panasnya dihindari. Dalam perancangan aktif, misalnya dengan menggunakan sel surya, energi matahari diubah menjadi energi listrik melalui sel surya, dan energi listrik ini digunakan

untuk memenuhi kebutuhan bangunan. Namun, dalam perancangan aktif, strategi perancangan pasif juga harus diterapkan secara bersamaan. Tanpa penerapan strategi perancangan pasif, penggunaan energi dalam bangunan tetap tinggi karena mencapai tingkat kenyamanan termal dan visual yang diinginkan (Karyono, 2011).

Beban pendingin pada sebuah bangunan terdiri dari dua jenis beban, yaitu beban internal dan beban eksternal. Beban internal adalah beban yang timbul akibat adanya sumber panas di dalam ruangan, seperti penerangan. Sementara itu, beban eksternal terjadi karena radiasi matahari dan konduksi panas dari luar bangunan yang masuk melalui selubung bangunan (Wahyudi dkk., 2018).

Kriteria utama untuk efisiensi energi yaitu memenuhi nilai OTTV berdasarkan standar SNI 03-6389-2011, yakni 35W/m². OTTV merupakan indikator yang mencakup tiga elemen dasar, yakni radiasi matahari melalui kaca, konduksi panas melalui kaca, dan konduksi panas melalui dinding yang tidak bisa ditembus cahaya (Imran, 2019).

Menurut SNI 6389:2020, upaya konservasi energi pada selubung bangunan dapat dievaluasi melalui penggunaan nilai OTTV. OTTV berfungsi sebagai kriteria perancangan yang berlaku untuk selubung bangunan, khususnya untuk dinding dan kaca bagian luar yang dikondisikan. OTTV mencerminkan jumlah perpindahan panas dari radiasi matahari yang diterima oleh selubung bangunan dalam setiap meter persegi luasnya (Wibawa & Hutama, 2019).

2.2 Elemen Pembayang (*Shading Device*)

Upaya utama dalam menerapkan pendinginan secara pasif untuk mencapai kenyamanan termal adalah mengatur masuknya sinar matahari ke dalam bangunan. Pengaturan sinar matahari ini dapat berhasil dengan mempertimbangkan beberapa faktor, seperti *Orientation* dan *aperture geometry*; *Shading devices*; *Property of opaque* dan *transparent surfaces*. (Santamouris dkk, 1996).

Shading Device merupakan komponen krusial dari selubung bangunan yang memiliki peran penting dalam meningkatkan efisiensi energi pada bangunan. Fungsi utamanya adalah melindungi ruangan di dalam bangunan dari paparan langsung sinar matahari yang masuk melalui bukaan, jendela, dan kaca yang luas. Penggunaan perangkat peneduh ini bervariasi sesuai dengan kondisi iklim di

berbagai wilayah. Sebagai contoh, di daerah dengan iklim panas dan lembab, diperlukan konfigurasi perangkat peneduh yang tepat untuk mengurangi dampak radiasi matahari dan penetrasi sinar matahari agar menciptakan kondisi kenyamanan di dalam bangunan. (Nilsen, 2011).

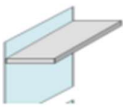

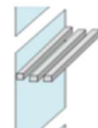



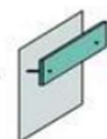







Penggunaan peneduh eksternal lebih efisien dalam meminimalkan perolehan panas dari sinar matahari jika dibanding peneduh internal sebab mampu menghalangi radiasi matahari sebelum mencapai selubung bangunan. Agar mencapai hasil yang optimal, perancangan peneduh eksternal harus dilakukan dengan cermat, tidak hanya untuk mengurangi beban pendinginan, tetapi juga memperhatikan aspek estetika arsitektur dan kinerja pencahayaan alami. Bentuk dan ukuran perangkat peneduh harus disesuaikan dengan jalur pergerakan matahari, sehingga berbeda untuk setiap orientasi yang berbeda. Secara umum, peneduh horisontal lebih sesuai digunakan pada jendela yang berorientasi selatan dan utara, di mana sudut datang sinar matahari relatif tinggi. Sementara itu, sirip vertikal sangat efektif dalam menghalangi radiasi matahari yang sudut datangnya rendah pada jendela yang menghadap timur dan barat (International Finance Corporation, 2011).

Peneduh bangunan sebagai sarana untuk mengurangi konsumsi energi membutuhkan pertimbangan yang cermat. Banyak studi mengeksplorasi penggunaan perangkat peneduh, misalnya antara 10% dan 11,3% penghematan energi dapat diharapkan dari manfaat perangkat peneduh eksternal di iklim panas dan lembab (Wong, 2007) dan (Yu J, 2008).

Sebagian besar perangkat peneduh dirancang untuk tujuan estetika dari pada penghematan energinya potensi. Desainer kebanyakan mengabaikan temuan tentang pentingnya perangkat peneduh saat mereka meninggalkan analisis yang terlambat dalam fase pengembangan desain. Perangkat peneduh membutuhkan pertimbangan yang cermat pada tahap desain awal terutama untuk fasad dengan rasio jendela dan dinding yang tinggi (Cellai, 2014).

