

MAKALAH SKRIPSI 54

**APLIKASI PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER
ENERGI ALTERNATIF TERBARUKAN PADA FASAD
BANGUNAN APARTEMEN LANDMARK
RESIDENCE BANDUNG**



**NAMA : THOMAS TANGO
NPM : 6111901109**

PEMBIMBING: IR. AMIRANI RITVA SANTOSO, M.T.

KO-PEMBIMBING: DR. ENG MIA WIMALA

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN ARSITEKTUR
PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR**

**Akreditasi Institusi Berdasarkan BAN Perguruan Tinggi No: 143/SK/BAN-
PT/AK-ISK/PT/IV/2022 dan Akreditasi Program Studi Berdasarkan BAN
Perguruan Tinggi No: 10814/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/IX/2021**

**BANDUNG
2023
SKRIPSI 54**

SKRIPSI 54

**APLIKASI PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER
ENERGI ALTERNATIF TERBARUKAN PADA
FASAD BANGUNAN APARTEMEN LANDMARK
RESIDENCE BANDUNG**



**NAMA : THOMAS TANGO
NPM : 6111901109**

PEMBIMBING:

Ir. Amirani Ritva Santoso, M.T.

KO-PEMBIMBING

Dr. Eng Mia Wimala, S.T., M.T.

PENGUJI :

Dr. Nancy Yusnita Nugroho, S.T., M.T.

Ir. Mira Dewi Pangestu, M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN ARSITEKTUR
PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR**
Akreditasi Institusi Berdasarkan BAN Perguruan Tinggi No: 1998/SK/BAN-PT/Ak.Ppj/PT/XII/2022 dan Akreditasi Program Studi Berdasarkan BAN Perguruan Tinggi No: 10814/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/IX/2021

**BANDUNG
2023**

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN SKRIPSI *(Declaration of Authorship)*

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Thomas Tango

NPM : 6111901109

Alamat : Jl. Ciumbuleuit No.141, Hegarmanah, Kec. Cidadak, Kota Bandung, Jawa Barat 40141

Judul Skripsi : Aplikasi Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif
Terbarukan pada Fasad Bangunan Apartemen Landmark
Residence Bandung

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 autoplajarisme, maka saya bersedia menerima seluruh konsekuensi hukum sesuai ketentuan yang berlaku.

Bandung, 7 Februari 2023



Thomas Tango

Abstrak

APLIKASI PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF TERBARUKAN SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF TERBARUKAN PADA FASAD BANGUNAN APARTEMEN LANDMARK RESIDENCE BANDUNG

Oleh

Thomas Tango
NPM : 611190109

Pemanasan global merupakan isu global yang semakin mendapat perhatian dunia dari tahun ke tahun karena peningkatan suhu rata-rata global yang terjadi secara cepat. Salah satu penyebabnya adalah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh aktivitas manusia, seperti pembakaran fosil dan deforestasi. Fenomena pemanasan global dapat berpotensi untuk mengancam keberlangsungan kehidupan manusia dengan berbagai dampak, termasuk kenaikan permukaan air laut, perubahan pola cuaca ekstrem, peningkatan frekuensi bencana alam, dan penurunan kualitas lingkungan hidup. Penelitian ini berfokus pada Apartemen Landmark Residence sebagai objek studi, karena bangunan ini memberikan kontribusi terbesar terhadap penggunaan listrik. Selain itu, apartemen ini memiliki fasad yang berpotensi untuk dipasang panel surya. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman dan pengetahuan dalam bidang arsitektur terkait penerapan panel surya pada fasad bangunan tinggi serta penggunaan sumber energi terbarukan dalam bangunan.

Dalam penelitian ini, lingkup pengujian dilakukan dengan basis iklim tropis di wilayah Cicendo, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia. Tujuan penelitian ini adalah untuk memaparkan potensi maksimal penghematan energi yang dapat dicapai melalui penerapan panel surya pada fasad bangunan Apartemen Landmark Residence, serta mengidentifikasi kendala, manfaat, kelebihan, dan kekurangan pemasangan panel surya pada fasad bangunan tinggi.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi tolak ukur, bahan kajian, dan pertimbangan bagi pengelola apartemen dalam memasang panel surya pada bangunan. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat meningkatkan pemahaman dan pengetahuan dalam bidang arsitektur terkait penerapan panel surya pada fasad bangunan tinggi dan kesadaran akan pentingnya menggunakan sumber energi terbarukan pada bangunan.

Kata-kata kunci: pemanasan global, panel surya, fasad bangunan, energi terbarukan, Apartemen Landmark Residence, Bandung

Abstract

SOLAR PANEL APPLICATION AS A RENEWABLE ALTERNATIVE ENERGY SOURCE ON THE FACADE OF THE LANDMARK RESIDENCE BANDUNG APARTMENT BUILDING

by

Thomas Tango
NPM: 6111901109

Global warming is a global issue that is getting worldwide attention from year to year due to the rapid increase in global average temperature. One reason is the emission of greenhouse gases produced by human activities, such as fuel burning and deforestation. The phenomenon of global warming can potentially threaten the sustainability of human life with various impacts, including rising sea levels, changes in extreme weather patterns, increasing the frequency of natural disasters, and decreasing the quality of the environment. This research focuses on Landmark Residence Apartment as an object of study, because this building makes the biggest contribution to electricity use. In addition, this apartment has a facade that can potentially be installed with solar panels. This research aims to increase understanding and knowledge in the field of architecture related to the application of solar panels on building facades and the use of renewable energy sources in buildings.

