

**SKRIPSI 52**

**UPAYA INTEGRASI PANEL FOTOVOLTAIK  
PADA FASAD GEDUNG PPAG 2 UNPAR BANDUNG  
SEBAGAI IMPLEMENTASI PRINSIP HEMAT ENERGI**



**NAMA: ADAM JUAN KEVIN RINALDY  
NPM 611180126**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI 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  
2021**

**SKRIPSI 52**

**THE EFFORTS TO INTEGRATE PHOTOVOLTAIC  
PANELS ON FACADE OF PPAG 2 UNPAR  
BUILDING BANDUNG AS THE IMPLEMENTATION OF  
ENERGYSAVING PRINCIPLES**



**NAMA: ADAM JUAN KEVIN RINALDY  
NPM 611180126**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN FAKULTAS  
TEKNIK PROGRAM STUDI 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  
2021**

**SKRIPSI 52**

**UPAYA INTEGRASI PANEL FOTOVOLTAIK  
PADA FASAD GEDUNG PPAG 2 UNPAR BANDUNG  
SEBAGAI IMPLEMENTASI PRINSIP HEMAT ENERGI**



**NAMA: ADAM JUAN KEVIN RINALDY  
NPM 611180126**

**PEMBIMBING:**



**IR. AMIRANI RITVA SANTOSO, M.T.**

**PENGUJI:**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI 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  
2021**

**PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN SKRIPSI**  
*(Declaration of Authorship)*

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Adam Juan Kevin Rinaldy  
NPM : 6111801126  
Alamat : Jl. Dahlia Blok A no 80. Komplek Bukit Bunga Kopo Bdg.  
Judul Skripsi : Upaya Integrasi Panel Fotovoltaik Pada Fasad Gedung Ppag 2 Unpar Bandung Sebagai Implementasi Prinsip Hemat Energi

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

Bandung, 8 Maret 2022

  
Adam Juan Kevin Rinald

## Abstrak

# UPAYA INTEGRASI PANEL FOTOVOLTAIK PADA FASAD GEDUNG PPAG 2 UNPAR BANDUNG SEBAGAI IMPLEMENTASI PRINSIP HEMAT ENERGI

Oleh

Adam Juan Kevin Rinaldy

NPM: 6111801126

Seiring berkembangnya zaman, kebutuhan energi semakin besar sedangkan persediaan energi yang ada terus menipis. Sistem solar panel adalah sistem yang mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik. 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 berpotensi untuk dapat digunakan sebagai instalasi panel surya. baru-baru ini, aplikasi dari fotovoltaik telah muncul dengan teknologi yang terintegrasi pada gedung atau bangunan. Dinamakan teknologi BIPV (*Building Integrated Photovoltaic*). Pemasangannya terintegrasi dengan dinding luar bangunan, seperti fasad dan atap (selubung bangunan).

Objek kajian yang dipilih adalah Gedung PPAG 2 Unpar, dipilih karena memiliki 2 Massa Menara, karakteristik fasad ini banyaknya bidang massif dan bidang core memiliki potensi fasad yang bisa difungsikan sebagai BIPV. Aspek kuantitas dan kualitas radiasi matahari menjadi penting dalam kinerja panel fotovoltaik. Indonesia sendiri berada pada garis khatulistiwa, yang berarti intensitas radiasinya lebih tinggi dibanding negara lain sebesar yaitu 4,66-5,54 kWh/m<sup>2</sup> per hari. Gerak semu matahari menjadi faktor penentu besarnya radiasi yang diterima ke bumi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh konfigurasi massa dan orientasi bangunan PPAG 2 terhadap efektivitas penggunaan panel surya pada fasad bangunan. Menemukan jenis panel, kemiringan panel. Mengetahui efektivitas hasil energi dari integrasi panel fotovoltaik pada fasad bangunan PPAG 2 Unpar dalam penghematan energi. Penelitian menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan kuantitatif. Melalui simulasi yang dibantu software *Rhinoceros* dengan *plugin Grasshopper dan Ladybug*. Data yang diambil disajikan melalui *chart* warna dan tampil dalam indikator kWh/m<sup>2</sup>, serta disusun dengan tabel numerik dalam *software excell*.