Terdapat tiga jenis perangkat peneduh (shading devices) menurut Szokolay (2008), yaitu vertikal devices, horizontal devices, dan egg-crate devices, yang merupakan kombinasi dari vertikal dan horizontal devices. Beberapa peneliti seperti Al-Tamimi (2011) dan Lau, dkk (2016) telah menguji efektivitas dari

perangkat peneduh tersebut dibandingkan dengan bangunan yang tidak menggunakan perangkat peneduh. Berdasarkan penelitian pada bangunan kantor bertingkat tinggi di Malaysia, hasil menunjukkan bahwa bangunan yang dilengkapi dengan perangkat peneduh memiliki kinerja pendinginan energi sekitar 37% lebih baik daripada bangunan yang tidak menggunakan perangkat peneduh, dan perangkat peneduh tipe egg-crate menunjukkan kinerja pendinginan energi yang paling optimal. Menurut Lau dkk. (2016), *Egg-crate* shading dapat menghemat energi pendinginan hingga 3,4%, vertikal shading 2,4%, dan horizontal shading 1,4%.

	3D-View		Best Orientation
<i>Overhang</i>			south, west, east
<i>Overhang Horizontal Louvers</i>			south, west, east
<i>Overhang Multiple Blades</i>			south, west, east
<i>Overhang Vertical panel</i>			south, west, east
<i>Vertical Fin</i>			west, east, north
<i>Slanted Vertical Fin</i>			west and east
<i>Eggcrate</i>			west and east

Gambar 1. Jenis *Shading device*
Sumber: Olygay, 1963 dalam Faisal, 2016.

Dalam pengaturan sinar matahari, terdapat dua jenis sudut bayangan matahari yang perlu diperhatikan. Pertama, sudut bayangan vertikal (SBV) atau Vertical shadow angle (VSA), yang mengukur besar sudut cahaya matahari yang jatuh pada permukaan tanah datar. Kedua, sudut bayangan horizontal (SBH) atau Horizontal shadow angle (HSA), yang mengukur besar sudut cahaya matahari yang jatuh pada permukaan dinding.

2.3 Perpindahan Panas Pada Bangunan

Kondisi termal dalam bangunan dipengaruhi oleh kinerja termal dari bangunan itu sendiri dan kondisi lingkungan luar. Perpindahan panas yang terjadi antara kedua faktor tersebut merupakan upaya untuk mencapai keseimbangan termal yang diinginkan dalam bangunan (*heat balance*).

2.3.1 Panas

Meskipun sering disamakan, antara istilah "heat" (panas) dan "temperature" (temperatur), namun keduanya memiliki makna yang berbeda. "Heat" merujuk pada energi yang dimiliki oleh molekul-molekul dalam suatu zat, yang menyebabkan gerakan getaran. Sementara itu, "temperature" adalah ukuran rata-rata dari energi gerakan getaran setiap molekul dalam suatu zat (Moore, 1993).

Lechner (2007) menyebutkan bahwa ada tiga bentuk panas, yakni:

1. Panas yang dapat dirasakan atau terukur (*sensible heat*) dapat diukur menggunakan termometer. Energi yang terkandung dalam pergerakan acak beberapa molekul disebut sebagai *sensible heat*. Sebuah benda yang memiliki pergerakan molekul yang lebih aktif dapat dianggap panas dan memiliki lebih banyak udara yang hangat.
2. Panas terpendam (*latent heat*) merupakan energi yang terlibat dalam perubahan wujud atau fase sebuah materi. *Latent heat* tidak dapat diukur menggunakan alat pengukur. Sebagai contoh, saat es mencair menjadi air atau air menguap menjadi uap, energi panas yang sebelumnya dapat diukur sebagai *sensible heat* berubah menjadi panas terpendam (*latent heat*). Panas terpendam memiliki bentuk yang padat dan tidak menyulitkan dalam hal penyimpanan dan pemindahan panas.
3. Panas terpancar (*radiant heat*) merupakan bentuk radiasi elektromagnetik, termasuk dalam bagian spektrum elektromagnetik yang disebut inframerah. Ini

adalah bentuk ketiga dari panas. Semua bahan yang berada di hadapan udara atau ruang hampa akan memancarkan dan menyerap energi radiant secara terus-menerus. Bahan yang memiliki suhu tinggi akan melepaskan panas melalui radiasi karena itu memancarkan energi lebih banyak daripada yang diserapnya.

2.3.2 Sumber Panas

Devi (2002) menyebutkan panas dalam bangunan didapatkan dari beberapa sumber, yakni:

1. Sumber internal

Manusia yang menempati ruangan, pencahayaan, dan peralatan merupakan sumber internal yang paling berpengaruh dalam menghasilkan panas di dalam ruangan.

a. Penghuni Ruangan.

Panas tubuh manusia dihasilkan dari proses metabolisme. Panas ini berfungsi untuk menjaga suhu tubuh, dan ketika tubuh melakukan aktivitas, panas tersebut akan dilepaskan ke lingkungan sekitar.

b. Penerangan Ruangan.