In this study, the scope of testing was carried out based on a tropical climate in the Cicendo area, Bandung City, West Java, Indonesia. The purpose of this study is to describe the potential for maximum energy savings that can be achieved through the application of solar panels on the building facades of Landmark Residence Apartments, as well as identify the constraints, benefits, advantages, and disadvantages of installing solar panels on the facades of high-rise buildings.

The results of this study are expected to be a benchmark, study material, and consideration for apartment managers in installing solar panels on buildings. In addition, this research is also expected to increase understanding and knowledge in the field of architecture related to the application of solar panels on the facades of tall buildings and awareness of the importance of using renewable energy sources in buildings.

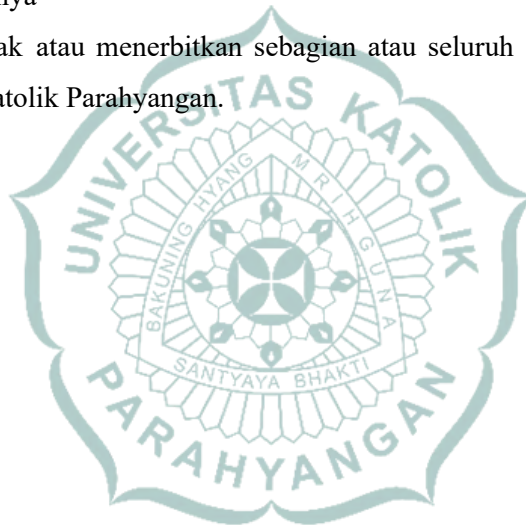
Keywords: *global warming, solar panels, building facades, renewable energy, Landmark Residence Apartment, Bandung*

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 kepastakaan 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 Program Studi Sarjana Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan. Selama proses penelitian berlangsung, penulis mendapatkan bimbingan, arahan, dukungan, dan saran. Untuk itu rasa terima kasih sedalam-dalamnya penulis sampaikan kepada:

- Dosen pembimbing, Ir. Amirani Ritva Santoso, M.T. dan Dosen co-pembimbing, Dr. Eng Mia Wimala, M.T. atas kesempatannya dalam memberikan bimbingan, arahan, masukan serta pengetahuan yang diberikan kepada penulis sepanjang proses penulisan dan penyusunan skripsi,
- Dosen penguji, Ir. Mira Dewi Pangestu, M.T. dan Dr. Nancy Yusnita Nugroho M.T. atas masukan, saran, dan bimbingan yang telah diberikan, melalui proses asistensi dan sidang,
- Ibu indekos Harmony Residence, Tante Lana selaku ibu indekos Harmony Residence yang telah memberikan tempat untuk mengerjakan skripsi,
- Pak Supriyanto, selaku penanggung jawab *Building Manager* Apartemen Landmark Residence yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk dapat meneliti bangunan sebagai objek peneliti,
- Pak Andry, selaku staff dari *Building Manager* Apartemen Landmark Residence yang telah memberikan panduan keliling pada saat peneliti melakukan *site visit* serta pemberian gambar kerja bangunan objek studi,
- dan seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu terkait dalam penyusunan skripsi ini hingga dapat diselesaikan.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penelitian skripsi ini masih terdapat kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, masukan dan saran sangat diharapkan. Akhir akta, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam membantu menambah pengetahuan pembaca.

Bandung, 21 Juni 2023

Thomas Tango

DAFTAR ISI

Abstrak.....	i
Abstrac.....	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	v
UCAPAN TERIMAKASIH.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I	
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Ruang Lingkup Penelitian.....	5
1.6.1 Lingkup Penelitian.....	5
1.6.2 Lingkup Objek Studi.....	6
1.7 Kerangka Penelitian.....	7
1.8 Sistematika Penulisan.....	8
BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Apartemen.....	9
2.1.1 Definisi Apartemen.....	9
2.1.2 Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Listrik Apartemen.....	15
2.2 Panel Surya.....	16
2.2.1 Definisi Panel Surya.....	16
2.2.2 Cara Kerja Sistem Panel Surya.....	16
2.2.3 Komponen Utama Panel Surya.....	17
2.2.4 Perkembangan Teknologi Panel Surya.....	18
2.3 Pertimbangan penerapan Panel Surya pada Fasad Bangunan.....	20
2.3.1 Ketentuan Teknikal.....	20
2.3.2 Ketentuan Estetika.....	24
2.3.3 Ketentuan Ekonomi.....	25
2.3.4 Ketentuan Sosial.....	25
2.4 Sirip Penangkal Sinar Matahari (SPSM).....	26
2.4.1 Definisi Sirip Penangkal Sinar Matahari.....	26
2.4.2 Fungsi Sirip Penangkal Sinar Matahari.....	27
2.4.4 Jenis-Jenis Sirip Penangkal Sinar Matahari	

SPSM memiliki beberapa jenis yang umum digunakan pada bangunan, diantaranya adalah.....	28
--	----