Lewat penelitian ini, diperoleh beberapa kesimpulan. Pertama sisi selatan dinilai kurang efektif untuk diaplikasikan panel surya. Pada sisi selatan hanya mendapatkan insolasi matahari terendah, yaitu sekitar 557 kWh/m<sup>2</sup>, sisi barat mendapatkan insolasi tertinggi rentang insolasi matahari tahunan sebesar rentang 1115.29 kWh/m<sup>2</sup>. Kedua didapatkan kemiringan 70° merupakan kemiringan paling efektif yang dapat menghasilkan energi tahunan terbesar pada sisi barat, tetapi efektivitas ruang masih belum optimal karena adanya ruang yang tersisa diantara modul panel. Instalasi dengan sudut 90° derajat mampu memproduksi listrik dengan jumlah total paling besar dalam 1 tahunnya karena pemanfaatan ruang yang lebih efektif. Dari segi desain, posisi instalasi tersebut juga berpotensi terintegrasi dengan bangunan eksisting. Ketiga, total insulasi dan luas bidang yang dirancang berpengaruh terhadap besaran daya listrik yang dihasilkan, sehingga potensi dari laju *break even point* (BEP) cenderung lebih cepat disebabkan oleh banyaknya bidang yang dipasangkan panel PV, berpengaruh terhadap pendapatan listrik tahunan, besarnya modal awal juga berpengaruh terhadap BEP.

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah untuk mempertimbangkan variabel kemiringan sebagai parameter kualitas penghasil energi tahunan, Kedua, mengikuti perkembangan teknologi terbaru dalam pengujian untuk tipe panel fotovoltaik yang digunakan, saat ini teknologi BIPV belum merata mengakibatkan modal yang dikeluarkan cukup besar. Maka dari itu harus dipertimbangkan dari 2 sisi baik keunggulan terhadap bangunan dan lingkungan serta cukup mumpuni dalam investasi.

**Kata-kata kunci:** Solar panel, fasad, bangunan bertingkat tinggi, radiasi, kemiringan, bangunan kampus.

## Abstract

# **THE EFFORTS TO INTEGRATE PHOTOVOLTAIC PANELS ON FACADE OF PPAG 2 UNPAR BUILDING, BANDUNG AS THE IMPLEMENTATION OF ENERGY SAVING PRINCIPLES**

by

**Adam Juan Kevin Rinaldy**  
**NPM: 6111801126**

*Along with the development of the times, the need for energy is getting bigger while the existing energy supply continues to run out. Solar panel system is a system that converts sunlight into electrical energy. In low-rise buildings, solar panels can be placed on the roof, but it is different for high-rise buildings. With the largest building area on the facade, this area has the potential to be used as a solar panel installation. Recently, the application of photovoltaic has emerged with integrated technology in buildings or buildings. This technology is called BIPV (Building Integrated Photovoltaic). The installation is integrated with the outer walls of the building, such as the facade and roof (building envelope).*

*The object of study chosen is PPAG 2 Unpar Building, chosen because it has 2 Tower Masses, the orientation is facing north-south and the shortest side facing west-east, with this orientation, it has the potential of a facade that can function as a BIPV with a large enough facade area. The characteristic of this building's facade is a tall building with many massive and core areas. Aspects of the quantity and quality of solar radiation are important in the performance of photovoltaic panels. Indonesia itself is located at the equator, which means the radiation intensity is higher than other countries at 4.66-5.54 kWh/m<sup>2</sup> per day. The apparent motion of the sun is a determining factor in the amount of radiation received to the earth.*

*The purpose of this study was to examine the effect of mass configuration and orientation of the PPAG 2 building on the effectiveness of the use of solar panels on the building facade. Find the panel type, panel slope. Knowing the effectiveness of energy results from the integration of photovoltaic panels on the facade of the PPAG 2 Unpar building in energy savings. The study used experimental methods with a quantitative approach. Through simulation assisted by Rhinoceros software with Grasshopper and Ladybug plugins. The data taken is presented through a color chart and appears in the kWh/m<sup>2</sup> indicator, and is compiled with a numerical table in excel software.*

*Through this research, several conclusions were obtained. First, the south side is considered less effective for applying solar panels. On the south side only gets the lowest solar insolation, which is around 557 kWh/m<sup>2</sup>, the west side gets the highest insolation in the annual solar insolation range of 1115.29 kWh/m<sup>2</sup>. Second, the slope of 70° is the most effective slope that can produce the largest annual energy on the west side, but the space effectiveness is still not optimal due to the remaining space between the panel modules. Installations with an angle of 90° degrees are able to produce the largest total amount of electricity in 1 year due to more effective use of space. In terms of design, the position of the installation also has the potential to be integrated with the existing building. Third, the total insolation and the designed area affect the amount of electrical power generated, in PPAG 2 there are many massive fields and few openings on the facade that are applied by BIPV, so the potential for the break even point (BEP) rate tends to be faster due to the large number of fields involved. installed PV panels, affects the annual electricity income, the amount of capital also affects the BEP.*

