

SKRIPSI 52

**UPAYA PENGHEMATAN ENERGI DENGAN
MENGINTEGRASIKAN PANEL FOTOVOLTAIK
PADA ATAP DAN FASAD
HOTEL AKMANI JAKARTA**



**NAMA : AURELIA DOROTHY Y. P.
NPM : 6111801160**

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

**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
2022**

SKRIPSI 52

***EFFORTS ON SAVING ENERGY BY
INTEGRATING
PHOTOVOLTAIC PANELS ON THE ROOF AND
FACADE OF
AKMANI HOTEL JAKARTA***



**NAMA : AURELIA DOROTHY Y. P.
NPM : 6111801160**

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

**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
2022**

SKRIPSI 52

**UPAYA PENGHEMATAN ENERGI DENGAN
MENGINTEGRASIKAN PANEL FOTOVOLTAIK
PADA ATAP DAN FASAD
HOTEL AKMANI JAKARTA**



**NAMA : AURELIA DOROTHY Y. P.
NPM : 6111801160**

PEMBIMBING:



IR. AMIRANI RITVA SANTOSO, M.T.

PENGUJI :

**IR. MIRA DEWI PANGESTU, M.T.
DR. NANCY YUSNITA NUGROHO, S.T., M.T.**

**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
2022**

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN SKRIPSI
(Declaration of Authorship)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Aurelia Dorothy Yohanes Putri
NPM : 6111801160
Alamat : Jl. Janur Elok X QG 8 No. 4, Kelapa Gading Barat, Jakarta
Utara, 14240
Judul Skripsi : Potensi Aplikasi Panel Fotovoltaik pada Selubung Hotel
Akmani Jakarta sebagai Sumber Energi Terbarukan

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.

Jakarta, 14 Juni 2022



Aurelia Dorothy Yohanes Putri

Abstrak

UPAYA PENGHEMATAN ENERGI DENGAN MENGINTEGRASIKAN PANEL FOTOVOLTAIK PADA ATAP DAN FASAD HOTEL AKMANI JAKARTA

Oleh
Aurelia Dorothy Y.P.
NPM: 6111801160

Seiring berkembangnya zaman, kebutuhan energi semakin besar sedangkan persediaan energi yang ada terus menipis. Sumber energi yang sedang dikembangkan menjadi alternatif yang ramah lingkungan adalah solar panel. Sistem solar panel adalah sistem yang mengonversi sinar matahari menjadi energi listrik dan dapat digunakan sebagai sumber energi untuk berbagai jenis bangunan dari skala kecil hingga skala besar. Pada bangunan bertingkat rendah peletakan solar panel dapat diletakan di atap, tetapi lain halnya untuk bangunan bertingkat tinggi. Dengan luas bidang bangunan yang paling besar terdapat pada fasad, area inilah yang dapat digunakan untuk instalasi panel surya. Pemasangan panel surya pada selubung setiap bangunan dapat bervariasi, dan tidak dapat dipasang dengan sembarang. Perhotelan merupakan sektor komersial yang berkontribusi besar dalam konsumsi energi nasional, dengan industri yang seiring waktu terus berkembang. Bangunan hotel sendiri beroperasi sepanjang hari, dengan kebutuhan listrik untuk berbagai fasilitas dan aktivitas di dalamnya yang cukup besar. Saat ini sumber energi utama yang digunakan pada bangunan hotel adalah melalui PLN, sehingga terdapat urgensi besar untuk mengurangi konsumsi energi tak terbarukan pada fungsi ini dan menerapkan penggunaan panel surya sebagai sumber energi terbarukan bangunan.

Penelitian menggunakan metode observasi dan eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Teknologi solar panel yang sudah ada dikembangkan untuk instalasi pada fasad bangunan bertingkat tinggi dan dilakukan eksperimen dengan pemodelan 3D untuk menentukan peletakan dan sudut paling efektif. Data untuk Hotel Akmani dikumpulkan dari observasi dari simulasi yang dilakukan pada pemodelan 3D dan studi pustaka. Dari simulasi dan eksperimen yang dilakukan berdasarkan data iklim objek studi dapat ditemukan energi yang dapat dihasilkan dari pemasangan panel surya. Dari data tersebut maka dapat dilakukan perhitungan terhadap potensi penghematan energi dan biaya yang perlu dipersiapkan apabila dilakukan instalasi panel surya pada atap dan fasad objek studi.

Hasil dari penelitian ini menemukan bahwa melakukan integrasi panel surya pada selubung bangunan dapat berperan dalam mengurangi konsumsi energi kamar Hotel Akmani Jakarta secara signifikan. Pemasangan panel fotovoltaik pada fasad bangunan dapat berkontribusi meningkatkan *output* PV yang sebelumnya hanya diaplikasikan pada atap bertambah, dengan *output* energi bervariasi tergantung letak, orientasi, dan jenis PV yang digunakan. Ditemukan bahwa material pada fasad yang paling banyak menghasilkan energi adalah CIGS yang terletak pada sisi Barat bangunan, dan berdasarkan BEP pemasangan PV pada atap tetap terhitung paling cepat mendapatkan balik modal. Pemasangan PV pada selubung bangunan juga terhitung menguntungkan, selain mengurangi pengeluaran biaya listrik, panel surya dapat memberikan balik modal dari biaya yang dikeluarkan untuk pembelian inisial.