Penerangan dalam ruangan menghasilkan panas sebagai efek samping yang tidak dapat dihindari dari fungsinya sebagai pencahayaan. Jumlah panas yang dihasilkan oleh lampu tergantung pada tingkat pencahayaan yang diberikan dan efisiensi sumber cahaya yang digunakan.

c. Peralatan

Peralatan listrik menghasilkan panas sebagai hasil sampingan saat dioperasikan. Jumlah panas yang dihasilkan bergantung pada frekuensi penggunaan peralatan tersebut.

2. Sumber Eksternal

Energi panas masuk ke dalam bangunan melalui elemen-elemen bangunan. Radiasi matahari yang memasuki bangunan melalui elemen fasad seperti atap dan dinding menyebabkan peningkatan suhu di dalam ruangan.

2.3.3 Prinsip aliran panas

Panas secara alami mengalir dari suhu yang lebih tinggi ke suhu yang lebih rendah, tetapi tidak selalu berarti dari jumlah panas yang lebih banyak ke yang lebih sedikit (Lechner, 2001). Ada tiga jenis transfer panas, yaitu:

1. Konduksi

Konduksi merupakan mekanisme perpindahan energi antara dua objek yang berada dalam kontak fisik. Proses konduksi ini dominan terjadi pada elemen-elemen bangunan seperti dinding, atap, dan jendela, di mana radiasi matahari dapat memanaskan salah satu sisi dari bahan tersebut. Oleh karena itu, dianjurkan untuk menggunakan bahan yang memiliki sifat isolasi yang lebih baik guna mengurangi kebutuhan pendinginan. Secara umum, semakin tebal dan padat bahan tersebut, semakin baik sifat isolasinya.

2. Konveksi

Konveksi merupakan peristiwa perpindahan energi antara objek dan lingkungannya yang terjadi akibat gerakan zat cair atau gas. Dalam hal selubung bangunan, perpindahan panas biasanya tidak melibatkan proses konveksi, namun kemungkinan terjadinya konveksi bisa muncul apabila terdapat kebocoran udara yang tidak terkendali dalam selubung bangunan, sehingga memungkinkan udara dari luar ruangan masuk ke dalam bangunan.

3. Radiasi

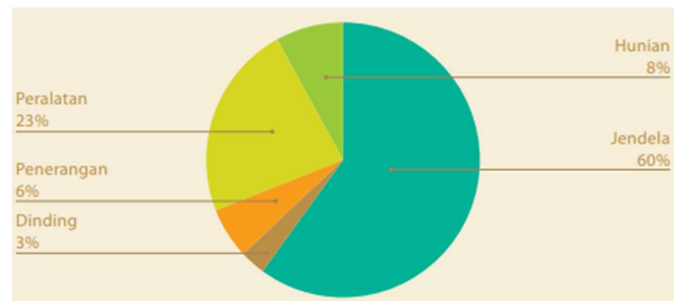
Radiasi merupakan mekanisme perpindahan energi yang terjadi antara suatu objek dengan lingkungannya melalui emisi atau penyerapan radiasi elektromagnetik. Ketebalan tunggal kaca biasa hanya menyerap sekitar 6% dari panas matahari, sementara sisanya dipantulkan atau dilewatkan. Jumlah panas yang dipantulkan atau dilewatkan ini sangat dipengaruhi oleh sudut kajiannya, yaitu sudut antara jendela dan sinar matahari. Pada sudut kejadian yang rendah, sekitar 86% dari panas matahari dapat dilewatkan melalui kaca. Namun, semakin tinggi sudutnya, semakin berkurang panas yang bisa dilewatkan. Sebagai contoh, saat sudut kejadian mencapai 80 derajat, hanya sekitar 42% dari panas matahari yang dapat dilewatkan melalui kaca.

2.4 Kinerja Energi Pendinginan.

Energi pendinginan adalah energi yang digunakan oleh sistem tata udara dalam bangunan untuk mencapai kenyamanan termal bagi pengguna. Besarnya energi pendinginan tergantung pada beban pendinginan yang ada di bangunan. Beban pendinginan merupakan jumlah panas yang harus dibuang oleh AC dari dalam ke luar ruangan agar temperatur udara di dalam ruangan tetap pada batas kenyamanan termal. Menurut Satwiko (2004), faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya beban pendinginan dapat ditemukan dalam persamaan (1). Salah satu cara untuk mengurangi beban pendinginan adalah dengan menggunakan peralatan elektronik sehemat mungkin dan mengurangi perambatan panas ke dalam bangunan, termasuk panas yang disebabkan oleh konduksi, radiasi, dan konveksi.

$$Q_m = Q_i + Q_s + Q_c + Q_v \quad (1)$$

Beban pendinginan udara dalam bangunan dibagi menjadi dua, yaitu beban eksternal akibat perolehan panas dari luar bangunan (seperti melalui dinding, jendela, dan sejenisnya) dan beban internal (misalnya dari penerangan, peralatan, dan keberadaan orang). Pada bangunan yang memiliki banyak bidang kaca, perolehan panas dari jendela dan dinding kaca menjadi faktor utama dari beban pendinginan. Sebagai contoh, pada Gambar 2 terlihat bahwa perolehan panas eksternal dari jendela dan dinding pada bangunan kantor tipikal di Jakarta mencapai sekitar 63%, sementara perolehan panas internal dari peralatan, penerangan, dan kehadiran orang sekitar 37%. Hal ini menunjukkan ada peluang besar untuk menghemat energi dengan merancang selubung bangunan yang tepat dan cermat untuk mengurangi beban pendinginan udara.