*Suggestions that can be given from this study are to consider the slope variable as an annual energy-producing quality parameter, Second, following the latest technological developments in testing for the type of photovoltaic panel used, currently BIPV technology is not evenly distributed resulting in a large amount of capital spent. Therefore, it must be considered from two sides, both advantages to the building and the environment as well as being quite qualified in investment.*

**Keywords:** Solar panels, building envelopes, high-rise buildings, radiation, angle, Campus Building.

## **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 ke pustakaan 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

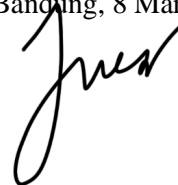
Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Penelitian ini dibuat untuk memenuhi tugas akhir Program Studi Sarjana Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan. Selama proses penelitian berlangsung, penulis mendapatkan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

- Dosen pembimbing Ir. Amirani Ritva Santoso, M.T. atas bimbingan dan arahan yang telah diberikan selama ini.

- Dosen penguji, Dr. Nancy Yusnita Nugroho, S.T., M.T. dan Ir. Mira Dewi Pangestu, M.T. atas masukan dan bimbingan yang diberikan.

Dan seterusnya.

Bandung, 8 Maret 2022



Adam Juan Kevin Rina





## DAFTAR ISI

Abstrak.....	i
Abstract.....	ii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan masalah	3
1.3. Pertanyaan Penelitian	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Ruang Lingkup Penelitian	4
1.7. Sistematika Penulisan	5
1.8. Kerangka Penelitian	6
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>7</b>
2.1. Bangunan Pendidikan – Unpar	7
2.1.2. Tipologi Bangunan PPAG 2 Unpar	10
2.1.3. Geometri Bangunan PPAG 2 Unpar	11
2.1.4. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Kampus	14
2.2. Radiasi	15
2.2.1. Faktor Besarnya Radiasi terhadap Bumi	15
2.2.1. Potensi Energi Surya di Indonesia	17
2.3. Photovoltaics	19
2.2.1. Karakteristik Photovoltaic	19
2.2.2. Keunggulan Panel surya	20
2.2.3. Jenis-jenis Panel Surya	20
2.5. Permodelan sistem Fotovoltaik (pv)	24
2.5.1. <i>On Grid system</i>	24

2.5.2. Orientasi-kemiringan Panel Fotovoltaik-Array ( <i>pv</i> )	26
2.7. Sudut Pemasangan	27
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>29</b>
3.1. Jenis Penelitian	29
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.3. Koordinat dan stasiun <i>weather file</i> Bandung	29
3.4. Pengumpulan Data	30
3.4.1. Data Primer-Observasi	30
3.4.2. Dokumentasi	30
3.4.3. Data Sekunder	31
3.4.4. <i>Rhinoceros-Ladybug</i>	31
3.4.5. Cara Penggunaan Aplikasi <i>Rhino Grasshopper</i>	31
3.4.6. Gambar Kerja	41
3.5. Studi Pustaka	44
3.6. Variabel Penelitian	45
3.6.1. Variabel Tetap	45
3.6.2. Variabel Independen	45
3.7. Tahap analisis penelitian	46
3.7.1. Analisis Eksisting	47
3.7.2. Eksperimen <i>Software</i>	47
3.8. Tahap Penarikan Kesimpulan	47
<b>BAB 4 Pembahasan</b>	<b>48</b>
4.1. Karakteristik Bangunan PPAG 2	48
4.1.1. Kondisi Tapak Sekitar Massa Bangunan	48
4.1.2. Obstruksi Oleh Massa Bangunan	49
4.1.3. Obstruksi Oleh Vegetasi	50
4.1.4. Insolasi Tahunan Matahari Pada Permukaan Bangunan	50
4.2. Hasil Analisis Simulasi Konfigurasi Massa dan Orientasi PPAG 2	53
4.2.1. Rekap Hasil Simulasi konfigurasi massa dan orientasi bangunan PPAG 2	53
4.2.2. Orientasi Utara	56
4.2.3. Orientasi Timur	58
4.2.4. Orientasi Selatan	59
4.2.5. Orientasi Barat	59
4.2.6. Sisi atas	60