Kata-kata kunci: solar panel, selubung bangunan, bangunan bertingkat tinggi, konservasi energi, hotel

Abstract

EFFORTS ON SAVING ENERGY BY INTEGRATING PHOTOVOLTAIC PANELS ON THE ROOF AND FACADE OF AKMANI HOTEL JAKARTA

by

Aurelia Dorothy Y.P.

NPM: 6111801160

As technologies develop, the need for energy gets higher and higher while we face the depletion of energy resources. Currently the most common way to alternative energy that is accessible for public are solar panels. The solar panel system converts sunlight into electricity and could be used for any scale of projects. For low rise buildings, solar panels are usually put on top of the roof, but on high rise buildings it could be a different case. Because high rise buildings have a bigger envelope area, thus this part of the building has a huge potential for solar panels. The effective use for solar panels as a part of the building envelope on each building differs and should not be installed haphazardly. Hospitality is a growing business that is part of the commercial sector which contributes a big part on national energy consumption. A hotel operates for the entire day, every day and it has a huge demand for electricity to supply facilities and activities inside. Right now, hotels use PLN as their main source of energy, which is why there is an urgency to decrease consumption on non-renewable energy on this building function and start pushing the use of solar panels as a renewable energy source.

This research used observation and experimental methods with a quantitative approach. The existing solar panel technology is developed for installation on the rooftop and envelope of high-rise buildings, and experiments with 3D modelling were carried out to determine the most effective placement and angle. The data for The Akmani Hotel Jakarta were collected from observations and simulations performed on the 3D modeling and literature studies. All the simulations and experiments conducted are based on the climate data of the building site, which indicates the potential energy that could be generated from installing solar panels. From this data, it is possible to calculate the amount of energy savings and costs that should be prepared when installing solar panels for this building.

From the observation done, it is found that integrating solar panels on the building envelope plays a role on significantly reducing the amount of energy consumption of the rooms at Akmani Hotel Jakarta. Applying PV panels on the building façade contributes on increasing the PV output, and it varies depending on the location, orientation, and PV types used. Installing PV on the building is also profitable, in addition to reducing electricity costs, solar panels can provide a return on investment from the costs incurred for the initial purchase.

Keywords: *solar panel, building envelope, high rise buildings, energy conservation, hotel*

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 seijin 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. atas pengarahan, pengetahuan, masukan, dan bimbingan yang diberikan pada penulis sepanjang proses penulisan skripsi,
- Dosen penguji, Ir. Mira Dewi Pangestu, M.T. dan Dr. Nancy Yusnita Nugroho atas masukan dan bimbingan yang diberikan,
- Orang tua, saudara, beserta keluarga yang telah memberikan semangat dan motivasi sepanjang skripsi ini,
- Stevanus James sebagai penyemangat, pemberi motivasi, dan saran yang diberikan selama masa pengerjaan skripsi,
- Teman-teman LTK, Komunitas Jungos, SO ENGRY, Gbu, Rectangle, dan teman-teman arsitektur 2018 atas kebersamaan, semangat, dan saran yang diberikan selama mengerjakan skripsi dan perkuliahan,
- Semua 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 kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam membantu menambah pengetahuan pembaca.

Bandung, 30 Juni 2022

Aurelia Dorothy Y. P.

DAFTAR ISI

Abstrak.....	i
Abstract.....	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	.vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Pertanyaan Penelitian.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
1.6. Ruang Lingkup Penelitian.....	5
1.7. Kerangka Penelitian.....	6
1.8. Sistematika Penelitian.....	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1. Hotel.....	9
2.1.1. Definisi Bangunan.....	9
2.1.2. Karakteristik Hotel Butik Bintang 4.....	10
2.1.3. Konsumsi Energi Bangunan Hotel.....	12
2.2. Panel Surya.....	12
2.2.1. Pengertian Panel Surya.....	12
2.2.2. Sejarah Teknologi Panel Surya.....	13
2.2.3. Kelebihan Panel Surya.....	17
2.2.4. Kategori Panel Surya.....	18
2.2.5. Sel Surya.....	20
2.2.6. Faktor Efektivitas Panel Surya.....	23
2.2.7. Komponen Sistem Panel Surya.....	26