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN..... 30

3.1 Jenis Penelitian.....	30
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	30
3.3 Teknik Pengumpulan Data.....	30
3.3.1 Data Primer.....	30
3.3.2 Data Sekunder.....	30
3.3.3 Eksperimen Simulasi.....	31
3.3.4 Alur Kerja Penelitian.....	32
3.3.5 Langkah Kerja penggunaan Rhinoceros, Grasshopper dan LadyBug.....	34
3.4 Batasan Penelitian.....	47
3.5 Tahap Analisis Data Penelitian.....	47
3.6 Tahap Penarikan Kesimpulan.....	48

BAB IV

PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN..... 49

4.1 Data Objek Studi Penelitian dengan Lingkungan Sekitar.....	49
4.1.1 Data Umum Bangunan.....	49
4.1.2 Massa Bangunan di sekitar Bangunan Objek Penelitian.....	50
4.1.3 Vegetasi sekitar Bangunan Objek Penelitian.....	51
4.1.4 Gambar Kerja.....	54
4.1.3 Model 3D.....	56
4.2 Hasil Analisis Simulasi Bangunan Terhadap Tapak.....	58
4.2.1 Analisis Jalur Matahari (Sun Path Analysis).....	58
4.2.2 Analisis Durasi Penyinaran Matahari (Sunlight Hours).....	62
4.2.3 Analisis Insolasi Matahari (Radiation Analysis).....	67
4.3 Hasil Analisis Panel Surya.....	69
4.3.1 Analisis Lokasi Penempatan Panel Surya.....	69
4.3.2 Analisis Kemiringan Panel Surya.....	73
4.3.3 Analisis Kemiringan Sudut Modul Solar Panel pada sisi Timur dan Barat yang berlaku sebagai SPSM.....	79
4.3.4 Analisis Kemiringan Panel Surya yang dapat menghasilkan Energi Listrik Terbesar berdasarkan Jumlah Insolasi yang didapatkan.....	85
4.3.5 Analisis Struktur dan Konstruksi Pemasangan Modul Panel Surya pada Fasad.....	91
4.3.6 Tampilan Akhir Bangunan.....	95
4.4 Efektifitas Penerapan Panel Surya Pada Fasad Apartemen Landmark Residence.... 102	
4.4.1 Estimasi Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Listrik Apartemen Landmark Residence.....	102
4.4.2 Efektifitas Penerapan Panel Surya Berdasarkan Konsumsi Kebutuhan	

Listrik Bangunan.....	103
4.4.3 Estimasi Biaya Listrik Berdasarkan Kebutuhan Listrik Apartemen Landmark Residence.....	104
4.4.4 Efektivitas Penerapan Panel Surya Berdasarkan Konsumsi Listrik Tahunan.. 104	
4.4.5 Efektivitas Penghematan Biaya Listrik Berdasarkan Besaran Listrik yang Dapat Diproduksi.....	105
4.4.6 Pembahasan Potensi dan Kendala Penerapan Panel Surya pada Fasad Apartemen Landmark Residence.....	105
BAB V	
KESIMPULAN.....	109
5.1 Kesimpulan.....	109
5.2 Saran.....	110
DAFTAR PUSTAKA.....	112
LAMPIRAN.....	113



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Eksterior Apartemen Landmark Residence Bandung.....	16
Gambar 1.2 Diagram Kerangka Penelitian.....	20
Gambar 2.1 Klasifikasi apartemen berdasarkan jumlah lantai unit hunian.....	26
Gambar 2.2 Penggunaan Energi Signifikan di Gedung Komersial.....	28
Gambar 2.3 Bagian-Bagian pada Panel Surya.....	30
Gambar 2.4 Diagram Cara Kerja Panel Surya.....	30
Gambar 2.5 Komponen sistem Panel Surya.....	31
Gambar 2.6 Panel Surya Monocrystalline.....	31
Gambar 2.7 Panel Surya Thin-Film Cells.....	32
Gambar 2.8 : Ilustrasi Pergerakan Semu Matahari.....	34
Gambar 2.9 Ilustrasi Pergerakan Semu Matahari di Indonesia.....	34
Gambar 2.10 Sirip Penangkal Sinar Matahari Horizontal.....	40
Gambar 2.11 Tipe-tipe SPSM.....	41
Gambar 3.1 Diagram Proses Kerja Penelitian.....	45
Gambar 3.2 Langkah Import file .skp pada software Rhinoceros.....	47
Gambar 3.3 Tampilan software Rhinoceros bila file.skp sudah terbuka.....	47
Gambar 3.4 Langkah membuka Grasshopper dan Tampilan tab grasshopper.....	48
Gambar 3.5 Website LadyBug untuk mengunduh file EPW kota Bandung.....	48
Gambar 3.6 : Langkah memasukan file EPW pada Grasshopper.....	49
Gambar 3.7 Langkah menyambungkan “File Path” dengan “LB Import EPW”.....	49
Gambar 3.8 Langkah penggabungan komponen “LB Import EPW”, “LB Sunpath”, dan “LB Analysis Period”.....	50
Gambar 3.9 Tampilan hasil simulasi Analisis Jalur Matahari (Sun Path Analysis).....	50
Gambar 3.10 Langkah penyambungan komponen “LB SunPath” dan “LB Direct SunHours”.....	51
Gambar 3.11 Tampilan “Explode Block” dan “Group” pada software Rhinoceros.....	51
Gambar 3.12 Langkah menyambungkan komponen “Brep” dengan 3D Model.....	52
Gambar 3.13 Langkah menyambungkan komponen “Brep” pada bagian “Geometry” dan “Context”.....	52
Gambar 3.14 Tampilan hasil simulasi Analisis Durasi Sinar Matahari (Sunhour Analysis).....	53
Gambar 3.15 Tampilan hasil simulasi Analisis Durasi Sinar Matahari (Sunhour Analysis).....	53
Gambar 3.16 Tampilan hasil simulasi Analisis Durasi Sinar Matahari (Sunhour Analysis).....	54
Gambar 3.17 Rangkaian Algoritma Grasshopper pada Analisis Durasi Sinar Matahari (Sunhour Analysis).....	54
Gambar 3.18 Diagram simulasi Analisis Durasi Sinar Matahari (Sunhour Analysis).....	55