4.3.	Hasil Analisis Cara Mengintegrasikan Panel Fotovoltaik pada fasad bangunan PPAG 2	62
4.3.1.	Hasil Analisis Integrasi Panel berdasarkan Jam Penyinaran	62
4.3.2.	Jenis material panel Fotovoltaik pada Fasad Material ACP	65
4.3.3.	Hasil Analisis integrasi variasi kemiringan Panel	67
4.3.4.	Hasil Analisis Simulasi Sudut Kemiringan Panel - Barat	68
4.4.	Hasil Analisis Keluaran Hasil Intensitas Daya, Desain dan Efektivitas Integrasi Panel Fotovoltaik pada Fasad Bangunan PPAG 2 Unpar	74
4.4.1.	Sisi Core Lift Barat, Utara, Timur	74
4.4.2.	Jenis Panel Fotovoltaik yang Akan Terpasang	74
4.4.3.	Estimasi Harga Panel Monocrystalline per satuan Panel	78
4.4.4.	Estimasi Harga Panel CdTe per satuan Panel	82
4.4.5.	Kalkulasi Output Intensitas Daya Monocrystalline	83
4.4.6.	Kalkulasi Output Intensitas Daya Amorphous Thinfilm CDTe	85
4.4.7.	Estimasi Biaya Investasi Pemasangan Panel Fotovoltaik	86
4.4.8.	Estimasi Biaya Penghasilan Listrik 1 Tahun Pertama	88
4.4.9.	Perhitungan melalui kalkulasi (BEP) Per Orientasi	89
4.4.10.	Perhitungan melalui kalkulasi (BEP) Kumulatif Menara	93
4.4.11.	Estimasi Skema Payback Period	94
4.4.12.	Efektivitas Penerapan Panel Surya Pada Fasad PPAG 2 Unpar	97
4.4.13.	Intensitas Konsumsi Energi	99
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN</b>	<b>101</b>
5.1.	Kesimpulan	101
5.2.	Saran	102
DAFTAR PUSTAKA.....		103
LAMPIRAN.....		104

## DAFTAR GAMBAR

No	Legenda	Halaman
1	Gambar 1.1 Lokasi Kampus PPAG 2 Unpar	2
2	Gambar 1.2 Kampus PPAG 2 Unpar	3
3	Gambar 1.3 Kerangka Penelitian	6
4	Gambar 2.1 Kerangka Teori	8
5	Gambar 2.2 Tampak Atas Kawasan Kampus Unpar Ciumbuleuit	9
6	Gambar 2.4 Tipologi Bangunan PPAG 2 Unpar	12
7	Gambar 2.5 Visualisasi Karakter Bukaannya-PPAG 2 Unpar	13
8	Gambar 2.6 Visualisasi Karakter Ornamen-PPAG 2 Unpar	13
9	Gambar 2.7 Visualisasi Karakter PPAG 2 Unpar	14
10	Gambar 2.7 Visualisasi Karakter Atap-PPAG 2 Unpar	14
11	Gambar 2.8 Monocrystalline Silicon	17
12	Gambar 2.9 Polycrystalline Silicon	18
13	Gambar 2.10 Perbedaan tipe Solar PV	18
14	Gambar 2.11. Intensitas Radiasi Matahari Indonesia (esdm.go.id)	22
15	Gambar 2.12 Diagram sistem PLTS grid-connected (Gatot. 2012).	23
16	Gambar 2.13. Sudut Panel Fotovoltaik dalam posisi datar. (Sunaryo, 2014)	24
17	Gambar 2.14 Karakteristik PV IV pada berbagai suhu	24
18	Gambar 2.15 (a) Sudut zenith, kemiringan,	25
19	Gambar 3.1 Gedung Perkuliahan Arntz-Geise 2	26
20	Gambar 3.2 Peredaran Matahari Semu Tahunan	27
21	Gambar 3.3 Diagram Mata Angin	27
22	Gambar 3.4 Energyplus Weather File Bandung	28
23	Gambar 3.5 Kondisi tampak luar bangunan Gedung PPAG 2 Unpar	29
24	Gambar 3.6 Visualisasi Variabel Tetap pada Penelitian	30
25	Gambar 3.7 Visualisasi Variabel Independen pada Penelitian	30
26	Gambar 3.8 Rencana Tapak Keseluruhan Area Kampus	31
27	Gambar 3.9 Detail Fasad Gedung PPAG 2 Unpar	31
28	Gambar 3.10 Detail Fasad Gedung PPAG 2 Unpar	32
29	Gambar 3.11 Tampak Samping A Gedung PPAG 2 Unpar	33
30	Gambar 3.12 Tampak Belakang Gedung PPAG 2 Unpar	33