2.2.8. Pemodelan Sistem Panel Surya.....	28
2.2.9. Aspek Finansial Pemasangan Sistem Panel Surya.....	28
2.2.10. Tahapan Pemasangan Panel Surya.....	30
BAB 3 METODE PENELITIAN	33
3.1. Jenis Penelitian	33
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian.....	33
3.3. Teknik Pengumpulan Data.....	33
3.3.1. Observasi.....	34
3.3.2. Eksperimen	34
3.3.3. Studi Pustaka.....	36
3.4. Tahap Analisis Data.....	36
3.4.1. Identifikasi Masalah.....	37
3.4.2. Studi Literatur	37
3.4.3. Pengumpulan Data	37
3.4.4. Perancangan Sistem Panel Surya	37
3.4.5. Analisis Efektivitas Panel Surya	38
3.4.6. Analisis Kelayakan Finansial.....	38
3.4.7. Hasil Perencanaan	38
3.5. Tahap Penarikan Kesimpulan	38
BAB 4 HASIL PENELITIAN	39
4.1. Data Bangunan.....	39
4.1.1. Data Umum Bangunan.....	39
4.1.2. Konsumsi Energi Hotel Akmani Jakarta.....	40
4.1.3. Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya.....	42
4.1.4. Jalur Matahari (<i>Sunpath</i>).....	45
4.2. Hasil Penelitian.....	45
4.2.1. Analisis Radiasi Matahari pada Selubung Tower Hotel Akmani Jakarta	45
4.2.2. <i>Sunlight Hours</i>	48

4.2.3.	Aplikasi Setiap Tipe Panel Fotovoltaik Berdasarkan Tipe Fasad .	52
4.2.4.	Aplikasi Panel Fotovoltaik pada Atap dengan Material Monokristalin	53
4.2.5.	Aplikasi Panel Fotovoltaik pada Fasad dengan Material GRC dengan CIGS	57
4.2.6.	Aplikasi Panel Fotovoltaik pada Jendela Kamar dan <i>Curtain Wall</i> dengan <i>Transparent Amorphous Thin Film</i>	63
4.2.7.	Analisis Biaya Pembangunan PLTS	69
4.2.8.	Potensi PV Menunjang Kebutuhan Listrik Bangunan	79
BAB 5	KESIMPULAN.....	83
5.1.	Kesimpulan	83
5.2.	Saran	85
DAFTAR PUSTAKA.....		89
LAMPIRAN.....		93



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Eksterior Hotel Akmani Jakarta	3
Gambar 1.2 Perkembangan Perhotelan di Indonesia	4
Gambar 1.3 Diagram Pola Penggunaan Energi Hotel di Jakarta	4
Gambar 1.4 Perumusan Masalah dari Fenomena.....	4
Gambar 1.5 Kerangka Penelitian	6
Gambar 2.1. Peningkatan Jumlah Pelanggan PLTS.....	13
Gambar 2.2 Monokristalin	14
Gambar 2.3 Polikristalin	14
Gambar 2.4 <i>Thin Film</i> Solar Panel.....	15
Gambar 2.5 <i>Amorphous Solar Cell</i>	15
Gambar 2.6 <i>CIGS Solar Cell</i>	16
Gambar 2.7 <i>Dye Sensitized Solar Cells</i>	16
Gambar 2.8 Perbandingan Harga dan Efisiensi Setiap Generasi Sel Surya.....	17
Gambar 2.9. Variasi Material Sel Surya	22
Gambar 2.10. Dampak Bayangan terhadap Produksi Listrik.....	24
Gambar 2.11. Sudut Kemiringan Panel Surya	25
Gambar 2.12. Diagram Konfigurasi Panel Surya.....	26
Gambar 2.13 Cara Kerja PLTS dan Komponennya.....	27
Gambar 3.1 Posisi Matahari Sepanjang Tahun	33
Gambar 3.2 Pengambilan Data Iklim Jakarta dengan <i>epw Weather File</i>	35
Gambar 3.3 Data Grafik yang Disediakan <i>Ladybug</i>	35
Gambar 4.1 Denah Situasional Hotel Akmani Jakarta.....	39
Gambar 4.2 Kamar Hotel Akmani Jakarta.....	41
Gambar 4.3 Grafik Hubungan <i>Slope</i> terhadap Radiasi Matahari yang Diterima PV/ Bulan	42
Gambar 4.4 Perbandingan Radiasi Rata-rata yang Diterima PV pada Musim Hujan dan Kemarau	43
Gambar 4.5 Jalur Matahari Bulan Januari, Februari, Maret	45
Gambar 4.6 Jalur Matahari Bulan April, Mei, Juni	45
Gambar 4.7 Jalur Matahari Bulan Juli, Agustus, September	45
Gambar 4.8 Jalur Matahari Bulan Oktober, November, Desember	45
Gambar 4.9 Radiasi Tahunan per m ² Hotel Akmani Jakarta	46