Gambar 3.19 Langkah menyambungkan “LB Cumulative Sky Matrix” dengan “LB Import EPW”.....	56
Gambar 3.20 Langkah menyambungkan “LB Cumulative Sky Matrix” dengan “LB Import EPW”.....	56
Gambar 3.21 Langkah menyambungkan “LB Incident Radiation” dengan “Brep”.....	57
Gambar 3.22 Langkah menyambungkan komponen “Boolean Toggle”.....	57
Gambar 3.23 Tampilan hasil simulasi Analisis Insolasi Matahari (Radiation Analysis).....	58
Gambar 3.24 Rangkaian Algoritma Grasshopper pada Analisis Durasi Sinar Matahari (Sunhour Analysis).....	58
Gambar 3.25 Diagram simulasi Analisis Insolasi Matahari (Radiation Analysis).....	59
Gambar 4.1 Bangunan Apartemen Landmark Residence.....	62
Gambar 4.2 Gambar Satelit Area Apartemen Landmark Residence.....	63
Gambar 4.3 Gambar Site Plan Apartemen Landmark Residence.....	64
Gambar 4.4 Foto Vegetasi sekitar Apartemen Landmark Residence.....	65
Gambar 4.5 Foto area Courtyard Apartemen Landmark Residence.....	65
Gambar 4.6 : Foto area Courtyard Apartemen Landmark Residence.....	66
Gambar 4.7 : Gambar Site Plan Apartemen Landmark Residence.....	66
Gambar 4.8 Gambar batas area pemasangan Panel Surya.....	67
Gambar 4.9 Gambar Kerja - Rencana Tapak.....	68
Gambar 4.10 Gambar Kerja - Tampak Bangunan Utara, Timur, Selatan, Barat.....	68
Gambar 4.11 Gambar Kerja - Denah Atap.....	69
Gambar 4.12 Tampak Selatan 3D Model.....	69
Gambar 4.13 Tampak Timur 3D Model.....	70
Gambar 4.14 Tampak Utara 3D Model.....	70
Gambar 4.15 Tampak Barat 3D Model.....	71
Gambar 4.16 Tampak Barat 3D Model.....	71
Gambar 4.17 : Jalur Matahari Selama Setahun Penuh.....	72
Gambar 4.18 Durasi Penyinaran sepanjang bulan Januari.....	76
Gambar 4.19 Durasi Penyinaran sepanjang bulan Februari.....	76
Gambar 4.20 Durasi Penyinaran sepanjang bulan Maret.....	76
Gambar 4.21 Durasi Penyinaran sepanjang bulan April.....	76
Gambar 4.22 Durasi Penyinaran sepanjang bulan Mei.....	77
Gambar 4.23 Durasi Penyinaran sepanjang bulan Juni.....	77
Gambar 4.24 Durasi Penyinaran sepanjang bulan Juli.....	77
Gambar 4.25 Durasi Penyinaran sepanjang bulan Agustus.....	77
Gambar 4.26 Durasi Penyinaran sepanjang bulan September.....	78
Gambar 4.27 Durasi Penyinaran sepanjang bulan Oktober.....	78
Gambar 4.28 Durasi Penyinaran sepanjang bulan November.....	78
Gambar 4.29 Durasi Penyinaran sepanjang bulan Desember.....	78
Gambar 4.30 Diagram Perbandingan Durasi Penyinaran Setiap sisi Bangunan	79

Gambar 4.31 Insolasi Matahari selama satu tahun penuh.....	80
Gambar 4.32 Penyesuaian area pemasangan panel surya sisi Utara.....	84
Gambar 4.33 : Penyesuaian area pemasangan panel surya sisi Timur.....	85
Gambar 4.44 : Penyesuaian area pemasangan panel surya sisi Barat.....	85
Gambar 4.45 Solar Chart / Diagram Matahari pada 6° LS.....	93
Gambar 4.46 Shadow Angle Protractor / Busur Sudut Bayangan.....	93
Gambar 4.47 Diagram Matahari dan Busur Sudut Bayangan sisi Timur.....	94
Gambar 4.48 Diagram Matahari dan Busur Sudut Bayangan sisi Barat.....	94
Gambar 4.49 Simulasi Cahaya Datang dan Pembayangan pada Unit Apartemen sisi Timur.....	95
Gambar 4.50 Perancangan desain sirip yang pertama.....	96
Gambar 4.51 Perancangan desain sirip yang kedua.....	96
Gambar 4.52 Perancangan desain sirip yang ketiga.....	97
Gambar 4.53 Konfigurasi perletakan dan kemiringan sirip horizontal pada sisi Timur dan Barat.....	98
Gambar 4.54 Solar Cladding Elemex.....	101
Gambar 4.55 : Modul dan Pemasangan Panel Surya.....	102
Gambar 4.56 Struktur Pemasangan Modul 300mm x 2000mm.....	106
Gambar 4.57 Tampilan akhir modul panel surya pada balkon 1 dan 2.....	106
Gambar 4.58 Dinding Eksisting yang dilapisi lapisan Heat-Insulation.....	107
Gambar 4.59 Pemasangan rangka vertikal dan horizontal untuk dudukan modul panel surya.....	107
Gambar 4.60 Pemasangan modul solar panel pada rangka.....	108
Gambar 4.61 Tampak Fasad Utara Sebelum dan Sesudah Pemasangan Panel Surya.....	109
Gambar 4.62 Tampak Fasad Timur Sebelum dan Sesudah Pemasangan Panel Surya.....	110
Gambar 4.63 Tampak Fasad Barat Sebelum dan Sesudah Pemasangan Panel Surya.....	111
Gambar 4.64 Perspektif Sebelum dan Sesudah Pemasangan Panel Surya.....	112
Gambar 4.65 Perspektif Sebelum dan Sesudah Pemasangan Panel Surya.....	113
Gambar 4.66 Perspektif Sebelum dan Sesudah Pemasangan Panel Surya.....	114
Gambar 4.67 Tampilan Akhir Bangunan Dengan Aplikasi Panel Surya pada Fasad Bangunan.....	119