Gambar 2.Rincian Beban Pendingin untuk Tipikal Bangunan Kantor
Sumber : (Pemprov DKI Jakarta,2012)

2.5 Intensitas Konsumsi energi

Indikator utama dalam mengukur efisiensi energi di sebuah gedung biasanya menggunakan Intensitas Konsumsi Energi (IKE). IKE merupakan perbandingan antara konsumsi energi listrik dalam jangka waktu tertentu dengan luas bangunan gedung setiap bulan. Angka IKE (kWh/m²/bln) dihitung dengan membagi jumlah kWh penggunaan listrik selama sebulan dengan luas bangunan yang digunakan. Perhitungan IKE yang direkomendasikan mengacu pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No. 13 Tahun 2012

Tabel 1. Berbagai Standar IKE untuk Gedung Kantor Pemerintah

Kriteria	Gedung Kantor Ber AC	Gedung Kantor Tanpa AC
	(kWh/m ² /bln)	(kWh/m ² /bln)
Sangat efisien	< 8.5	< 3.4
Efisien	8.5 – 14	3.4 – 5.6
Cukup Efisien	14-18,5	5,6-7,4
Boros	>18,5	>7,4

Sumber : Permen ESDM No.13,2012

Standar Intensitas Konsumsi Energi (IKE) yang digunakan sebagai acuan untuk tingkat penggunaan energi dalam gedung dapat bervariasi, tergantung pada pendekatan analisis dan sampel gedung yang diambil dalam proses pembuatan standar tersebut. Nilai IKE juga bersifat dinamis dan dapat berubah dari waktu ke waktu berdasarkan hasil penelitian terbaru, mengikuti perkembangan teknologi peralatan hemat energi, dan juga dipengaruhi oleh tingkat kesadaran pegawai terkait penggunaan energi yang hemat.

Berikut adalah contoh rata-rata Intensitas Konsumsi Energi untuk Gedung Kantor yang diperoleh dari berbagai sumber:

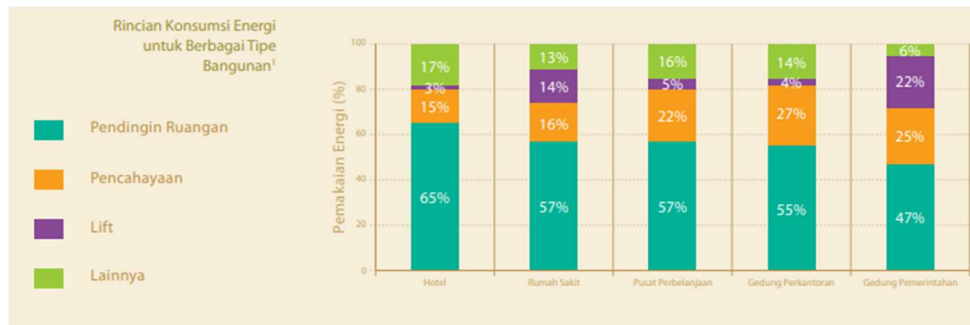
Tabel 2. Berbagai Standar IKE untuk Gedung Perkantoran

Kriteria	Gedung Kantor Ber AC (kWh/m ² /bln)	Tahun Pengeluaran standar
ASEAN-USAID	240	1987

Kriteria	Gedung Kantor Ber AC (kWh/m ² /bln)	Tahun Pengeluaran standar
ESDM & JICA Electric Power Development Co., LTD	198,2	2008
GBCI (Konsul Bangunan Hijau Indonesia)	250	2010

Sumber: Berchman, dkk (2014)

Sebagian besar energi yang digunakan oleh bangunan di Indonesia berasal dari sistem HVAC, tidak tergantung pada tipe bangunannya. Seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4, HVAC berkontribusi sekitar 47% hingga 65% dari total konsumsi energi bangunan. Sedangkan gabungan antara pencahayaan buatan dan beban steker berkontribusi sebesar 15% hingga 25% dari total konsumsi energi. Oleh karena itu, dengan mengurangi konsumsi energi untuk HVAC dan pencahayaan buatan melalui desain pasif dan aktif, dapat mengurangi konsumsi energi secara keseluruhan pada bangunan secara signifikan.



Gambar 3.Rincian Konsumsi Energi untuk berbagai tipe bangunan
Sumber : (Pemprov DKI Jakarta,2012)

2.6 Overall Thermal Transfer Value (OTTV)

OTTV adalah nilai yang digunakan sebagai kriteria perancangan untuk selubung bangunan yang dikondisikan. Selubung bangunan yang dimaksudkan meliputi elemen bangunan seperti dinding luar dan atap yang dapat menyerap atau memantulkan energi termal. Sebagian besar panas dari sinar matahari berpindah melalui elemen-elemen tersebut. Untuk membatasi perolehan panas akibat radiasi

matahari melalui selubung bangunan, ditetapkan nilai perpindahan termal menyeluruh yang tidak boleh melebihi 45 watt per meter persegi (45 watt/m²).