Gambar 4.10 Visualisasi Radiasi Tahunan Sisi Utara dan Selatan Hotel Akmani Jakarta	46
Gambar 4.11 Visualisasi Radiasi Tahunan Sisi Barat dan Timur Hotel Akmani Jakarta	47
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Insolasi Matahari Setiap Sisi Bangunan	48
Gambar 4.13 Visualisasi <i>Sunlight Hours</i> Bulan Maret	49
Gambar 4.14 Indikator Warna <i>Sunlight Hours</i> Bulan Maret	49
Gambar 4.15 Visualisasi <i>Sunlight Hours</i> Bulan Juni	50
Gambar 4.16 Indikator Warna <i>Sunlight Hours</i> Bulan Juni	50
Gambar 4.17 Visualisasi <i>Sunlight Hours</i> Bulan Desember	50
Gambar 4.18 Indikator Warna <i>Sunlight Hours</i> Bulan Desember	51
Gambar 4.19 Visualisasi <i>Sunlight Hours</i> Sepanjang Tahun	51
Gambar 4.20 Indikator Warna <i>Sunlight Hours</i> Sepanjang Tahun	51
Gambar 4.21 Grafik Perbandingan Lama Penyinaran Bangunan	52
Gambar 4.22 Rangkaian PV pada Atap	53
Gambar 4.23 Rangka Monokristalin	53
Gambar 4.24 Sudut Kemiringan Panel Surya Monokristalin	54
Gambar 4.25 Visualisasi Satuan untuk Perhitungan Jarak antar Panel	54
Gambar 4.26 Grafik Elevasi Matahari pada Akmani Hotel Jakarta	55
Gambar 4.27 Hasil Radiasi PV Monokristalin pada Bidang Atap	56
Gambar 4.28 Tampilan CIGS pada Fasad Bangunan	57
Gambar 4.29 Area Peletakan PV CIGS pada Kaca Jendela Kamar Barat dan Timur	58
Gambar 4.30 Modelling Pemasangan CIGS	58
Gambar 4.31 Detail Pemasangan CIGS ke Dinding Bangunan	59
Gambar 4.32 <i>Layout</i> Potensi Area Pemasangan PV CIGS pada sisi Timur dan Barat	60
Gambar 4.33 Foto Sisi Barat Bangunan	61
Gambar 4.34 Area Substraksi Panel Surya CIGS pada Sisi Barat karena Radiasi Rendah	61
Gambar 4.35 <i>Transparent Amorphous Thin Film</i> PV	63
Gambar 4.36 Rangkaian Peletakan PV Amorphous pada Kaca Jendela Kamar Barat dan Timur	64
Gambar 4.37 Denah dan Tampak Detail Area Pemasangan <i>Transparent Amorphous Thin Film</i>	64
Gambar 4.38 Modelling Area Pemasangan <i>Transparent Amorphous Thin Film</i>	64
Gambar 4.39 Fasad Sisi Utara Bangunan	65
Gambar 4.40 Detail Sambungan Kaca <i>Transparent Amorphous Thin Film</i>	65

Gambar 4.41 Jumlah PV Amorphous pada Modul Fasad Kaca Akmani Hotel.....	66
Gambar 4.42 Area Amorphous PV pada sisi Utara dan Selatan.....	67
Gambar 4.43 Grafik BEP Monokristalin	73
Gambar 4.44 Grafik BEP Amorphous Thin Film pada Sisi Barat.....	75
Gambar 4.45 Grafik BEP Amorphous Thin Film pada Sisi Timur.....	76
Gambar 4.46 Grafik BEP PV CIGS pada Sisi Barat.....	77
Gambar 4.47 Grafik BEP PV CIGS pada Sisi Timur	78



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tipologi Massa Bangunan Hotel	10
Tabel 2. 2 Fasilitas pada Hotel Bintang 4	11
Tabel 2.3 Nilai Standar IKE Bangunan Hotel.....	12
Tabel 2.4 Tabel Persentase Konsumsi Energi Hotel S.....	12
Tabel 2.5. Kelebihan dan Kekurangan Sistem Panel Surya.....	19
Tabel 2.6. Efisiensi Material Sel Surya.....	21
Tabel 2.7. Kelebihan dan Kekurangan Material Sel Surya	21
Tabel 2.8 <i>Energy Loss</i>	25
Tabel 2.9 Penyesuaian Tarif Listrik Bangunan 2009-2022	29
Tabel 3.1 Tabel Tahapan Penelitian.....	36
Tabel 4.1 Nilai Standar IKE Bangunan Hotel.....	40
Tabel 4.2 Biaya Listrik Berdasarkan IKE Kamar Akmani Hotel Jakarta	41
Tabel 4.3 Tabel Persentase Konsumsi Energi Hotel S.....	41
Tabel 4.4 Sudut Kemiringan PV yang Menerima Radiasi Rata-rata Paling Tinggi/ Bulan	42
Tabel 4.5 Hasil Simulasi <i>slope</i> PV.....	44
Tabel 4.6 Pengukuran Radiasi Matahari/ jam (W/ m^2)	44
Tabel 4.7 Tabel Analisis Radiasi Bulanan Masing-masing Sisi Tower	47
Tabel 4.8 Perbandingan Lama Penyinaran Setiap Sisi Bangunan	52
Tabel 4.9 Parameter Produk Panel Surya Monocrystalline.....	54
Tabel 4.10 Data Mekanikal Panel Surya Monocrystalline.....	54
Tabel 4.11 Parameter Produk Panel Surya CIGS	60
Tabel 4.12 Data Mekanikal Panel Surya CIGS.....	60
Tabel 4.13 Parameter Produk <i>Amorphous Transparent Silicon</i>	65
Tabel 4.14 Data Mekanikal <i>Transparent Amorphous Silicon</i>	66
Tabel 4. 15 Tabel Biaya Investasi Awal PV	69
Tabel 4.16 Tabel Spesifikasi GRC.....	70
Tabel 4.17 Spesifikasi <i>Clear Tempered Glass</i>	71
Tabel 4.18 Tabel Biaya Pemasangan PV pada Atap dengan Material Monokristalin	72
Tabel 4.19 Tabel Biaya Pemasangan PV pada Sisi Utara dengan Material <i>Transparent Amorphous Silicon</i>	73