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Proses Tahapan Penelitian.....	52
Tabel 3.1 Tahapan Analisis Data Penelitian.....	66
Tabel 4.1 Data Umum Bangunan Landmark Residence.....	69
Tabel 4.2 Pola Jalur Matahari dari Bulan Januari hingga Desember.....	79
Tabel 4.3 Pola Pembayangan Matahari dari Bulan Januari hingga Desember.....	80
Tabel 4.4 Data Durasi Penyinaran selama Satu Tahun pada Setiap sisi Bangunan.....	85
Tabel 4.5 Insolasi Matahari selama Satu Tahun Penuh.....	87
Tabel 4.6 Penempatan area potensial dengan luasan permukaan.....	89
Tabel 4.7 Hasil Simulasi Variasi Sudut Kemiringan pada Sisi Utara.....	93
Tabel 4.8 Hasil Simulasi Variasi Sudut Kemiringan pada Sisi Timur.....	94
Tabel 4.9 Hasil Simulasi Variasi Sudut Kemiringan pada Sisi Barat.....	95
Tabel 4.10 hasil simulasi variasi sudut kemiringan terbaik pada sisi Utara, Timur, dan Barat.....	98
Tabel 4.11 Hasil simulasi variasi sudut kemiringan terbaik pada sisi Utara, Timur, dan Barat.....	104
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Simulasi Akhir.....	105
Tabel 4.13 Total Hasil Insolasi Matahari selama satu tahun dan Luas Bidang yang dibutuhkan.....	107
Tabel 4.14 Total Hasil Insolasi Matahari selama satu tahun dan Kebutuhan Luas bidang....	108
Tabel 4.15 Hasil Pengujian Simulasi Akhir.....	111
Tabel 4.16 Total Beban Modul Panel Secara Keseluruhan.....	111
Tabel 4.17 Estimasi IKE Listrik Tipe Hotel / Apartemen.....	121
Tabel 4.18 Estimasi IKE Listrik Apartemen Landmark Residence.....	121
Tabel 4.19 Rincian Beban Listrik Apartemen Landmark Residence.....	122
Tabel 4.20 Rincian Beban Listrik Apartemen Landmark Residence.....	122
Tabel 4.21 Estimasi biaya tarif listrik berdasarkan IKE Landmark Residence.....	123
Tabel 4.22 Perbandingan Persentase Konsumsi Listrik Bangunan.....	123
Tabel 4.23 Penghematan Biaya Listrik Per Tahun.....	124

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanasan global telah menjadi salah satu isu global yang kini menjadi perhatian dunia. Fenomena ini terjadi karena meningkatnya suhu rata-rata global di atmosfer dan permukaan bumi dalam skala waktu yang relatif singkat. Peningkatan suhu ini terjadi akibat dari adanya emisi gas rumah kaca berupa konsentrasi gas-gas yang meningkat seperti karbon dioksida, metana, dan gas-gas lainnya yang dilepaskan ke atmosfer sebagai hasil dari aktivitas manusia seperti yang terjadi pada pembakaran bahan bakar fosil, deforestasi, dan produksi industri. Efek dari fenomena pemanasan global sangat beragam dan menjadi sebuah ancaman bagi keberlangsungan kehidupan manusia di planet ini, yang mengakibatkan terjadinya kenaikan permukaan air laut, perubahan pola cuaca yang ekstrem, peningkatan frekuensi dan intensitas bencana alam, penurunan kualitas lingkungan hidup, dan lain-lain.