31	Gambar 3.13 Tampak Samping B Gedung PPAG 2 Unpar	33
32	Gambar 4.1 Peta Lokasi Kampus Unpar – PPAG 2	37
33	Gambar 4.2 Peta Lokasi Radius Bangunan Tinggi	37
34	Gambar 4.3 Bangunan Tinggi dalam radius 200-600m	38
35	Gambar 4.4 Vegetasi Pada Tapak	39
36	Gambar 4.5 Vegetasi Pada Tapak	39
37	Gambar 4.7 Hasil Analisis Insolasi Tahunan Matahari	40
38	Gambar 4. 8 Hasil simulasi insolasi matahari pada sisi Utara	41
39	Gambar 4.10 Profil Panel ACP pada sisi utara	41
40	Gambar 4.9 Hasil simulasi insolasi matahari pada sisi Timur	42
41	Gambar 4.10 Hasil simulasi bagian fasad Timur yang berpotensi	42
42	Gambar 4.11 Hasil simulasi insolasi matahari pada sisi Selatan	43
43	Gambar 4.12 Hasil simulasi insolasi matahari pada sisi Barat	43
44	Gambar 4.13 Hasil simulasi insolasi matahari pada sisi Barat	43
45	Gambar 4.14 Hasil analisis direct sunhours panel ACP berdasarkan Jam Perhari - Annual	44
46	Gambar 4.16 Hasil analisis direct sunhours panel ACP tanggal 21Maret-23 September	45
47	Gambar 4.17 Hasil analisis direct sunhours panel ACP tanggal 23 Desember	45
48	Gambar 4.18 Hasil analisis direct sunhours panel ACP Menara Utara orientasi utara	46
49	Gambar 4.19 Hasil analisis direct sunhours panel ACP Menara Selatan orientasi utara	47
50	Gambar 4.20 Hasil simulasi insolasi matahari pada sisi Atas	47
51	Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Radiasi setiap sisi dan orientasi selama 1 tahun	48
52	Gambar 4.23 Penarikan sudut kemiringan pada fasad	52
53	Gambar 4.15 Hasil analisis direct sunhours panel ACP tanggal 23 Juni	53
54	Gambar 4.16 Hasil analisis direct sunhours panel ACP tanggal 21Maret-23 September	56
55	Gambar 4.17 Hasil analisis direct sunhours panel ACP tanggal 23 Desember	56
56	Gambar 4.24 Penarikan sudut kemiringan 90° pada fasad	56
57	Tabel 4.8.1 Tabel hasil simulasi variasi sudut kemiringan	57
58	Gambar 4.26 Grafik total Insulasi dan Persentase dalam kemiringan Panel	58
59	Gambar 4.26 Penerapan panel pada bidang Core Bangunan	59

60	Gambar 4.27 Spesifikasi Solar Panel Tipe Monocrystalline Shinyoku	60
61	Gambar 4.28 Spesifikasi Solar Panel Tipe Monocrystalline Shinyoku	63
62	Gambar 4.29 Dimensi Solar Panel Tipe Monocrystalline Shinyoku, <a href="http://www.sankeindo.id">www.sankeindo.id</a>	63
63	Gambar 4.30 Prakira Visualisasi Penerapan Pada Fasad	70