Tabel 4.20 Tabel Biaya Pemasangan PV pada Sisi Utara dengan Material <i>Transparent Amorphous Silicon</i>	74
Tabel 4.21 Biaya Pemasangan PV pada Sisi Barat dengan <i>Transparent Amorphous Thin Film</i>	75
Tabel 4.22 Biaya Pemasangan PV pada Sisi Timur dengan <i>Transparent Amorphous Thin Film</i>	76
Tabel 4.23 Biaya Pemasangan PV pada Sisi Barat dengan CIGS	77
Tabel 4.24 Biaya Pemasangan PV pada Sisi Timur dengan CIGS	78
Tabel 4.25 Tahun BEP Setiap Sisi Sesuai Jenis PV	79
Tabel 4.27 Persentase Tipe PV Menunjang Konsumsi Energi Kamar	79
Tabel 4.28 Persentase PV Menunjang Konsumsi Energi Kamar pada Tahun ke-25	80
Tabel 4.29 Urutan Tipe dan Letak PV Berdasarkan <i>Output</i> Terbesar	80



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Denah Lantai Dasar Hotel Akmani Jakarta	91
Lampiran 2: Denah Lantai 1 Hotel Akmani Jakarta	91
Lampiran 3: Denah Lantai Mezanin Hotel Akmani Jakarta	91
Lampiran 4: Denah Lantai Podium Hotel Akmani Jakarta	92
Lampiran 5: Denah Lantai Tipikal Hotel Akmani Jakarta	93
Lampiran 6: Tampak Utara Hotel Akmani Jakarta	93
Lampiran 7: Tampak Barat Hotel Akmani Jakarta	94
Lampiran 8: Potongan Memanjang Akmani Hotel Jakarta	94
Lampiran 9: Definisi Grasshopper	95
Lampiran 10: Import Data Iklim EPW	95
Lampiran 11: Jangka Waktu Simulasi	96
Lampiran 12: Jalur Matahari	96
Lampiran 13: Data Langit (Matrix Langit)	96
Lampiran 14: Windrose	97
Lampiran 15: Radiation Rose (Radiasi Lingkungan)	97
Lampiran 16: Data Geometri Bangunan dan PV (Brep)	98
Lampiran 17: Analisis Radiasi dan Hasil Radiasi	98
Lampiran 18: Parameter Orientasi	99
Lampiran 19: Geometri Bangunan Sekitar Hotel Akmani Jakarta	99
Lampiran 20: Definisi untuk Sunpath Grasshopper	99
Lampiran 21: Fasilitas di Hotel Akmani Jakarta	100

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring berkembangnya zaman, kebutuhan energi semakin besar sedangkan persediaan energi yang ada terus menipis. Sumber energi konvensional yang saat ini paling banyak digunakan adalah sumber energi yang tidak dapat diperbaharui, seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam (Adzikri et al., 2017). Emisi yang dihasilkan oleh sektor energi menjadi salah satu sumber utama penyebab pemanasan global (*global warming*), khususnya sejak revolusi industri dimulai.

Sumber energi yang sedang dikembangkan menjadi alternatif yang ramah lingkungan dan terbarukan adalah panel surya. Sistem panel surya adalah sistem yang mengonversi sinar matahari menjadi energi listrik. Panel surya menjadi alternatif sumber energi yang mudah didapatkan, khususnya di Indonesia yang merupakan negara tropis. Secara astronomi Indonesia terletak di koordinat 95° hingga 141° bujur Timur dan 6° lintang Utara hingga 11° lintang Selatan, sehingga dapat terpapar sinar matahari sepanjang tahun.

Kelebihan panel surya antara lain adalah menjamin sumber energi cadangan pada bangunan terus tersedia tanpa bergantung pada Perusahaan Listrik Negara (PLN). Panel surya dapat membantu mengurangi jejak karbon bangunan, dan menjadi alat konversi energi yang efektif digunakan hingga puluhan tahun. Terdapat banyak alternatif sumber energi yang ramah lingkungan, tetapi panel surya menjadi salah satu yang tidak menimbulkan bising, sehingga instalasinya dapat diletakkan di area mana pun yang efektif untuk mendapatkan sinar matahari menerus. Biaya yang dikeluarkan untuk instalasi panel surya tergolong ekonomis dan mudah, sehingga ia menjadi alternatif yang dapat digunakan khalayak umum. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memiliki komponen utama yang tidak bergerak, sehingga ia memudahkan dan juga mengurangi biaya perawatan dan operasional selama masa hidup panel.

