

SKRIPSI 44

**UPAYA PENGHEMATAN ENERGI
PENDINGIN DENGAN STRATEGI
PENDINGINAN PASIF UNTUK
MENINGKATKAN PENILAIAN GREENSHIP**

**OBJEK STUDI : PERPUSTAKAAN PUSAT
UNIVERSITAS GADJAH MADA**



**NAMA : ANNASTASYA CLAUDIA
NPM : 2013420063**

PEMBIMBING: RYANI GUNAWAN, ST., MT

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI ARSITEKTUR
Akreditasi Institusi Berdasarkan BAN Perguruan Tinggi No: 4339/SK/BAN-PT/
Akred/PT/XI/2017 dan Akreditasi Program Studi Berdasarkan BAN Perguruan
Tinggi No: 429/SK/BAN-PT/Akred/S/XI/2014**

**BANDUNG
2018**



SKRIPSI 44

**UPAYA PENGHEMATAN ENERGI PENDINGIN
DENGAN STRATEGI DESAIN PASIF UNTUK
MENINGKATKAN PENILAIAN GREENSHIP**

**OBJEK STUDI : PERPUSTAKAAN PUSAT UNIVERSITAS
GADJAH MADA**



**NAMA : ANNASTASYA CLAUDIA
NPM : 2013420063**

PEMBIMBING:

RYANI GUNAWAN, ST., MT

PENGUJI :

**DR. IR. YASMIN SURIANSYAH, MSP
IR. MIMIE PURNAMA, MT**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI ARSITEKTUR
Akreditasi Institusi Berdasarkan BAN Perguruan Tinggi No: 4339/SK/BAN-PT/
Akred/PT/XI/2017 dan Akreditasi Program Studi Berdasarkan BAN Perguruan
Tinggi No: 429/SK/BAN-PT/Akred/S/XI/2014**

**BANDUNG
2018**



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN SKRIPSI
(Declaration of Authorship)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Anastasya Claudia
NPM : 2013420063
Alamat : Citra Garden 1 blok F4 no.18, Kalideres, Jakarta
Judul Skripsi : Upaya Penghematan Energi Pendingin dengan Strategi Pendinginan Pasif untuk Meningkatkan Penilaian Greenship
Objek Studi : Perpustakaan Pusat Universitas Gadjah Mada

Dengan ini menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa :

1. Skripsi ini sepenuhnya adalah hasil karya saya pribadi dan di dalam proses penyusunannya telah tunduk dan menjunjung Kode Etik Penelitian yang berlaku secara umum maupun yang berlaku di lingkungan Universitas Katolik Parahyangan.
2. Jika dikemudian hari ditemukan dan terbukti bahwa isi di dalam skripsi ini, baik sebagian maupun keseluruhan terdapat penyimpangan-penyimpangan dari Kode Etik Penelitian antara lain seperti tindakan merekayasa atau memalsukan data atau tindakan sejenisnya, tindakan plagiarisme atau autoplagarisme, maka saya bersedia menerima seluruh konsekuensi hukum sesuai ketentuan yang berlaku.

Bandung, April 2018

Annastasya Claudia.

Abstrak

UPAYA PENGHEMATAN ENERGI PENDINGIN DENGAN STRATEGI PENDINGINAN PASIF UNTUK MENINGKATKAN PENILAIAN GREENSHIP

OBJEK STUDI : PERPUSTAKAAN PUSAT UNIVERSITAS GADJAH MADA

**Oleh
Annastasya Claudia
NPM: 2013420063**

Perpustakaan Pusat Universitas Gadjah Mada (PPUGM) menyatakan diri sebagai bangunan yang dirancang mengikuti konsep bangunan hemat energi, namun hasil observasi dan simulasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pemakaian energi bangunan belum efisien. Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan konsumsi energi pendingin bangunan sesuai standar efisiensi energi.

Upaya penurunan konsumsi energi pendingin dilakukan melalui strategi pendinginan pasif yaitu, modifikasi peneduh eksternal dan material kaca pada jendela. Modifikasi peneduh eksternal terdiri dari enam alternatif yang mencakup modifikasi pada bentuk, ukuran, dan material, sedangkan modifikasi material kaca terdiri dari tujuh alternatif yang dibagi menjadi sistem kaca tunggal dan ganda. Faktor-faktor tersebut dipilih berdasarkan potensi penghematan energi terbesar dan perubahan struktural minimal. Evaluasi energi dilakukan menggunakan program simulasi energi Graphisoft EcoDesigner. Model bangunan eksisting dan alternatif-alternatif modifikasi tersebut akan disimulasikan kemudian dibandingkan penghematan energinya untuk mendapatkan alternatif desain pendinginan pasif yang efektif.

Hasil simulasi energi dengan modifikasi peneduh eksternal dan material kaca pada jendela tidak menunjukkan penurunan konsumsi energi pendingin yang signifikan. Penghematan energi terbesar sebanyak 2% dapat dicapai menggunakan kaca ganda low-e berisi argon. Strategi pendinginan pasif tidak bekerja dengan efektif karena iklim Yogyakarta yang memiliki suhu dan kelembaban tinggi namun kecepatan anginnya rendah.

Kata kunci : Penghematan Energi, SPSM, Material Bukaan, EcoDesigner.

Abstract

COOLING ENERGY SAVING EFFORT USING PASSIVE COOLING STRATEGIES TO INCREASE GREENSHIP RATING

OBJECT : GADJAH MADA UNIVERSITY CENTRAL LIBRARY

by

Annastasya Claudia

NPM: 2013420063

Gadjah Mada University Central Library declared itself as a building that is designed based on energy-efficient building concept, however observations and simulations that have been done showed that the building's energy consumption is not efficient. This study aims to reduce building's cooling energy consumption corresponding to energy efficiency standards.