## DAFTAR TABEL

No	Legenda	Halaman
1	Tabel 2.1 Tabel Luasan Bangunan PPAG 2 Unpar	10
2	Tabel 2.1.4 Nilai IKE Standar di Bangunan / Gedung	15
3	Tabel 3.6 Tahapan Analisis Data	35
4	Tabel 4.5 Hasil konfigurasi Panel berdasarkan Direct Sunhour dalam 6-7jam Annual	44
5	Tabel 4.5 Konversi Jam Penyinaran Matahari Kumulatif	45
6	Tabel 4. 6 Tabel Hasil Perbandingan Sudut Kemiringan dan Efektivitas BIPV pada atap berdasarkan simulasi Rhino Grasshopper	47
7	Tabel 4. 7 Tabel fluktuasi insolasi matahari rata rata setiap bulannya pada setiap sisi bangunan sepanjang tahun berdasarkan simulasi Rhino Grasshopper	50
8	Tabel 4.8 Tabel fluktuasi insolasi matahari rata rata harian setiap bulannya pada setiap sisi bangunan sepanjang tahun berdasarkan simulasi Rhino Grasshopper	51
9	Tabel 4.8.1 Tabel hasil simulasi variasi sudut kemiringan	54
10	Tabel 4.9.2 Tabel Spesifikasi Panel Surya Shinyoku per tahun 2022	57
11	Tabel 4.11.1 Tabel Output Daya KWh/ Tahun <i>as designed</i>	63
12	Tabel 4.11.2 Tabel Output Daya KWh/ Tahun <i>as designed</i>	63
13	Tabel 4.11.3 Estimasi Penghasilan Selama 25 Tahun	63
14	Tabel 4.11.4 Estimasi Penghasilan Selama 1 Tahun Pertama	64
15	Tabel 4.11.4 Estimasi Penghasilan Selama 25 Tahun	65

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Energi matahari merupakan sumber energi yang terbesar dan terpenting untuk bumi. Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang terus berkembang karena meningkatnya permintaan energi dan berkurangnya konsumsi bahan bakar fosil (Ellabban, H, & F, 2014). Energi surya digunakan dengan memanfaatkan pembangkit listrik fotovoltaik. Energi yang dihasilkan oleh fotovoltaik (PV) berasal dari panel surya yang mengandung bahan yang mengubah foton menjadi listrik (M.Z, 2009).

Pemanfaatan tenaga surya pada kehidupan kita sehari-hari sebenarnya sudah dilakukan semenjak dahulu, terlebih biasanya terletak di areal PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) yang luas di lapangan terbuka. Namun baru-baru ini, aplikasi dari fotovoltaik telah muncul dengan teknologi baru yang terintegrasi ke dalam gedung atau bangunan. Dinamakan teknologi BIPV (*Building Integrated Photovoltaic*). Pemasangannya terintegrasi dengan dinding luar bangunan, seperti fasad dan atap (selubung bangunan). Dengan panel ini, gedung dapat menghemat sekitar 30% sampai dengan 40% dari total energi listrik yang dibutuhkan untuk kebutuhan listrik harian (Changhai Peng, 2011). Untuk itu studi tentang gerakan surya & radiasinya dan efeknya terhadap arsitektur & lingkungan adalah hal yang krusial bagi seseorang arsitek untuk dipelajari dalam proses desain, terutama berfokus kepada beberapa tahun kedepan Isu tentang krisis energi secara konvensional (tidak terbarukan) dan isu terhadap kelestarian lingkungan telah menjadi topik khusus yang banyak dibicarakan dan juga perkembangan dunia pada saat ini.

Panel fotovoltaik dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif untuk berbagai jenis bangunan, baik dari skala kecil maupun skala besar. Di gedung bertingkat rendah, misalnya perumahan, panel fotovoltaik biasanya diletakan di atap, berbeda dengan tipologi bangunan tinggi yang memiliki luasan bidang bangunan yang paling besar terdapat di kulit terluar bangunan (fasad), area inilah yang berpotensi untuk digunakan sebagai instalasi panel fotovoltaik.

Berdasarkan pembahasan diatas, objek kajian yang dipilih adalah Universitas Katolik Parahyangan, khususnya Gedung PPAG 2 yang baru-baru ini diresmikan oleh Presiden Indonesia Ir. H. Joko Widodo. Gedung PPAG 2 berlokasi di Jl. Ciumbuleuit No.94, Hegarmanah, Kec. Cidadap, Kota Bandung. Pada tahun 2020, Universitas Katolik



Parahyangan (Unpar) pertama kali mengikuti *Greenmetric UI*. Alhasil, Unpar menduduki peringkat ke-496 dunia. Di Indonesia sendiri, Unpar berada di peringkat ke-41. Apalagi mengingat situasi Unpar sebagai kampus urban, pemeringkatan ini merupakan hasil yang baik.