Hasil perhitungan OTTV dapat memberikan informasi tentang kinerja selubung bangunan. Semakin rendah nilai OTTV yang diperoleh, maka semakin sedikit panas yang masuk ke dalam bangunan, sehingga konsumsi energi bangunan menjadi lebih rendah (Kurniawan, 2020). Dalam perhitungan OTTV, kriteria konservasi bangunan, seperti kondisi termal di luar bangunan, juga dapat mempengaruhi panas internal (Seyowati & Trilisty, 2013). Modifikasi seperti mengubah *Window to Wall Ratio* (WWR), jenis, tebal, dan warna dinding luar, menggunakan alat peneduh, memperbaiki konduksi kaca, serta meningkatkan insulasi atap dan dinding, merupakan beberapa cara yang dapat digunakan untuk mencapai kualifikasi bangunan hemat energi (Loekita). Modifikasi-modifikasi tersebut bertujuan untuk memenuhi standar kriteria SNI 03-6389-2011. Selain itu, penggunaan rating tools yang diterbitkan oleh *Green Building Council Indonesia* (GBCI) juga merupakan upaya untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan dengan melakukan penilaian penerapan konsep bangunan hijau (Gunawan & Suriansyah, 2018).

Rumus perhitungan OTTV dapat dilihat dibawah.

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

Di mana:

OTTV : Harga perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (W/m²)

α : Absorbansi radiasi matahari

U_w : Transmittansi termal dinding tak tembus cahaya (W/m².K)

WWR : Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan

TD_{EK} : Beda temperatur ekuivalen (K)

SF : Faktor Radiasi Matahari (W/m²)

SC : Koefisien peneduh dari sistem fenestrasi

U_f : Transmittansi termal fenestrasi (W/m².K)

ΔT : Beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai OTTV adalah variabel-variabel yang memiliki peran penting dan secara langsung berkontribusi dalam penghitungan OTTV. Setiap variabel tersebut akan dijelaskan secara detail sebagai berikut.

1. Absorbansi radiasi matahari

Pada tabel berikut, terdapat nilai penyerapan energi termal akibat radiasi matahari pada suatu bahan, yang juga ditentukan oleh warna dari bahan tersebut. Nilai absorbansi radiasi matahari (α) untuk beberapa jenis permukaan dinding yang tidak tembus cahaya dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 3. Nilai absorbansi radiasi matahari untuk cat permukaan dinding luar

Cat Permukaan dinding luar	A
Hitam Merata	0.95
Pernis hitam	0.92
Abu-abu tua	0.91
Pernis biru tua	0.91
Cat minyak hitam	0.9
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	0.3
Putih kilap	0.25
Perak	0.25
Pernis putih	0.21

Sumber: SNI 03-6389-2011

Tabel 4. Nilai absorbtansi radiasi matahari untuk bahan dinding luar

Bahan dinding luar	A
Beton berat	0.91
Bata merah	0.89
Beton ringan	0.86
Kayu permukaan halus	0.78
Beton bekas	0.61
Ubin putih	0.58
Bata kuning tua	0.56
Atap putih	0.5
Seng putih	0.26
Bata gelazur putih	0.25
Lembaran aluminum yang dikilapkan	0.12

Sumber: SNI 03-6389-2011

2. Beda Temperatur Ekuivalen

Beda temperatur ekuivalen adalah selisih antara temperatur di dalam ruangan dan temperatur dinding luar atau atap, yang disebabkan oleh efek radiasi matahari dan temperatur udara luar dalam keadaan yang diasumsikan sebagai quasi-statis, sehingga menghasilkan aliran panas melalui dinding atau atap yang ekuivalen dengan aliran panas sebenarnya.

Beda temperatur ekuivalen (TDEK) dipengaruhi oleh :

1. Tipe, massa dan densitas konstruksi.
2. Intensitas radiasi dan lamanya penyinaran.
3. Lokasi dan orientasi bangunan.

3. Kondisi perancangan.

Dalam rangka mempermudah perhitungan OTTV, nilai Beda Temperatur Ekuivalen (TDEK) untuk berbagai jenis konstruksi disajikan dalam tabel di bawah ini:

Tabel 5. Beda temperatur ekuivalen untuk dinding

Berat/satuan luas (kg/m ²)	TDEK
Kurang dari 125	15
126-195	12
Lebih dari 195	10

Sumber: SNI 03-6389-2011

4. Faktor Radiasi Matahari

Faktor Radiasi Matahari (*Solar Factor/SF*) adalah tingkat rata-rata radiasi matahari yang mencapai permukaan dalam satu jam pada interval waktu tertentu. Faktor Radiasi Matahari dihitung dari jam 07.00 hingga jam 18.00. Untuk berbagai orientasi bidang vertikal, nilai Faktor Radiasi Matahari dapat ditemukan dalam tabel berikut:

Tabel 6. Faktor radiasi matahari Makassar (SF, W/m²) untuk berbagai orientasi

Orientasi	Utara	Timur Laut	Timur	Tenggara	Selatan	Barat Daya	Barat	Barat Laut
	158	181	197	160	130	181	228	201

Sumber: (Suryabrata, 2020)