Panel surya dapat digunakan sebagai sumber energi untuk berbagai jenis bangunan dari skala kecil hingga skala besar. Pada bangunan bertingkat rendah peletakan panel surya dapat diletakkan di atap, tetapi lain halnya untuk bangunan bertingkat tinggi. Dengan luas bidang bangunan yang paling besar terdapat pada fasad, area inilah yang dapat digunakan untuk instalasi panel surya. Penggunaan panel surya yang efektif pada fasad setiap

bangunan dapat bervariasi dan tidak dapat dipasang dengan sembarang. Mengetahui peletakan panel yang efektif dan efisien dalam menghasilkan energi dapat menciptakan bangunan hemat energi. Bangunan hemat energi termasuk dalam arsitektur berkelanjutan, yang pada dasarnya adalah rancangan yang dapat menjawab permasalahan iklim, dengan biaya masuk akal, dan konsumsi energi yang minimal. Di Indonesia sendiri, sudah terdapat standar bangunan yang dianggap efisien dalam penggunaan energi. Standar ini dirangkum dan tertera di peraturan SNI (Laksmiyanti, 2016).

Semakin maraknya pembangunan gedung-gedung bertingkat tinggi di perkotaan, dibutuhkan solusi agar bangunan mengurangi konsumsi energinya sehingga rancangan tidak hanya 'mengambil' dari alam, tetapi balik mengembalikan sesuatu ke alam, agar mengurangi dampak negatif yang terjadi akibat pembangunan yang berlebih. Bangunan di masa depan akan semakin dituntut untuk dapat memangkas emisi CO₂ sebanyak mungkin. Aplikasi dan pengembangan panel surya pada bangunan sangat dibutuhkan sebagai bentuk konservasi energi.

Metode yang akan digunakan dalam menganalisis instalasi dan integrasi solar panel pada fasad bangunan bertingkat tinggi dimulai dari modeling 3d dan melakukan percobaan berulang dari sinar matahari terhadap sisi-sisi bangunan. Saat ini masih minim penelitian yang mengkaji efektivitas dari peletakan solar panel pada fasad bangunan bertingkat tinggi, penelitian ini dapat mengembangkan penggunaan panel surya sebagai sumber energi utama bangunan di masa depan.

Dalam penelitian ini, akan dianalisis bangunan Hotel Akmani Jakarta, yaitu bangunan dengan fungsi utama penginapan pada salah satu jalan utama di Jakarta Pusat. Bangunan hotel pada umumnya menggunakan sangat banyak energi, karena bangunan beroperasi selama 24 jam. Konsumsi energi terbanyak pada penginapan adalah di penggunaan pendingin ruangan dan *water heater*. Salah satu upaya dalam menekan konsumsi energi pada bangunan ini dapat dilakukan dengan pemasangan panel fotovoltaik pada fasad maupun atap bangunan, juga menerapkan teknologi *smart building* untuk bangunan gedung dengan fungsi komersial.

Pertimbangan pemilihan bangunan hotel bintang 4 karena ia merupakan bangunan dengan fungsi komersial yang lebih mudah untuk memberikan modal lebih dalam pengembangan dan perancangan. Mengurangi konsumsi energi bangunan akan mempercepat modal pembangunan untuk kembali dan keuntungan untuk mulai masuk. Hotel Akmani Jakarta sendiri terpilih sebagai hotel bertingkat tinggi di Jakarta yang mendapatkan penghargaan properti FIABCI Indonesia-BNI Prix d'Excellence Award 2012

dalam kategori hotel. Penghargaan ini menjadi bentuk apresiasi dan pengakuan proyek tersebut unggul dan inovatif dalam beberapa aspek utama.

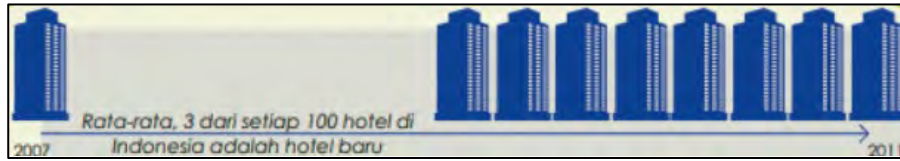


Gambar 1.1 Eksterior Hotel Akmani Jakarta
(Sumber: Archdaily, 2009)

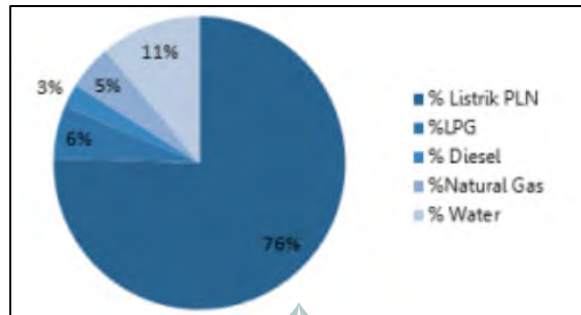
1.2. Perumusan Masalah

Jakarta merupakan kota yang dipenuhi dengan banyak gedung bertingkat tinggi, dari pusat perkantoran, apartemen, dan hotel. Bangunan-bangunan bertingkat tinggi yang berfungsi setiap hari secara menerus memakan energi yang sangat besar, dengan dampak yang tidak ramah lingkungan dan berkontribusi dalam konsumsi bahan bakar tak terbaharui. Saat ini mulai ditekankan penggunaan panel surya sebagai alternatif sumber energi yang lebih ramah lingkungan untuk mengurangi emisi CO₂ bangunan. Pada umumnya panel surya digunakan pada atap-atap bangunan, tetapi dalam kasus bangunan bertingkat tinggi luas area bangunan yang terekspos lebih luas terhadap sinar matahari adalah selubung bangunan. Maka dari itu, bangunan bertingkat tinggi dapat lebih efektif apabila mengintegrasikan panel surya pada fasadnya.