Gambar 1. 1 Kampus PPAG 2 Unpar  
Sumber : unpar.ac.id

Strategi dari teknologi BIPV ini menjadi bahan studi pada objek bangunan tinggi, pada kajian ini difokuskan kepada lingkungan kampus sebagai bahan studi sebagai usaha implementasi hemat energi, sesuai dengan konsep yayasan Unpar sendiri, pada gedung PPAG 2 terbaru ini mengusung konsep “*green smart school*” atau “*green building*” khususnya pada 10-25 tahun mendatang. Dengan konsep ini, nantinya bangunan kampus dapat menghemat penggunaan energi yang cukup besar di antaranya; penggunaan lampu ruangan, pendingin ruangan (AC), lampu, lift, penggunaan elektronik serta kebutuhan primer harian lainnya. Target lainnya yaitu diharapkan mampu mengatasi dampak dari penggunaan energi tidak terbarukan serta anggaran operasional kampus pada penggunaan energi tahunan yang juga berujung kepada kenaikan biaya SKS yang dibebankan pada tiap-tiap mahasiswa.

Penelitian ini didukung oleh peraturan Pemerintah kota Bandung yaitu Peraturan Wali Kota Bandung nomor 1023 tahun 2016 tentang bangunan gedung hijau, diantaranya pada BAB 1 Pasal 1 ayat 7 tertulis: “*Bangunan gedung hijau adalah bangunan gedung yang bertanggung jawab terhadap lingkungan dan sumber daya yang efisien dari sejak perencanaan, pelaksanaan konstruksi, pemanfaatan, pemeliharaan, sampai dekonstruksi.*” Kemudian, dengan menggunakan fungsi Kampus sebagai subjek penelitian, hal ini diharapkan mampu menjadi bahan studi untuk mengintegrasikan desain fasad menjadi

teknologi BIPV di sejumlah kota besar yang ada, baik kampus lain dengan tipologi bangunan tinggi dengan orientasi serupa, maupun bangunan tinggi dengan fungsi mendukung.

## **1.2. Perumusan Masalah**

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 terbarui. Saat ini mulai ditekankan penggunaan panel surya sebagai alternatif sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> bangunan. Pada umumnya panel surya digunakan pada atap bangunan, tetapi dalam kasus bangunan bertingkat tinggi, luas area bangunan yang terekspos lebih luas terhadap sinar matahari adalah fasad bangunan. Maka dari itu, bangunan bertingkat tinggi dapat lebih efektif apabila mengintegrasikan panel surya pada fasadnya. karena penerapan solar panel pada atap, walau paling efektif atau lebih besar irradiasinya tetapi seringkali terbatas luasannya.

Gedung PPAG 2 Unpar dipilih karena memiliki 2 Massa Menara, Orientasinya menghadap Utara-Selatan dan sisi Terpendek menghadap Barat-Timur, dengan orientasi ini, memiliki potensi Fasad yang bisa difungsikan sebagai BIPV dengan luasan fasad dan yang cukup besar, berpotensi untuk dikaji dalam penelitian ini.

## **1.3. Pertanyaan Penelitian**

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

1. Bagaimana pengaruh konfigurasi massa dan orientasi bangunan PPAG 2 terhadap efektivitas penggunaan panel surya pada fasad bangunan?
2. Bagaimana cara mengintegrasikan Panel Fotovoltaik yang efektif pada fasad bangunan PPAG 2 Unpar?
3. Sejauh mana integrasi Panel Fotovoltaik pada Fasad Bangunan PPAG 2 dapat memenuhi prinsip hemat energi?

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui pengaruh konfigurasi massa dan orientasi bangunan PPAG 2 terhadap efektivitas penggunaan panel surya pada fasad bangunan
2. Menemukan jenis panel, kemiringan panel dan mempelajari sistem kerja fotovoltaik yang terintegrasi dengan bangunan
3. Mengetahui efektivitas hasil energi dari integrasi panel fotovoltaik pada fasad bangunan PPAG 2 Unpar dalam penghematan energi

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini dapat terbagi menjadi 2 poin yaitu secara praktis dan akademis, yaitu:

1. Menambah wawasan dan kajian Arsitektur mengenai: integrasi panel fotovoltaik pada fasad bangunan bertingkat tinggi, khususnya dengan 2 massa
2. Menjadi bahan studi mengenai penerapan energi terbarukan yang terintegrasi secara jenis bangunan, fungsi bangunan dan serta penerapannya

#### **1.6 Ruang Lingkup Penelitian**

Objek studi yang diangkat adalah PPAG 2 Unpar, Bandung Selatan berdasarkan pertimbangan upaya meningkatkan eksistensi BIPV untuk bangunan Kampus.