Cooling energy savings will be strived using passive cooling strategies, specifically by modifying external shading and glazing material. The external shading modification consist of six alternatives that includes modifications on shape, size, and materials, while glass material modifications is divided into single and double glazed system consisting seven alternatives. These factors are selected based on it's energy saving potential and minimal structural alteration. Energy evaluation will be done using energy simulation software, Graphisoft EcoDesigner. Building's existing model and some modification alternatives will be simulated then compared to get the best passive cooling design alternative.

Energy simulations results with external shading and glazing material modification did not indicate a significant reduction in cooling energy consumption. The highest energy savings of 2% could be achieved using low-e double glass with argon filling. Inefficient performance of passive cooling strategies were caused by Yogyakarta's climate that has high temperature and humidity, yet low wind velocity.

Keywords : Energy Saving, Sun Shading Device, Opening Materials, EcoDesigner.

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi yang tidak dipublikasikan ini, terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Katolik Parahyangan, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis dengan mengikuti aturan HaKI dan tata cara yang berlaku di lingkungan Universitas Katolik Parahyangan.

Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh skripsi haruslah seizin Rektor Universitas Katolik Parahyangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Penelitian ini dibuat untuk memenuhi tugas akhir Fakultas Teknik Program Studi Arsitektur, Universitas Parahyangan. Selama proses penelitian berlangsung, penulis mendapatkan bimbingan, arahan, dukungan, dan saran. Untuk itu rasa terima kasih sedalam-dalamnya penulis sampaikan kepada:

- Dosen pembimbing, **Ryani Gunawan ST., MT.** atas saran, pengarahan, dan masukan yang telah diberikan serta berbagai ilmu yang sangat berharga.
- Dosen penguji, **Dr. Ir. Yasmin Suriansyah, MSP.** dan **Ir. Mimie Purnama., MT.** yang telah memberikan masukan dan bimbingan yang diberikan.
- Dosen sidang Skripsi 43 Green Building, **Ir. E B Handoko Susanto, MT.**
- **Rendy D. Sugiharto** dan **Lilis Salamdjaja** selaku kedua orang tua atas dukungan selama penulis menyelesaikan skripsi.
- **Arifah Budi Wati** dan **Pihak Perencanaan dan Pembangunan Universitas Gadjah Mada** atas ketersediannya meluangkan waktu dan memberikan informasi mengenai Perpustakaan Pusat Universitas Gadjah Mada.
- **Ahmad Shiddiq Wangsaputra., ST.** sebagai pengajar yang selalu bersedia memberi bantuan dan saran selama proses penyusunan skripsi.
- **Anthony Paulus, Yuliana Sari, Fransiska Paramarini,** dan **Stephanie Natasha** yang senantiasa memberi dukungan dan bantuan selama penyusunan skripsi
- **Jasmine Dianissa** dan **Metta La Diva** sebagai teman seperjuangan

Bandung, April 2018

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak	i
<i>Abstract</i>	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Pertanyaan Penelitian	4
1.4. Batasan Penelitian	5
1.5. Tujuan Penelitian	5
1.6. Manfaat Penelitian	5
1.7. Sistematika Pembahasan	6
BAB II UPAYA PENURUNAN KONSUMSI ENERGI PENDINGIN DENGAN STRATEGI PENDINGINAN PASIF UNTUK MENINGKATKAN NILAI GREENSHIP	7
2.1. Kebutuhan Energi Pendingin pada Bangunan	7
2.1.1. Kebutuhan Energi Pendingin pada Perpustakaan	8
2.1.2. Transfer Panas Sebagai Sumber Beban Pendingin	10
2.1.3. Standar Konsumsi Energi Listrik pada Bangunan	12
2.2. Strategi Pendinginan Pasif pada Bangunan	13
2.2.1. Sirip Penangkal Sinar Matahari	16
2.2.2. Material Bukaannya	26
2.3. Kriteria Greenship NB 1.2 Terkait Penghematan Energi	29
2.3.1. Kriteria Penilaian Greenship	30

2.4.	Graphisoft EcoDesigner	32
2.5.	Definisi Konsepsional.....	33
2.6.	Data yang Diperlukan.....	33
2.6.1.	Umum	33
2.6.2.	Khusus	33
2.7.	Kerangka Konseptual	34
2.8.	Kerangka Penelitian.....	35
	35	
2.9.	Kerangka Teoritis	36
BAB III	METODE PENELITIAN.....	37
3.1.	Objek Penelitian	37
3.2.	Jenis Penelitian	39
3.3.	Tempat dan Waktu Penelitian.....	39
3.4.	Sumber Data	39
3.5.	Teknik Pengumpulan Data	39
3.6.	Alat Pengukur Data	40
3.6.1.	Alur Kerja Graphisoft EcoDesigner	40
3.7.	Langkah Penelitian	47
3.7.1.	Tahap Pendahuluan dan Simulasi Awal	47
3.7.2.	Tahap Perancangan Modifikasi Sirip Peneduh.....	48
3.7.3.	Tahap Simulasi Modifikasi Sirip Peneduh	48
3.7.4.	Tahap Simulasi Modifikasi Material Kaca pada Bukaan Bangunan	48
3.7.5.	Tahap Analisis Hasil Simulasi.....	48
3.8.	Teknik Analisis Data	48
BAB IV	ANALISIS MODIFIKASI	49
4.1.	Hasil Observasi dan Simulasi Awal	49