Salah satu sektor yang menyumbang emisi gas rumah kaca yang signifikan adalah bangunan, termasuk pada bangunan bertingkat tinggi. Secara singkat, menurut data dari *United Nations Environment Programme Buildings and Climate Change: Summary for Decision Makers (2019)*, Emisi gas rumah kaca pada bangunan bertingkat terutama disebabkan oleh penggunaan energi listrik, sistem pendingin, proses pembangunan, material bangunan, dan kebocoran energi. Hal ini juga didukung dengan data Perusahaan Listrik Negara (PLN) 2022, tercatat penjualan kumulatif PLN pada bulan November 2022 telah mencapai 250,4 *Terawatt Hour* (TWh) yang bila dibandingkan dengan tahun sebelumnya, telah terjadi peningkatan sebesar 6,61 persen. Sektor yang berkontribusi besar pada konsumsi listrik di tahun 2022 adalah segmen rumah tangga, sebesar 106,23 TWh (42,43 persen) yang disusul segmen industri sebesar 81,17 TWh (32,42 persen), segmen bisnis 43,99 TWh (17,57 persen), segmen sosial sebesar 9,18 TWh (3,67 persen), dan segmen publik sebesar 7,82 TWh (3,13 persen). Hal tersebut menjadi indikator pemulihan perekonomian yang sudah membaik pada periode pasca pandemi COVID-19, karena permintaan listrik sejalan dengan pertumbuhan ekonomi.

Dalam upaya melakukan penghematan energi oleh pemerintah, melalui kota DKI Jakarta sebagaimana salah satu kota metropolitan di Indonesia telah menerbitkan Peraturan Gubernur (Pergub) Nomor 38 Tahun 2012 tentang Bangunan Gedung Hijau / *Green Building* dan Instruksi Gubernur (Ingub) Nomor 66 Tahun 2019 tentang

Pengendalian Kualitas Udara pada bangunan hijau. Aturan-aturan tersebut diterapkan guna untuk melakukan efisiensi energi untuk mendukung target efisiensi gas rumah kaca di DKI Jakarta berkurang 30 persen di tahun 2030. Dalam memberlakukan misi pemerintah untuk menekan jumlah emisi karbon pada kota besar di Indonesia, kebijakan *Carbon tax* juga diberlakukan dimana *Carbon tax* merupakan sebuah instrumen kebijakan insentif yang bertujuan untuk mengendalikan emisi gas karbon dioksida (CO²) yang memungkinkan sebuah perusahaan melakukan usaha untuk mengurangi emisinya dengan biaya serendah mungkin dan bertujuan mendapatkan insentif (finansial) yang dapat memperbesar keuntungan perusahaan. Kebijakan *carbon tax* ini juga dapat berpotensi menjadi sumber penghasilan tambahan negara yang selanjutnya dimanfaatkan kembali untuk pertumbuhan ekonomi. Hal ini dapat menjadi salah satu contoh upaya pemerintah dalam menanggapi penghematan energi pada kota-kota besar di Indonesia.

Demi menghadapi berbagai tantangan serta risiko perubahan iklim di masa yang akan datang, pemerintah Indonesia melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia tengah menyusun sebuah rencana peta untuk merealisasikan kebijakan *Net Zero Emission* (NZE) atau nol emisi karbon pada tahun 2060. Nol emisi karbon merupakan sebuah kondisi dimana emisi karbon yang dilepaskan ke atmosfer tidak melebihi jumlah emisi yang mampu diserap oleh bumi. Dalam mencapainya diperlukan sebuah perubahan transisi dari penggunaan sistem energi saat ini ke sistem energi yang bersih untuk mencapai kondisi yang seimbang antara aktivitas manusia dengan keseimbangan alam. Energi menjadi salah satu sektor yang difokuskan dalam upaya NZE di Indonesia. Dalam mengurangi jejak karbon dan mencapai kondisi NZE, pemerintah menerapkan lima prinsip utama yaitu : Peningkatan pemanfaatan energi terbarukan (EBT); pengurangan energi fosil; penggunaan kendaraan listrik di sektor transportasi; peningkatan pemanfaatan listrik pada rumah tangga dan industri; dan pemanfaatan *Carbon Capture and Storage* (CSS).

Peningkatan pemanfaatan sumber energi terbarukan dan pengurangan energi fosil menjadi salah satu prinsip utama dalam melakukan gerakan *Net Zero Emission* yang menjadi solusi untuk mengurangi jumlah emisi karbon di atmosfer bumi. Salah satu penghasil sumber energi terbarukan adalah teknologi panel surya yang mampu mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik. Secara geografis, letak Indonesia terletak di garis khatulistiwa yang sangat berpotensi untuk memanfaatkan teknologi ini secara maksimal mengingat sinar matahari dapat diperoleh secara optimal hampir pada seluruh bagian pulau di Indonesia.

Sebagai sumber energi terbarukan, panel surya dapat dipasangkan pada berbagai jenis bangunan dan dapat menjadi bagian yang terintegrasi dari bangunan itu sendiri. Selain itu, panel surya memiliki berbagai keuntungannya tersendiri dalam memanfaatkan ruang kosong pada bangunan seperti pada atap bangunan maupun fasad bangunan sebagai area yang berpotensi untuk mendapatkan sinar matahari yang maksimal. Pertimbangan aspek teknis dan kesesuaian instalasi panel surya pada bangunan menjadi bagian terpenting yang harus disesuaikan dengan kebutuhan energi pada bangunan, orientasi bangunan, sudut kemiringan matahari, pengaruh pembayangan pada sinar matahari serta persyaratan pemasangan yang sesuai dengan kode bangunan setempat.