Ruang lingkup penelitian dibatasi pada pembahasan sebagai berikut:

1. Lingkup pembahasan dibatasi pada fasad yang akan menjadi acuan integrasi BIPV (*Building Integrated Photovoltaics*)
2. Sisi fasad bangunan yang terkena pembayangan dan tidak (semua orientasi Utara, Timur, Selatan, Barat)
3. Sisi Fasad dengan material ACP (*Aluminium Composite Panel*)

## **1.7 Sistematika Penulisan**

### **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, metoda 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.

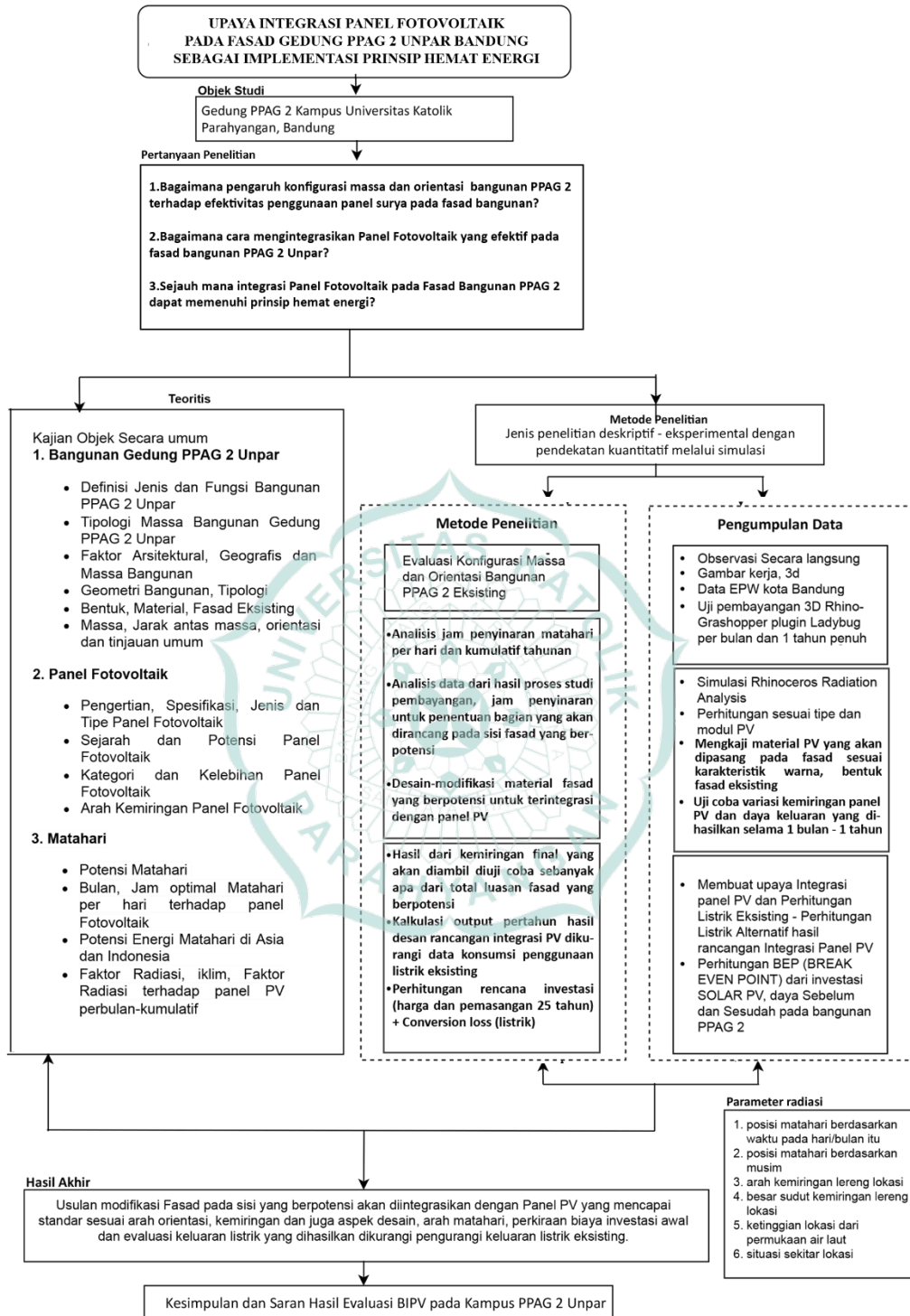
### **BAB IV - HASIL PENELITIAN**

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.

## 1.8 Kerangka Penelitian



Gambar 1. 2 Bagan Kerangka Penelitian