4.1.1.	Pengaruh SPSM Eksisting terhadap Penghematan Energi Pendingin.....	52
4.2.	Modifikasi Peneduh Eksternal	55
4.2.1.	Jenis-Jenis Modifikasi Peneduh Eksternal yang Disimulasikan	56
4.2.2.	Jenis-Jenis Material Kaca yang Disimulasikan	61
BAB V	ANALISIS HASIL SIMULASI.....	63
5.1.	Hasil Simulasi Energi Modifikasi SPSM.....	63
5.1.1.	Hasil Simulasi Energi Penambahan Sirip Horizontal.....	63
5.1.2.	Hasil Simulasi Alternatif Modifikasi Kombinasi	65
5.1.3.	Hasil Simulasi Modifikasi Sirip Penutup	66
5.1.4.	Hasil Simulasi Modifikasi Material	68
5.2.	Hasil Simulasi Energi Modifikasi Material Kaca pada Jendela.....	69
5.2.1.	Modifikasi dengan Kaca Tunggal Berwarna (MK-1)	70
5.2.2.	Modifikasi dengan Kaca Ganda	71
5.3.	Analisis Hasil Modifikasi.....	78
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	81
6.1.	Kesimpulan	81
6.2.	Saran.....	85
GLOSARIUM	87
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Rincian Konsumsi Energi untuk Berbagai Tipe Bangunan.....	1
Gambar 1.2.	Sirip – Sirip Peneduh pada Fasad PPUGM.....	2
Gambar 1.3.	Ruang Baca PPUGM	3
Gambar 1.4.	Hasil Pengukuran Kekuatan Penerangan pada Ruang Baca PPUGM.....	3
Gambar 2.1.	Transfer Panas pada Bangunan.....	10
Gambar 2. 2.	Diagram Transfer Panas pada Bangunan.....	12
Gambar 2. 3.	Klasifikasi Metode Pendinginan Pasif untuk Bangunan Hemat Energi.....	15
Gambar 2. 4.	Perangkat Horizontal.....	17
Gambar 2. 5.	Perangkat Vertikal.....	17
Gambar 2. 6.	<i>Egg-crate</i>	18
Gambar 2. 7.	Modifikasi Perangkat Horizontal dan Potensi Penghematan Energi.....	18
Gambar 2. 8.	Perangkat Vertikal dan Potensi Penghematan Energi.....	19
Gambar 2. 9.	Perangkat Kombinasi dan Potensi Penghematan Energi.....	20
Gambar 2. 10	Kriteria Kebutuhan Desain SPSM.....	21
Gambar 2. 11.	<i>Sun Path Diagram</i> Daerah Istimewa Yogyakarta	22
Gambar 2. 12.	<i>Sun Path Diagram</i> Daerah Istimewa Yogyakarta	23
Gambar 2. 13.	<i>Sun Path Diagram</i> Daerah Istimewa Yogyakarta	23
Gambar 2. 14.	<i>Horizontal Shadow Angle</i>	24
Gambar 2. 15.	<i>Vertical Shadow Angle</i>	25
Gambar 2.16.	Transfer Panas pada Jendela.....	26
Gambar 3.1.	<i>Master Plan</i> Kompleks Perpustakaan Pusat UGM.....	37
Gambar 3.2.	Rencana Tapak Unit L1 - PPUGM.....	38
Gambar 3.3.	Area Amatan pada Bangunan Perpustakaan Pusat UGM.....	38
Gambar 3.4.	Tampak Satelit Perpustakaan.....	40
Gambar 3.5.	<i>Project Location</i> untuk Model 3D PPUGM.....	40
Gambar 3.6.	<i>Project Location</i> untuk Model 3D PPUGM.....	41
Gambar 3.7.	Kondisi Tapak pada PPUGM.....	41
Gambar 3.8.	Pengaturan Tipe Lingkungan.....	41
Gambar 3.9.	Pengaturan <i>Wind Protection</i> pada EcoDesigner.....	42
Gambar 3.10.	<i>Daily Profile Editor</i> pada EcoDesigner.....	43
Gambar 3.11	<i>Structure Properties</i>	43

Gambar 3.12 Hasil <i>U-Value Calculator</i>	43
Gambar 3.13 Input Sistem MEP pada EcoDesigner.....	44
Gambar 3.14 Contoh <i>Key Values</i> Hasil Evaluasi Graphisoft Eco Designer.....	45
Gambar 3.15 Contoh <i>Monthly Energy Balance</i> Hasil Evaluasi Graphisoft EcoDesigner	45
Gambar 3.16 Contoh <i>Daily Temperature Profile</i> Hasil Evaluasi Graphisoft EcoDesigner	46
Gambar 3.17 Contoh <i>Energy Consumption by Sources</i> Hasil Evaluasi Graphisoft EcoDesigner.....	46
Gambar 3.18 Contoh <i>Energy Consumption by Targets</i> Hasil Evaluasi Graphisoft EcoDesigner.....	47
Gambar 4.1. Peneduh Eksternal Eksisting pada Bangunan.....	49
Gambar 4.2. Denah Peneduh Eksternal Eksisting pada Bangunan.....	50
Gambar 4.3. <i>Key Values</i> Simulasi Model PPUGM Eksisting.....	51
Gambar 4.4. <i>Project Energy Balance</i> Simulasi Model PPUGM Eksisting.....	51
Gambar 4.5. <i>Energy Consumption by Sources</i> Simulasi Model PPUGM Eksisting.....	52
Gambar 4.6. <i>Energy Consumption by Targets</i> Simulasi Model PPUGM Eksisting.....	52
Gambar 4.7. PPUGM tanpa SPSM.....	52
Gambar 4.8. <i>Key Values</i> Simulasi Model PPUGM tanpa SPSM.....	53
Gambar 4.9. <i>Project Energy Balance</i> Simulasi Model PPUGM tanpa SPSM.....	53
Gambar 4.10. <i>Energy Consumption by Sources</i> Simulasi Model PPUGM tanpa SPSM.....	53
Gambar 4.11. <i>Energy Consumption by Targets</i> Simulasi model PPUGM tanpa SPSM.....	53
Gambar 4.12. Tambahan Sirip Horizontal Utara.....	56
Gambar 4.13. Tambahan Sirip Horizontal Selatan.....	56
Gambar 4.14. Alternatif Utara 1.....	58
Gambar 4.15. Alternatif Utara 2.....	58
Gambar 4.16. Alternatif Selatan 1.....	59
Gambar 4.17. Alternatif Selatan 2.....	59
Gambar 5.1. Sirip Horizontal Tambahan.....	63
Gambar 5.2. Hasil Simulasi Konsumsi Energi Pendingin dengan Penambahan Sirip Horizontal.....	64
Gambar 5.3. Hasil Simulasi Kebutuhan Energi Listrik per Tahun dengan Penambahan Sirip Horizontal.....	64