Pada penelitian ini, objek yang akan dianalisis adalah Landmark Residence Bandung yang merupakan sebuah kompleks apartemen dengan konsep *Green Building* yang terletak di kawasan Setiabudi, Bandung, Jawa Barat. Pertimbangan pemilihan objek Apartemen Landmark Residence Bandung adalah karena fungsi dari bangunan tersebut sebagai hunian bagi rumah tinggal keluarga yang merupakan segmen penyumbang sebagian besar konsumsi energi listrik, memiliki konsep berupa bangunan hijau, dan terletak pada kota Bandung yang merupakan salah satu kota metropolitan. Selain itu, baik pada sisi Barat dan Timur bangunan, tidak ada upaya untuk menangkal sinar matahari sehingga unit apartemen pada sisi tersebut terasa sangat terik dan panas. Upaya pemasangan solar panel baik pada atap maupun fasad bangunan diharapkan dapat mengurangi konsumsi energi bangunan atas beban listrik pada bangunan dan juga berlaku sebagai Sirip Penangkal Sinar Matahari (SPSM).



Gambar 1.1 Eksterior Apartemen Landmark Residence Bandung
(Sumber : Landmark Residence, 2013)

1.2 Perumusan Masalah

Pada dasarnya, bangunan bertingkat tinggi dengan fungsi apartemen membutuhkan banyak energi untuk menjalankan berbagai peralatan dan sistem di dalamnya yang mengharuskannya untuk beroperasi selama terus-menerus dalam kurun waktu 24 jam perhari. Penggunaan energi tersebut memanfaatkan sumber energi yang tak terbarukan sehingga akan memiliki dampak yang tidak ramah lingkungan. Panel surya menjadi salah satu alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan turut berperan dalam mengurangi dampak gas emisi rumah kaca terhadap lingkungan. Fungsi apartemen yang berupa bangunan tingkat tinggi, memiliki suatu potensi yang sekaligus menjadi keuntungannya yaitu pada fasad bangunan dimana pada area ini, terdapat luas area yang terkena sinar matahari lebih besar dibandingkan dengan area atap bangunan, sehingga pada area fasad pun dapat diaplikasikan dengan panel surya untuk penggunaan solar panel secara maksimal.

Apartemen Landmark Residence dipilih menjadi objek studi karena fungsi dari bangunan yang berkontribusi memberikan penggunaan listrik terbesar, perletakan massa bangunan yang memiliki orientasi ke arah Utara-Selatan dan sisi Panjang pada sisi Barat-Timur. Terlebih lagi, pada apartemen ini terdapat area pada fasad yang dapat untuk dipasangkan panel surya sehingga objek studi bangunan tersebut cukup berpotensi untuk dikaji dalam penelitian ini.

1.3 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah dijabarkan sebelumnya, muncul beberapa pernyataan penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana potensi konfigurasi perletakan panel surya pada fasad bangunan Apartemen Landmark Residence Bandung yang efektif yang dikaitkan dengan orientasi dan kemiringan panel?
2. Berapa besar pemanfaatan area yang dapat digunakan untuk aplikasi panel surya yang dapat disesuaikan dengan desain fasad Apartemen Landmark Residence Bandung?
3. Berapa besar penghematan dan efektivitas energi listrik yang dapat dicapai melalui pemasangan panel surya pada fasad bangunan Apartemen Landmark Residence Bandung?

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui jenis panel surya, pemasangan kemiringan panel, dan pemasangannya secara struktural pada fasad bangunan.
2. Mengetahui gagasan pengaplikasian panel surya pada fasad Apartemen Landmark Residence Bandung dengan mempertimbangkan letak dan kondisi geografisnya
3. Mengetahui tingkat efektivitas penghematan energi yang dapat dicapai secara maksimal dari pengaplikasian panel surya sebagai sumber energi terbarukan terhadap fasad Apartemen Landmark Residence Bandung.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat kontribusi dari penelitian ini terbagi menjadi 2 poin utama yaitu secara akademis dan praktis yaitu :

1. Menambah wawasan dan kajian ilmu pengetahuan dalam bidang arsitektur yang berkaitan dengan pengaplikasian panel surya terhadap fasad bangunan tinggi serta meningkatkan kesadaran pentingnya melakukan penerapan sumber energi terbarukan pada bangunan.
2. Memaparkan potensi maksimal penghematan energi yang dapat dicapai, kendala serta manfaat penerapan panel surya pada bangunan, dan kelebihan serta kekurangan pemasangan panel surya pada fasad bangunan tinggi.
3. Menjadi tolak ukur, bahan kajian dan pertimbangan bagi pengelola apartemen dalam memasang solar panel pada bangunan.

1.6 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada pembahasan sebagai berikut:

1.6.1 Lingkup Penelitian

Penelitian ini berfokus pada potensi dan kendala penerapan panel surya pada fasad bangunan Apartemen Landmark Residence Bandung dengan mempertimbangkan aspek efektifitas dan efisiensi energi yang dapat diperoleh, aplikasi panel surya pada fasad dalam kaitannya dengan desain bangunan eksisting.