Perhotelan sendiri masuk dalam sektor komersial yang berkontribusi terhadap penggunaan energi nasional sebesar 3% dengan laju pertumbuhan 8.6% per tahun (Kencana et al., 2015). Hotel merupakan bangunan dengan kegiatan operasional 24 jam, 7 hari seminggu dan kebutuhan fasilitas lengkap yang harus selalu tersedia. Bangunan hotel di wilayah Jakarta sendiri memiliki pola penggunaan energi paling besar dengan menggunakan listrik PLN, sehingga terdapat urgensi besar untuk mengurangi emisi karbon dan menggunakan energi terbarukan pada bangunan dengan fungsi ini.

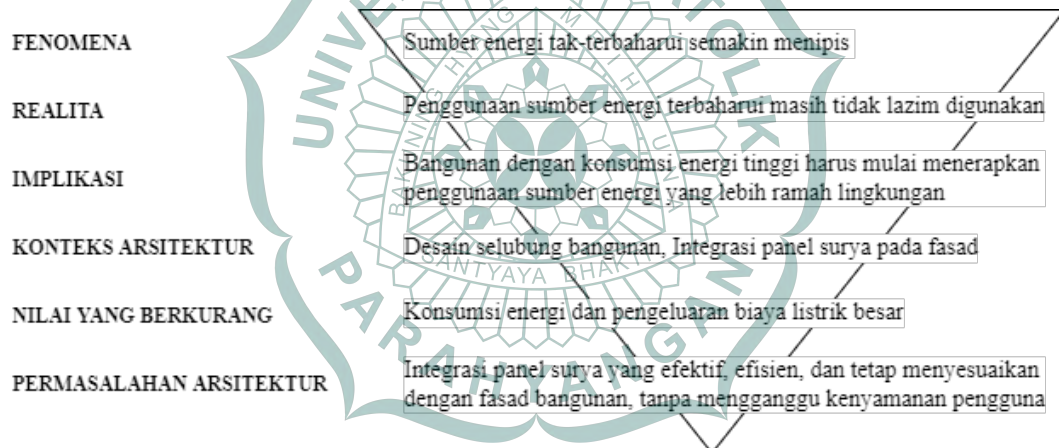


Gambar 1.2 Perkembangan Perhotelan di Indonesia
(Sumber: BPS, 2012)



Gambar 1.3 Diagram Pola Penggunaan Energi Hotel di Jakarta
(Sumber: Kencana et al., 2015)

Perumusan masalah diangkat dari fenomena berikut:



Gambar 1.4 Perumusan Masalah dari Fenomena

1.3. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah dikemukakan sebelumnya, muncul beberapa pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Berapa besar pemanfaatan area yang dapat digunakan untuk integrasi panel surya yang menyesuaikan dengan citra fasad hotel Akmani Jakarta?
2. Berapa total energi yang dapat dihasilkan oleh seluruh PV apabila diaplikasikan pada atap dan fasad Hotel Akmani Jakarta?
3. Berapa efisiensi setiap tipe panel surya berdasarkan spesifikasi dan letak pada sisi bangunan?

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji faktor apa saja yang dapat mempengaruhi optimalisasi efektivitas dan efisiensi pemasangan solar panel pada bangunan bertingkat tinggi (menghitung luas bidang fasad, *sunpath*, arah hadap paling baik untuk solar panel, instalasi solar panel, dan potensi penghasilan energi pada bangunan). Dengan mengetahui apa saja yang dapat dikaji sebelum melakukan instalasi solar panel pada bangunan bertingkat tinggi maka penelitian ini dapat membantu pada proses pembangunan dan desain solar panel pada bangunan bertingkat tinggi di masa depan. Hal ini dapat dilaksanakan dengan analisis dari 3d model bangunan, dan eksperimen dari setiap arah matahari terhadap peletakan solar panel. Diharapkan dari penelitian ini akan diperoleh suatu cara yang efektif untuk pemasangan solar panel pada bangunan bertingkat tinggi yang menerapkan arsitektur berkelanjutan.