Gambar 5.4. Hasil Simulasi Konsumsi Energi Pendingin dengan Modifikasi Kombinasi.....	65
Gambar 5.5. Hasil Simulasi Kebutuhan Energi Listrik per Tahun dengan Modifikasi Kombinasi.....	65
Gambar 5.6. Hasil Simulasi Konsumsi Energi Pendingin dengan Modifikasi Sirip Penutup.....	67
Gambar 5.7. Hasil Simulasi Kebutuhan Energi Listrik per Tahun dengan Modifikasi Sirip Penutup.....	68
Gambar 5.8. Hasil Simulasi Konsumsi Energi Pendingin dengan Modifikasi Material Sirip.....	68
Gambar 5.9. Hasil Simulasi Kebutuhan Energi Listrik per Tahun dengan Modifikasi Material Sirip.....	69
Gambar 5.10. Hasil Simulasi U-Value Selubung Bangunan dengan Modifikasi MK-1.....	70
Gambar 5.11. Hasil Simulasi Konsumsi Energi Pendingin dengan Modifikasi MK-1.....	70
Gambar 5.12. Hasil Simulasi Kebutuhan Energi Listrik per Tahun dengan Modifikasi MK-1.....	70
Gambar 5.13. Hasil Simulasi U-Value Selubung Bangunan dengan Modifikasi MK-2.....	71
Gambar 5.14. Hasil Simulasi Konsumsi Energi Pendingin dengan Modifikasi MK-2.....	71
Gambar 5.15. Hasil Simulasi Kebutuhan Energi Listrik per Tahun dengan Modifikasi MK-2.....	71
Gambar 5.16. Hasil Simulasi U-Value Selubung Bangunan dengan Modifikasi MK-3.....	72
Gambar 5.17. Hasil Simulasi Konsumsi Energi Pendingin dengan Modifikasi MK-3.....	72
Gambar 5.18. Hasil Simulasi Kebutuhan Energi Listrik per Tahun dengan Modifikasi MK-3.....	72
Gambar 5.19. Hasil Simulasi U-Value Selubung Bangunan dengan Modifikasi MK-4.....	73
Gambar 5.20. Hasil Simulasi Konsumsi Energi Pendingin dengan Modifikasi MK-4.....	73
Gambar 5.21. Hasil Simulasi Kebutuhan Energi Listrik per Tahun dengan Modifikasi MK-4.....	73
Gambar 5.22. Hasil Simulasi U-Value Selubung Bangunan dengan Modifikasi MK-5.....	74

Gambar 5.23. Hasil Simulasi Konsumsi Energi Pendingin dengan Modifikasi MK-5.....	74
Gambar 5.24. Hasil Simulasi Kebutuhan Energi Listrik per Tahun dengan Modifikasi MK-5.....	74
Gambar 5.25. Hasil Simulasi U-Value Selubung Bangunan dengan Modifikasi MK-6.....	75
Gambar5.26. Hasil Simulasi Konsumsi Energi Pendingin dengan Modifikasi MK-6.....	75
Gambar 5.27. Hasil Simulasi Kebutuhan Energi Listrik per Tahun dengan Modifikasi MK-6.....	75
Gambar 5.28. Hasil Simulasi U-Value Selubung Bangunan dengan Modifikasi MK-7.....	76
Gambar5.29. Hasil Simulasi Konsumsi Energi Pendingin dengan Modifikasi MK-7.....	76
Gambar 5.30. Hasil Simulasi Kebutuhan Energi Listrik per Tahun dengan Modifikasi MK-7.....	76
Gambar 6.1. Hasil Simulasi Konsumsi Energi Pendingin dengan Modifikasi Sirip Penutup.....	83
Gambar 6.2. Hasil Simulasi Kebutuhan Energi Listrik per Tahun dengan Modifikasi Sirip Penutup.....	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Rekomendasi Efisiensi Sistem Pendingin.....	13
Tabel 2.2	Potensi Penghematan Energi Strategi Desain Pasif.....	14
Tabel 2.3	Material SPSM.....	26
Tabel 2.4.	Nilai-U, Transmisi Cahaya dan Nilai SHGC dari Tipikal Material Kaca.....	29
Tabel 2.5.	U-Value Beberapa Jenis Kaca.....	29
Tabel 2.6.	Tingkat Sertifikasi GreenShip.....	30
Tabel 2.7.	Ringkasan Penilaian GreenShip.....	30
Tabel 2.8.	Kriteria Efisiensi dan Konservasi Energi.....	32
Tabel 2.9.	Kriteria Kesehatan dan Kenyamanan Dalam Ruang – Kenyamanan Termal.....	32
Tabel 4.1.	Tabel Perbandingan Hasil Simulasi Penggunaan Energi Bangunan Eksisting.....	53
Tabel 4.2.	HSA Sirip Eksisting Utara dan Selatan.....	54
Tabel 4.3.	Pembayangan Sirip Vertikal Eksisting Utara dan Selatan.....	55
Tabel 4.4.	Tambahan Sirip Horizontal pada Eksisting.....	56
Tabel 4.5.	Modifikasi Sirip Utara.....	58
Tabel 4.6.	Modifikasi Sirip Selatan.....	59
Tabel 4.7.	Alternatif Kombinasi 1.....	60
Tabel 4.8.	Alternatif Kombinasi 2.....	60
Tabel 4.9.	Alternatif Kombinasi 3.....	61
Tabel 4.10.	Alternatif Kombinasi 4.....	61
Tabel 4.11.	Material yang Disimulasikan.....	61
Tabel 4.12.	Jenis-Jenis Kaca untuk Simulasi.....	62
Tabel 5.1.	Tabel Modifikasi dengan Sirip Penutup.....	66
Tabel 5.2	Tabel Perbandingan Kebutuhan Energi Pendingin dengan Modifikasi Kaca..	77
Tabel 5.3.	Tabel Urutan Modifikasi Kaca Terbaik.....	78
Tabel 6.1.	Tabel Perbandingan Hasil Simulasi Penggunaan Energi Bangunan Eksisting.....	81
Tabel 6.2.	Modifikasi dengan Sirip Penutup.....	82
Tabel 6.3.	Tabel Perbandingan Kebutuhan Energi Pendingin dengan Modifikasi Kaca.....	84
Tabel 6.4	Tabel Urutan Modifikasi Kaca Terbaik.....	85