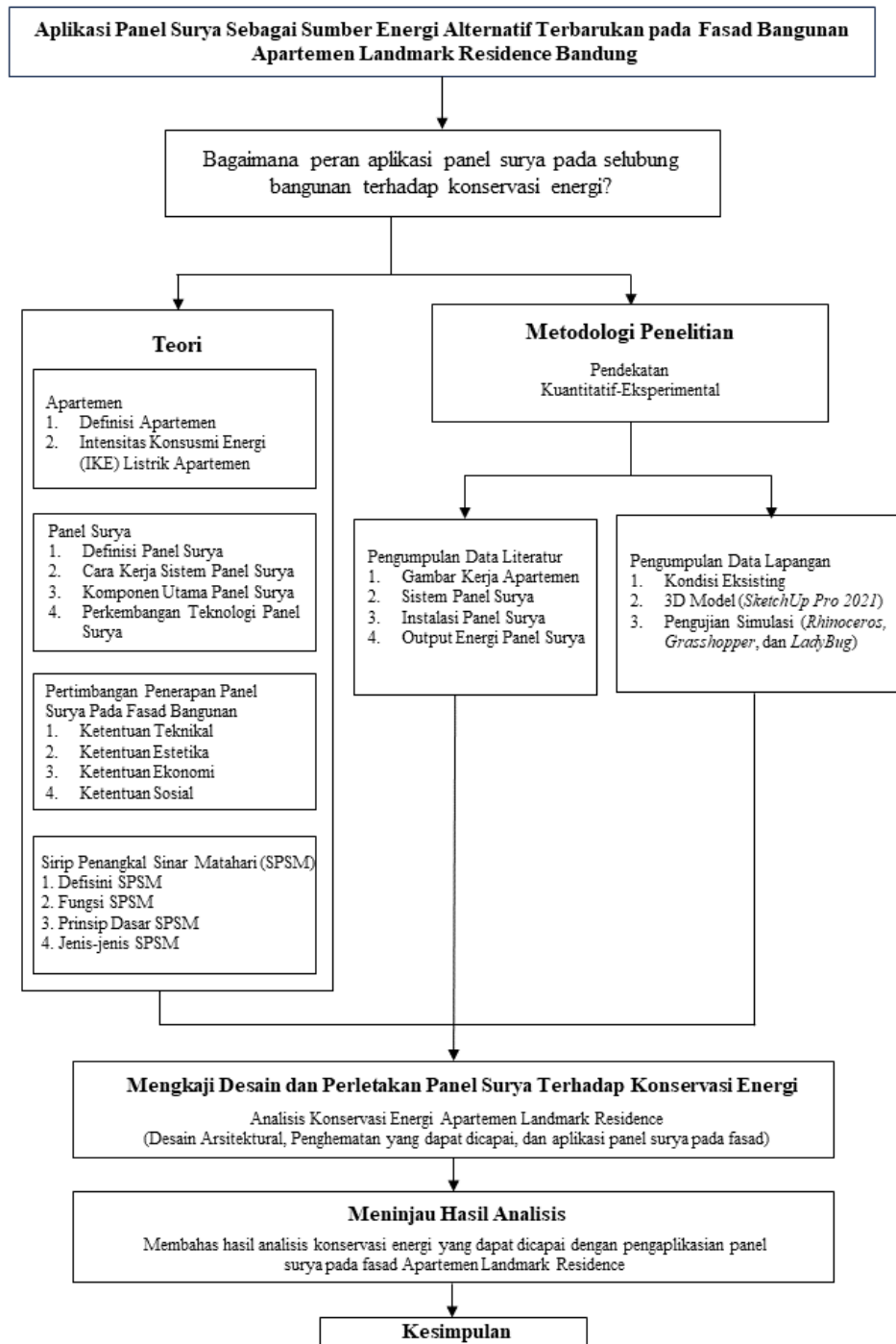
1.6.2 Lingkup Objek Studi

Berikut pembatasan ruang lingkup penelitian objek studi :

1. Lingkup pengujian akan dilakukan dengan basis iklim tropis, dengan lokasi di Indonesia, tepatnya di wilayah Cicendo, Kota Bandung, Jawa Barat
2. Data lingkungan, iklim dan cuaca akan mengacu pada data *EPW Map*
3. Bentuk geometri bangunan yang akan diuji menyesuaikan dengan kondisi eksisting objek studi Apartemen Landmark Residence Bandung, yang memiliki total 2 buah Menara
4. Lingkup pengujian objek studi yang akan dilakukan menggunakan perangkat lunak *Rhinoceros*, *Grasshopper*, dan *Ladybug*
5. Pengujian akan dilakukan pada sisi bangunan yang menghadap ke arah Utara, Barat, dan Timur.



1.7 Kerangka Penelitian



Gambar 1.2 Diagram Kerangka Penelitian

1.8 Sistematika Penulisan

BAB I – PENDAHULUAN

Bab pendahuluan berisikan latar belakang penelitian yang meliputi latar belakang pemilihan topik, objek penelitian yang akan diteliti, perumusan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian.

BAB II – TINJAUAN PUSTAKA

Bab tinjauan pustaka berisikan tentang penjabaran mengenai tipologi fungsi bangunan objek studi, penerapan, potensi dan strategi implementasi panel surya, dan teori mengenai matahari

BAB III – METODOLOGI PENELITIAN

Bab metodologi penelitian menjabarkan mengenai jenis penelitian, tempat dan waktu penelitian, serta Teknik analisis dalam menarik kesimpulan.

BAB IV – HASIL PENELITIAN

Bab hasil penelitian berisikan hasil penelitian berdasarkan simulasi yang dilakukan menggunakan perangkat lunak Rhinoceros dengan plugin Grasshopper dan Ladybug.

BAB V – KESIMPULAN DAN SARAN

Bab kesimpulan dan saran akan berisi data hasil akhir berdasarkan analisis yang dilaksanakan terkait pemasangan panel surya pada fasad Apartemen Landmark Residence Bandung.