1.5. Manfaat Penelitian

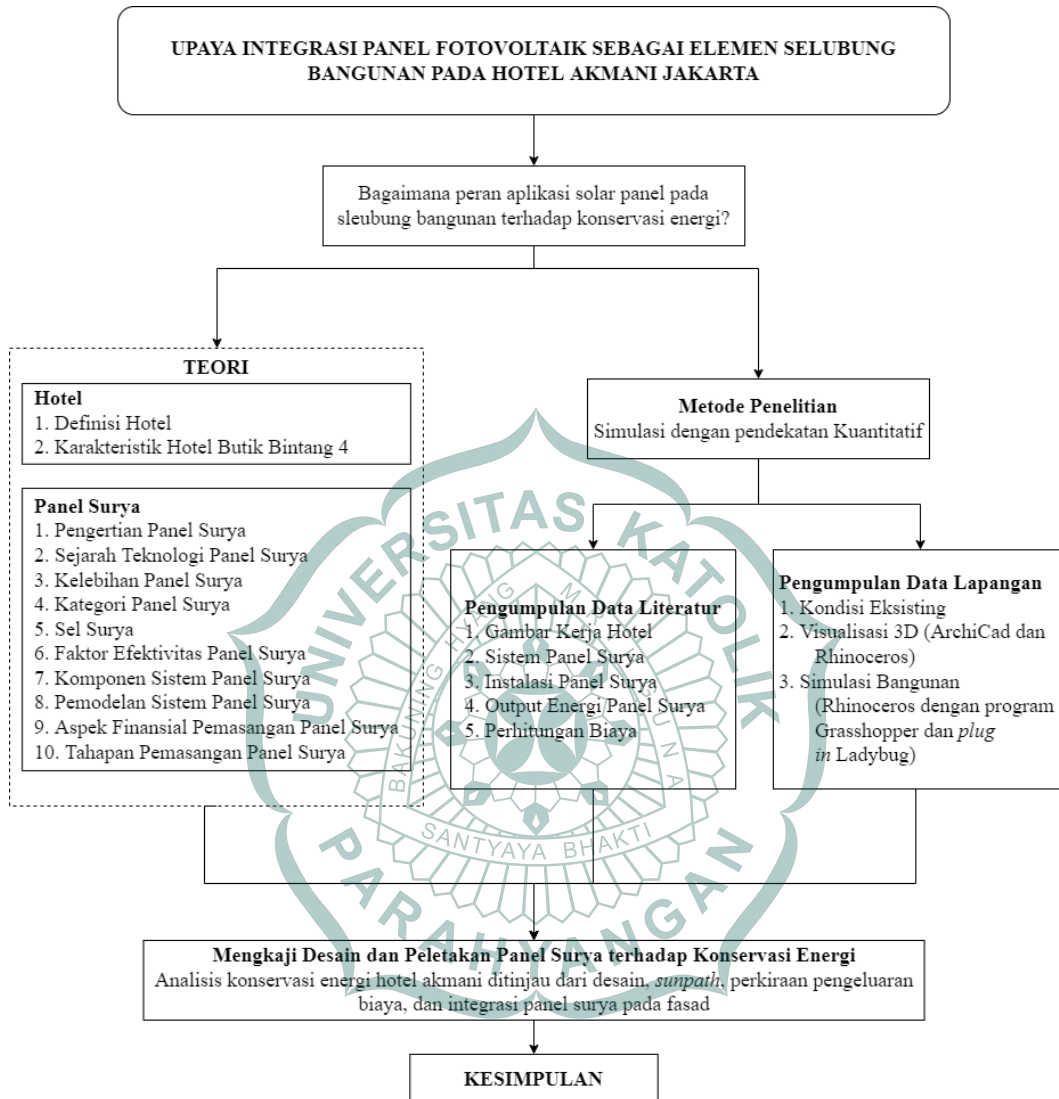
Penelitian ini bermanfaat untuk menambah ilmu dalam melakukan integrasi desain solar panel pada fasad bangunan bertingkat tinggi, dengan objek studi fungsi hotel. Penerapan penggunaan solar panel dikembangkan ke bagian bangunan yang lebih luas, dari umumnya hanya digunakan di atap, ke bagian sisi bangunan yang lain.

1.6. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian dibatasi pada pembahasan sebagai berikut:

1. Lingkup pembahasan penelitian adalah integrasi desain solar panel pada selubung bangunan, paparan sinar matahari terhadap bangunan, dan konservasi energi bangunan.
2. Lingkup objek studi penelitian ini adalah The Akmani Hotel, yang terletak di Kota Jakarta Pusat. Bangunan ini adalah hotel bintang 4, dengan ketinggian 9 lantai (48 m).

1.7. Kerangka Penelitian



Gambar 1.5 Kerangka Penelitian

1.8. Sistematika Penelitian

BAB I - PENDAHULUAN

Penjelasan mengenai latar belakang pemilihan topik, metode, tujuan, manfaat, ruang lingkup dan sistematika penelitian.

BAB II - TINJAUAN PUSTAKA

Menjabarkan sumber-sumber pustaka, metode yang dipilih, preseden, dan penelitian yang pernah dilakukan, data yang ada, peraturan, isu terkait topik penelitian, dan analisis potensi dari solar panel..

BAB III - METODE PENELITIAN

Menjelaskan prosedur, sumber data, teknik pengumpulan data, teknik pengolahan data, dan pelaksanaan penelitian.

BAB IV - HASIL PENELITIAN

Melampirkan penjelasan dari pengolahan data, metode, dan hasil penelitian dan data yang didapat dalam eksperimen yang telah dilakukan.

BAB V – KESIMPULAN

Memaparkan kesimpulan yang didapatkan dari penelitian dan analisis yang telah dilakukan beserta saran untuk penelitian lebih lanjut.