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Master Plan Kompleks Perpustakaan UGM.....	91
Lampiran 2.	Rencana Tapak PPUGM.....	91
Lampiran 3.	Denah Lantai 1.....	92
Lampiran 4.	Denah Lantai 2.....	92
Lampiran 5.	Denah Lantai 3.....	93
Lampiran 6.	Denah Lantai 4.....	93
Lampiran 7.	Denah Lantai 5.....	94
Lampiran 8.	Denah Lantai Atas.....	94
Lampiran 9.	Denah Atap.....	95
Lampiran 10.	Tampak Selatan.....	95
Lampiran 11.	Tampak Utara.....	96
Lampiran 12.	Tampak Timur – Barat.....	96
Lampiran 13.	Potongan A.....	97
Lampiran 14.	Potongan B.....	97
Lampiran 15.	Potongan C.....	98
Lampiran 16.	Detail <i>Skylight</i>	98
Lampiran 17.	<i>Key Values</i> Model PPUGM eksisting.....	99
Lampiran 18.	<i>Project Energy Balance</i> Model PPUGM eksisting.....	99
Lampiran 19.	<i>Energy Consumption by Sources</i> Model PPUGM eksisting.....	100
Lampiran 20.	<i>Energy Consumption by Targets</i> Model PPUGM eksisting.....	101
Lampiran 21.	<i>Key Values</i> Model PPUGM Tanpa Peneduh.....	102
Lampiran 22.	<i>Project Energy Balance</i> Model PPUGM Tanpa Peneduh.....	102
Lampiran 23.	<i>Energy Consumption by Sources</i> Model PPUGM Tanpa Peneduh.....	103
Lampiran 24.	<i>Energy Consumption by Targets</i> Model PPUGM Tanpa Peneduh.....	104
Lampiran 25.	<i>Key Values</i> Model Eksisting dengan Penambahan Sirip Horizontal.....	105
Lampiran 26.	<i>Project Energy Balance</i> Model Eksisting dengan Penambahan Sirip Horizontal.....	105
Lampiran 27.	<i>Energy Consumption by Sources</i> Model Model Eksisting dengan Penambahan Sirip Horizontal.....	106
Lampiran 28.	<i>Energy Consumption by Targets</i> Model Eksisting dengan Penambahan Sirip Horizontal.....	107

Lampiran 29.	<i>Key Values Model Alternatif Kombinasi 1</i>	108
Lampiran 30.	<i>Project Energy Balance Model Alternatif Kombinasi 1</i>	108
Lampiran 31.	<i>Energy Consumption by Sources Model Alternatif Kombinasi 1</i>	109
Lampiran 32.	<i>Energy Consumption by Targets Model Alternatif Kombinasi 1</i>	110
Lampiran 33.	<i>Key Values Model Alternatif Kombinasi 2</i>	111
Lampiran 34.	<i>Project Energy Balance Model Alternatif Kombinasi 2</i>	111
Lampiran 35.	<i>Energy Consumption by Sources Model Alternatif Kombinasi 2</i>	112
Lampiran 36.	<i>Energy Consumption by Targets Model Alternatif Kombinasi 2</i>	113
Lampiran 37.	<i>Key Values Model Alternatif Kombinasi 3</i>	114
Lampiran 38.	<i>Project Energy Balance Model Alternatif Kombinasi 3</i>	114
Lampiran 39.	<i>Energy Consumption by Sources Model Alternatif Kombinasi 3</i>	115
Lampiran 40.	<i>Energy Consumption by Targets Model Alternatif Kombinasi 3</i>	116
Lampiran 41.	<i>Key Values Model Alternatif Kombinasi 4</i>	117
Lampiran 42.	<i>Project Energy Balance Model Alternatif Kombinasi 4</i>	117
Lampiran 43.	<i>Energy Consumption by Sources Model Alternatif Kombinasi 4</i>	118
Lampiran 44.	<i>Energy Consumption by Targets Model Alternatif Kombinasi 4</i>	119
Lampiran 45.	<i>Key Values Model dengan Modifikasi Sirip Penutup</i>	120
Lampiran 46.	<i>Project Energy Balance Model dengan Modifikasi Sirip Penutup</i>	120
Lampiran 47.	<i>Energy Consumption by Sources Model dengan Modifikasi Sirip Penutup</i>	121
Lampiran 48.	<i>Energy Consumption by Targets Model dengan Modifikasi Sirip Penutup</i>	122
Lampiran 49.	<i>Key Values Model Modifikasi Material Sirip Kayu, Aluminum, PVC</i>	123
Lampiran 50.	<i>Project Energy Balance Model Modifikasi Material Sirip Kayu, Aluminum, PVC</i>	123
Lampiran 51.	<i>Energy Consumption by Sources Model Modifikasi Material Sirip Kayu, Aluminum, PVC</i>	124
Lampiran 52.	<i>Energy Consumption by Targets Model Modifikasi Material Sirip Kayu, Aluminum, PVC</i>	125
Lampiran 53.	<i>Key Values Model Modifikasi Kaca MK-1</i>	126
Lampiran 54.	<i>Project Energy Balance Model Modifikasi Kaca MK-1</i>	126
Lampiran 55.	<i>Energy Consumption by Sources Model Modifikasi Kaca MK-1</i>	127
Lampiran 56.	<i>Energy Consumption by Targets Model Modifikasi Kaca MK-1</i>	128