5. Fenestrasi

Fenestrasi pada selubung bangunan adalah elemen yang memungkinkan hubungan fisik dan/atau visual dengan lingkungan luar gedung, serta berfungsi sebagai jalur masuk radiasi matahari. Fenestrasi dapat berupa komponen yang tetap atau dapat dibuka. Koefisien peneduh (*Shading Coefficient/SC*)

Koefisien peneduh (*Shading Coefficient/SC*) adalah angka perbandingan antara perolehan kalor melalui fenestrasi dengan atau tanpa peneduh, terhadap perolehan kalor melalui kaca biasa/bening setebal 3 mm tanpa peneduh yang sama ditempatkan pada fenestrasi tersebut. Koefisien peneduh ini diperoleh dengan mengalikan nilai SC kaca dengan SC efektif dari kelengkapan peneduh luar pada sistem fenestrasi. Dengan demikian, persamaannya menjadi:

$$SC = SCk \times SCEf \quad (2.3)$$

Di mana:

SC = koefisien peneduh sistem fenestrasi.

SCk = koefisien peneduh kaca.

SCEf = koefisien peneduh efektif alat peneduh.

Nilai koefisien peneduh kaca (SCk) didasarkan pada informasi yang diberikan oleh pabrik pembuat kaca, diukur dengan sudut datang sebesar 45 derajat terhadap garis normal. Berdasarkan data dari pabrik, nilai SCk = 0,5. Penggunaan tirai atau korden di dalam bangunan gedung, terutama untuk perhitungan OTTV, tidak termasuk dalam perhitungan yang diperhitungkan.

6. Luas permukaan selubung bangunan

Luas permukaan selubung bangunan, terutama dalam konteks *Wall to Window Ratio* (WWR), memainkan peran penting dalam perhitungan OTTV karena berhubungan dengan seberapa besar luas paparan radiasi panas yang diterima oleh bangunan. Informasi ini merujuk pada standar SNI 03-6389-2011.

2.7 Studi Lain terkait Konservasi Energi Selubung.

2.7.1 *OTTV based shading devices optimization for multi-storey building in tropical Jakarta*

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan mensimulasikan OTTV pada Gedung amplop menggunakan Kalkulator OTTV dari Gedung Hijau Jakarta. Simulasi menghasilkan desain perangkat shading yang ideal dan efektif dalam menurunkan nilai OTTV pada bangunan.

Berdasarkan hasil simulasi, dengan memperhatikan view dari dalam gedung di bagian Utara fasad direkomendasikan menggunakan elemen peneduh horizontal dengan panjang 0,5 m dari bangunan envelope dan kemiringan 0 derajat dengan kode spesifikasi SH1 menghasilkan nilai OTTV sebesar 44,92 W/m². Pada fasad Timur dan Selatan tidak diperlukan elemen peneduh, dengan asumsi *WWR* 56%. karena hasil simulasi Fasad Timur memiliki OTTV sebesar 44,51 W/m² Fasad Selatan memiliki OTTV sebesar 40,58 W/m². Pada fasad Barat dengan jenis sistem konstruksi kaca kaca 8 mm dengan nilai SHGC 0,35 dan Nilai U 4,1 W/m²K di rekomendasikan menggunakan horizontal elemen peneduh dengan panjang 1,5 m

dari selubung bangunan dan kemiringan 40 derajat dengan SH15 kode spesifikasi untuk menghasilkan nilai OTTV sebesar 45,45 W/m². Berdasarkan hal tersebut, total nilai OTTV dari selubung bangunan adalah 43,74 W/m² sesuai dengan OTTV ideal di Jakarta yaitu 45 W/m² (Irvandi dkk., 2021)

2.7.2 Analisis Konservasi Energi melalui Selubung Bangunan

Penelitian ini menggunakan perhitungan OTTV sesuai standar SNI 03-6389-2000. Tujuannya adalah untuk menentukan WWR yang dapat digunakan dalam perencanaan bangunan agar memenuhi nilai OTTV yang telah ditentukan. Semakin besar WWR pada suatu gedung, maka semakin besar pula nilai OTTV dan Beban Pendinginan Eksternal maksimumnya. Faktor ini disebabkan oleh peningkatan ukuran jendela, yang menyebabkan peningkatan radiasi matahari dan konduksi panas melalui jendela yang masuk ke dalam bangunan. Selain itu, kualitas bahan dan warna selubung bangunan (α dan SC) juga berpengaruh signifikan terhadap nilai OTTV yang dihasilkan (Loekita, 2006).