Lampiran 57.	<i>Key Values Model Modifikasi Kaca MK-2</i>	129
Lampiran 58.	<i>Project Energy Balance Model Modifikasi Kaca MK-2</i>	129
Lampiran 59.	<i>Energy Consumption by Sources Model Modifikasi Kaca MK-2</i>	130
Lampiran 60.	<i>Energy Consumption by Targets Model Modifikasi Kaca MK-2</i>	131
Lampiran 61.	<i>Key Values Model Modifikasi Kaca MK-3</i>	132
Lampiran 62.	<i>Project Energy Balance Model Modifikasi Kaca MK-3</i>	132
Lampiran 63.	<i>Energy Consumption by Sources Model Modifikasi Kaca MK-3</i>	133
Lampiran 64.	<i>Energy Consumption by Targets Model Modifikasi Kaca MK-3</i>	134
Lampiran 65.	<i>Key Values Model Modifikasi Kaca MK-4</i>	135
Lampiran 66.	<i>Project Energy Balance Model Modifikasi Kaca MK-4</i>	135
Lampiran 67.	<i>Energy Consumption by Sources Model Modifikasi Kaca MK-4</i>	136
Lampiran 68.	<i>Energy Consumption by Targets Model Modifikasi Kaca MK-4</i>	137
Lampiran 69.	<i>Key Values Model Modifikasi Kaca MK-5</i>	138
Lampiran 70.	<i>Project Energy Balance Model Modifikasi Kaca MK-5</i>	138
Lampiran 71.	<i>Energy Consumption by Sources Model Modifikasi Kaca MK-5</i>	139
Lampiran 72.	<i>Energy Consumption by Targets Model Modifikasi Kaca MK-5</i>	140
Lampiran 73.	<i>Key Values Model Modifikasi Kaca MK-6</i>	141
Lampiran 74.	<i>Project Energy Balance Model Modifikasi Kaca MK-6</i>	141
Lampiran 75.	<i>Energy Consumption by Sources Model Modifikasi Kaca MK-6</i>	142
Lampiran 76.	<i>Energy Consumption by Targets Model Modifikasi Kaca MK-6</i>	143
Lampiran 77.	<i>Key Values Model Modifikasi Kaca MK-7</i>	144
Lampiran 78.	<i>Project Energy Balance Model Modifikasi Kaca MK-7</i>	144
Lampiran 79.	<i>Energy Consumption by Sources Model Modifikasi Kaca MK-7</i>	145
Lampiran 80.	<i>Energy Consumption by Targets Model Modifikasi Kaca MK-7</i>	146

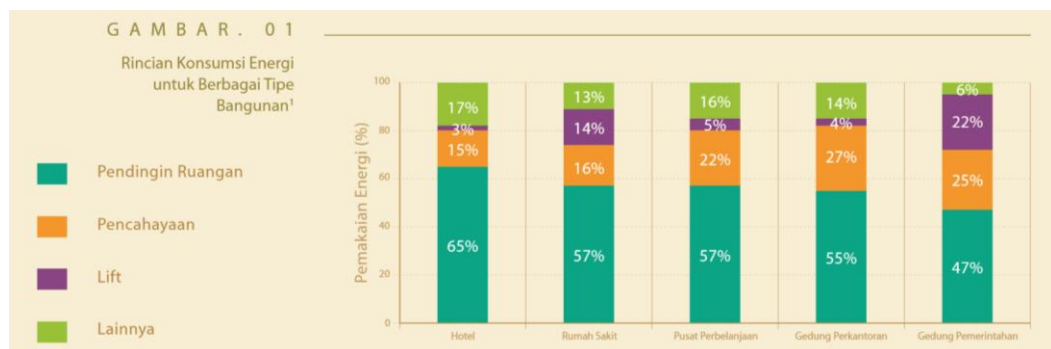
BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Fenomena pemanasan global yang berdampak pada krisis energi merupakan sebuah ancaman bagi kelangsungan hidup manusia. Pemanasan bumi yang berakibat pada naiknya konsumsi energi, tidak diimbangi dengan ketersediaan sumber energi. Berdasarkan data Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) tahun 2015, bangunan mengonsumsi 40% energi, 25% air, dan 40% sumber daya di dunia. Data tersebut memperlihatkan bahwa bangunan merupakan pemakan energi terbesar di dunia. Kesadaran arsitek sebagai perancang bangunan untuk menghemat energi harus semakin ditingkatkan, salah satu pendekatannya adalah melalui penerapan konsep bangunan hemat energi pada bangunan-bangunan yang sudah berdiri atau yang sedang direncanakan.

Berdasarkan hasil studi dan kegiatan audit energi yang dilakukan oleh Japan International Cooperation Agency (2009) pada bangunan di Jakarta, diperoleh rincian konsumsi energi, terlepas dari tipe bangunannya, sebagai berikut :



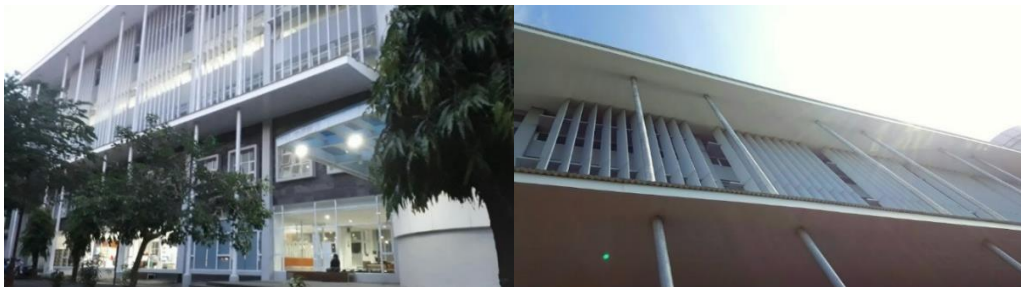
Gambar 1.1. Rincian Konsumsi Energi untuk Berbagai Tipe Bangunan
Sumber : Paduan Penggunaan Bangunan Gedung Hijau Jakarta, 2012

Konsumsi energi paling besar pada bangunan di Indonesia adalah sistem tata udara (*air conditioning*). Hal ini disebabkan oleh letak geografis Indonesia yang beriklim tropis menerima lebih banyak sinar matahari sepanjang tahun. Sinar dari radiasi matahari akan menghantarkan panas ke bumi sehingga suhu udara pada iklim tropis cenderung tinggi, yaitu 27°C - 32°C pada siang hari dan 21°C - 27°C pada malam hari. Konsumsi energi pendingin pada gedung – gedung di Indonesia dapat diupayakan melalui strategi desain pasif.

Strategi desain pasif merupakan cara penghematan energi matahari tanpa mengonversikan energi matahari menjadi energi listrik. Strategi desain pasif lebih

mengandalkan kemampuan arsitek untuk mengantisipasi keadaan iklim luar tanpa menambah dampak buruk bagi lingkungan. Sebagian besar panas di dalam bangunan berasal dari radiasi matahari yang masuk dan atau diteruskan melalui selubung bangunan. Maka strategi desain pasif yang paling mempengaruhi penggunaan energi adalah desain fasad dan pemilihan material. Desain fasad yang baik akan memberikan pembayangan sehingga bangunan tidak terkena panas matahari langsung. Setiap material memiliki spesifikasi termal yang berbeda-beda, pemilihan material yang baik akan mengurangi transmisi panas dari luar ke dalam bangunan. Jika desain pasif sudah baik, panas yang masuk ke dalam bangunan akan berkurang sehingga kebutuhan energi untuk sistem tata udara juga akan berkurang.

Berdasarkan wawancara dengan pihak Perencanaan dan Pembangunan Universitas Gadjah Mada, Perpustakaan Pusat Universitas Gadjah Mada (PPUGM) dirancang mengikuti ketentuan dan standar bangunan hijau. Bangunan dengan lima lantai ini telah mendaftar untuk mendapatkan sertifikasi *GreenShip* kategori *New Building*. Bangunan berada di kota Yogyakarta yang memiliki suhu dan kelembaban tinggi. Sebagai gedung perpustakaan formal, PPUGM memerlukan pengkondisian udara ruangan yang baik untuk kenyamanan pengguna dan menjaga kondisi buku-buku serta dokumen yang disimpan di dalamnya. Untuk mengendalikan keadaan udara dalam ruangan digunakan *air conditioner*.



Gambar 1.2. Sirip – Sirip Peneduh pada Fasad PPUGM
Sumber: Ajie Arief, 2015

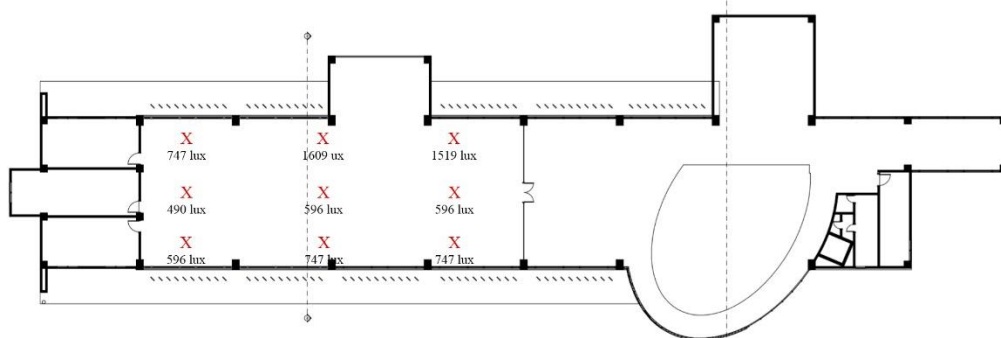
PPUGM berorientasi memanjang ke arah barat timur untuk meminimalkan permukaan bangunan yang terpapar radiasi timur dan barat. Sisi panjang bangunan yang memiliki banyak jendela menghadap ke arah utara dan selatan. Sisi barat dan timur bangunan digunakan sebagai ruang-ruang servis yang sekaligus berfungsi sebagai *buffer* termal. Akan tetapi, karena letak geografis kota Yogyakarta yang berada di selatan garis khatulistiwa, pergerakan matahari dari timur ke barat akan sedikit condong ke utara. Untuk melindungi jendela bangunan dari cahaya matahari langsung, sisi utara dan selatan bangunan diberi sirip-sirip peneduh berwarna putih yang terbuat dari GRC. Dinding

bangunan merupakan dinding bata plester dengan finishing cat putih untuk mengurangi penyerapan panas matahari. Di sekitar bangunan juga terdapat pohon-pohon untuk membantu mengatur iklim mikro bangunan.

Desain bangunan dan tapak sekitarnya telah dikondisikan sesuai dengan kriteria bangunan pada iklim tropis. Strategi desain pasif berupa pemasangan sirip-sirip peneduh pada fasad utara dan selatan bangunan seharusnya dapat mengurangi masuknya panas dan cahaya ke dalam bangunan. Saat diadakan observasi langsung ke bangunan terlihat sebuah fenomena dimana cahaya matahari yang masuk ke dalam ruangan masih berlebihan. Hasil pengukuran kekuatan penerangan di dalam bangunan berkisar antara 490-600 lux pada tengah ruangan, 500-700 lux pada sisi selatan, dan 700 – 1600 lux pada sisi utara, sedangkan standar kekuatan penerangan untuk fungsi perpustakaan menurut SNI 03-2396-2001 adalah 300 lux.