2.7.3 *Retrofitting of a High-Rise Residential Building for Energy Efficiency with OTTV as an Assessment Tool*

Bangunan menyumbang hampir 50% dari total konsumsi energi. Penggunaan AC adalah salah satu pengaruh utama terhadap konsumsi energi yang tinggi di bangunan. Untuk mengatasi konsumsi energi yang tinggi ini, bangunan dituntut lebih banyak hemat energi. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki retrofitting perumahan yang ada gedung untuk efisiensi energi dengan menggunakan *Overall Thermal Transfer Value (OTTV)* sebagai alat penilaian. Berbagai tindakan perkuatan dilibatkan, termasuk memvariasikan warna dinding buram dengan daya serap matahari yang berbeda, nilai-U dan naungan koefisien sistem *Glazing*, dan jenis dan proyeksi naungan eksternal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa menerapkan langkah-langkah perkuatan secara individual (yaitu, menggunakan cahaya warna dengan daya serap matahari rendah, menggantikan sistem kaca untuk memiliki naungan yang lebih rendah koefisien dan U-nilai, dan pemasangan sistem naungan eksternal dengan rendah koefisien shading) dapat menurunkan OTTV sebesar 26% menjadi 33,4%. Namun, menggabungkan langkah-langkah ini berhasil menurunkan OTTV hingga

75,6% (yaitu, OTTV menurun dari 82,87 W/m² menjadi 20,19 W/m²). Ini dapat meningkatkan energi bangunan efisiensi karena berkontribusi terhadap beban pendinginan yang lebih sedikit untuk bangunan ber-AC, sementara itu memberikan lingkungan dalam ruangan yang lebih baik di gedung-gedung non-AC (Arab dkk., 2023)

2.7.4 Analisa Konservasi Energi Selubung Bangunan Berdasarkan SNI 03-6389-2011 Studi Kasus: Gedung P1 Dan P2 Universitas Kristen Petra Surabaya.

Perhitungan OTTV merupakan salah satu kriteria penilaian dalam sertifikasi GreenShip, di mana nilai perpindahan panas menyeluruh melalui selubung bangunan diupayakan untuk diminimalkan guna mengurangi beban pendinginan (cooling load). Standar yang mengatur nilai OTTV ini telah ditetapkan oleh SNI 03-6389-2011 dengan batas maksimum sebesar 35 W/m². Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi apakah nilai OTTV pada gedung P1 dan P2 di Universitas Kristen Petra Surabaya telah memenuhi standar tersebut. Jika belum, akan dilakukan upaya untuk meminimalkan nilai OTTV dengan mempertimbangkan pemilihan jenis material fasade yang tepat.

Kedua nilai OTTV pada gedung P1 dan P2 berada di bawah 35 W/m², yang menunjukkan bahwa desain kedua bangunan sudah memenuhi persyaratan OTTV sesuai dengan standar SNI 03-6389-2011. Dikarenakan nilai OTTV pada gedung P1 dan P2 telah memenuhi persyaratan standar tersebut, tidak ada optimasi yang perlu dilakukan terhadap WWR (*Wall to Window Ratio*) maupun perancangan material selubung bangunan untuk mengurangi nilai OTTV. Jika diinginkan nilai OTTV yang lebih rendah, maka dapat dipertimbangkan untuk meninjau aspek WWR, warna, dan material selubung bangunan. Diharapkan dalam penelitian selanjutnya, SNI 03-6389-2011 sudah mencakup data solar untuk masing-masing wilayah pembagian waktu di Indonesia, yaitu bagian barat, tengah, dan timur, sehingga perhitungan OTTV untuk bangunan di Indonesia bisa lebih akurat.