Gambar 1.3. Ruang Baca PPUGM



Gambar 1.4. Hasil Pengukuran Kekuatan Penerangan pada Ruang Baca PPUGM

Masuknya cahaya matahari yang berlebihan dapat menyebabkan kenaikan suhu ruangan. Saat dilakukan pengukuran suhu ruangan pada beberapa titik di PPUGM suhu berkisar antara 26°C -28°C. Suhu tinggi dengan tingkat kelembaban udara rata-rata 75% dan kecepatan angin yang rendah, 0-0,3 m/s, menyebabkan ketidaknyamanan termal pada bangunan. Hal-hal tersebut juga menyebabkan naiknya konsumsi energi untuk sistem

pendingin bangunan. Penggunaan SPSM pada bangunan seharusnya berfungsi sebagai pembayangan untuk mendedahkan bangunan tanpa mengorbankan kebutuhan pencahayaan alami. Fenomena tersebut menunjukkan perlunya peninjauan lebih lanjut untuk mengetahui sejauh apa peran dan efektifitas SPSM eksisting dalam mengendalikan radiasi matahari yang masuk ke dalam bangunan.

Desain pasif juga dapat dikombinasikan untuk memperoleh penghematan energi yang lebih besar. Sebuah hasil studi simulasi yang dilakukan oleh IFC (2011) menunjukkan bahwa kombinasi beberapa strategi desain pasif memiliki potensi penghematan energi hingga 31%. Untuk bangunan yang sudah terbangun seperti PPUGM penambahan strategi desain pasif harus meminimalkan perubahan struktural untuk menghemat biaya. Kombinasi desain pasif juga harus memperhatikan estetika bangunan.

Sebagian besar beban pendingin PPUGM berasal dari radiasi matahari yang masuk melalui jendela. Beberapa hasil studi simulasi menunjukkan bahwa untuk konstruksi dengan material dan selubung bangunan tipikal, perpindahan panas melalui jendela kira-kira 40-130 kali lebih tinggi daripada perpindahan panas melalui dinding. Penggantian material kaca pada jendela juga tidak menyebabkan perubahan struktural, maka material jendela bangunan juga akan ditinjau sebagai strategi pendinginan pasif pada penelitian ini. Material jendela yang akan digunakan dalam penelitian ini dipilih berdasarkan kesesuaiannya dengan fungsi bangunan sebagai perpustakaan, ketersediaan material pada pasar, dan biaya.

1.2. Rumusan Masalah

- a. Pengaruh penggunaan pendinginan pasif berupa SPSM eksisting pada PPUGM terhadap penghematan energi pendingin untuk meningkatkan penilaian Greenship
- b. Upaya penghematan energi pendingin PPUGM melalui modifikasi SPSM
- c. Upaya penghematan energi pendingin PPUGM melalui modifikasi material kaca pada bukaan bangunan
- d. Upaya penghematan energi pendingin PPUGM melalui kombinasi modifikasi SPSM dan material kaca pada bukaan bangunan.

1.3. Pertanyaan Penelitian

- a. Apa pengaruh penggunaan pendinginan pasif berupa SPSM pada PPUGM terhadap penghematan energi pendingin?

- b. Bagaimana modifikasi SPSM yang efektif terhadap penghematan energi pendingin untuk meningkatkan penilaian Greenship?
- c. Bagaimana pengaruh pendinginan pasif melalui modifikasi material kaca pada PPUGM terhadap penghematan energi pendingin?
- d. Bagaimana pengaruh kombinasi modifikasi SPSM dan material kaca pada PPUGM terhadap penghematan energi pendingin bangunan?

1.4. Batasan Penelitian

- a. Modifikasi SPSM yang dilakukan pada penelitian mencakup bentuk, dimensi, material, sudut kemiringan, dan jarak antar sirip.
- b. Dalam penelitian ini, fasad bangunan yang mencakup material dinding, luas dinding, dan luas bukaan bangunan (jendela, ventilasi) tidak berubah.
- c. Bukaan pencahayaan pada bangunan tidak terbayangi vegetasi sekitar dan kondisi langit cerah
- d. Sumber panas yang ditinjau pada penelitian ini merupakan panas matahari. Sumber-sumber panas internal seperti panas manusia, panas alat-alat elektronik, dan panas dari penerangan tidak diperhitungkan.

1.5. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

- Mengetahui sejauh apa peran SPSM eksisting dalam mengendalikan perolehan panas yang masuk melalui jendela
- Mengetahui sejauh apa peran SPSM eksisting terhadap penghematan energi pendingin untuk meningkatkan penilaian Greenship
- Mengetahui pengaruh modifikasi material kaca pada bukaan bangunan terhadap penghematan energi pendingin
- Mengetahui pengaruh kombinasi modifikasi desain SPSM dan material kaca pada bukaan bangunan terhadap penghematan energi pendingin
- Memberikan saran dan rekomendasi desain SPSM dan material kaca pada bangunan untuk meningkatkan nilai Greenship.

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai berikut :

- Kepentingan ilmu pengetahuan, yakni menambah metode dan konsep baru untuk menggunakan teknologi sebagai alat bantu untuk merancang bangunan yang hemat energi.
- Kepentingan perencanaan dan perancangan dalam mengoptimalkan penggunaan energi pada desain bangunan sesuai standar GreenShip yang berlaku.
- Kepentingan penelitian; hasil penelitian diharapkan dapat bermanfaat bagi studi arsitektur untuk pengembangan konsep bangunan hijau pada desain bangunan.

1.7. Sistematika Pembahasan

Pembahasan penelitian ini disusun dengan sistematika sebagai berikut :

BAB 1

Bab pendahuluan yang berisi latar belakang penelitian yang meliputi latar belakang pemilihan topik serta objek penelitian, perumusan masalah, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian

BAB 2

Berisi kajian peran strategi pendinginan pasif sebagai pengendali masuknya radiasi matahari sehingga dapat menghemat energi sesuai dengan kriteria GreenShip New Building 1.2. Teori-teori ini akan menjadi dasar dari simulasi yang akan dilakukan

BAB 3

Penjabaran mengenai metode penelitian yang berisi tentang variable-variabel penelitian, batasan penelitian, langkah-langkah penelitian, objek penelitian, desain penelitian, metoda pengumpulan data, dan rancangan model yang akan diuji.

BAB 4

Berisi gambaran umum simulasi kinerja dari desain SPSM yang dilakukan menggunakan software EcoDesigner