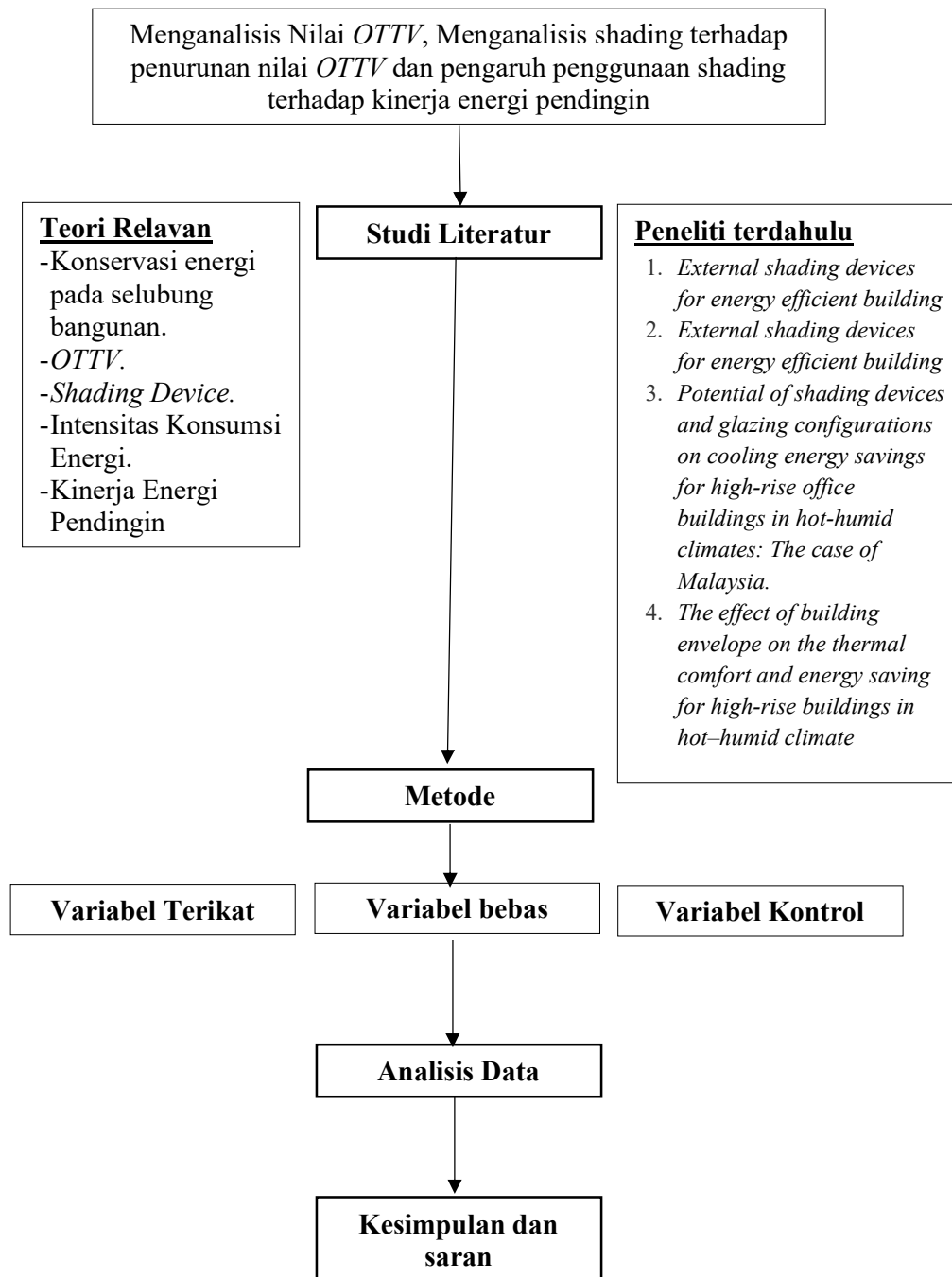
2.8 Peneliti terdahulu

Tabel 7. Judul dan hasil tujuan peneliti terdahulu

NO	Judul Penelitian	Tujuan dan hasil	Perbedaan	Persamaan
1.	<i>External shading devices for energy efficient building</i>	tujuannya yaitu untuk menganalisis efek dari berbagai konfigurasi perangkat naungan eksternal terhadap konsumsi energi bangunan.	Variabel Penelitian tidak menghubungkan nilai <i>OTTV</i> , hanya melihat pengaruh shading terhadap kinerja pendingin.	Menganalisis efek shading device terhadap kinerja pendingin
2.	Analisis Pengaruh <i>OTTV</i> terhadap Intensitas Konsumsi energi pada berbagai tipe bangunan.	Tujuan penelitian ini Menghitung dan menganalisis hubungan antara <i>OTTV</i> dan IKE untuk berbagai tipe bangunan. Penelitian menunjukkan bahwa <i>OTTV</i> dan IKE memiliki hubungan yang linear naik. Parameter parameter yang paling memengaruhi adalah <i>WWR</i> , jenis kaca, COP AC, dan iklim.	Penelitian ini mencari hubungan antara Nilai <i>OTTV</i> dengan Nilai IKE hubungan seperti apa yang dimiliki oleh <i>OTTV</i> dan IKE. Lalu, parameter apa saja yang mempengaruhi nilai <i>OTTV</i> terhadap IKE. Serta, bagaimana hubungan <i>OTTV</i> dan perbedaan beban internal pada seluruh bangunan.	Mencari hubungan pengaruh nilai <i>OTTV</i> dengan kinerja pendingin
3.	<i>Potential of shading devices and glazing configurations on cooling energy savings for high-rise office buildings in hot-humid climates: The case of Malaysia.</i>	Studi ini merekomendasikan untuk memprioritaskan perangkat shading pada fasad Timur dan Barat untuk mengoptimalkan penghematan energi pendinginan tahunan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa egg-crate shading mampu menghasilkan pendinginan tahunan tertinggi	Melihat pengaruh selubung bangunan yang terdiri dari beberapa komponen kinerja pendingin.	Melihat Pengaruh shading device terhadap kinerja pendingin

NO	Judul Penelitian	Tujuan dan hasil	Perbedaan	Persamaan
		<p>penghematan energi dibandingkan dengan naungan vertikal dan naungan horizontal. Disarankan untuk menggunakan perangkat peneduh pada kinerja rendah kaca dibandingkan dengan kaca kinerja tinggi karena penghematan energi lebih signifikan ketika perangkat peneduh digunakan pada kaca kinerja rendah.</p>		
4	<p><i>The effect of building envelope on the thermal comfort and energy saving for high-rise buildings in hot-humid climate</i></p>	<p>Makalah ini adalah tentang penelitian pengaruh selubung bangunan terhadap konsumsi energi dan termal kinerja bangunan bertingkat tinggi di iklim Tropis Malaysia. Studi telah menunjukkan bahwa ada hubungan yang kuat antara berbagai komponen bangunan seperti perangkat peneduh, eksternal dinding, atap eksternal dan kaca eksternal dan isolasi dan pengurangan konsumsi energi serta pendinginan di gedung-gedung.</p>	<p>Membandingkan melihat pengaruh Building physical form and orientation, External wall, External Roof, External Glazing, dan External Shading terhadap kinerja pendingin.</p>	<p>Melihat Pengaruh shading device terhadap kinerja pendingin</p>

2.9 Kerangka Berfikir



Gambar 4. Kerangka Fikir